

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



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

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

**APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA  
MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
DEL KM 30+000 - KM 31+000 DE LA VÍA LUYA-  
OCUMAL, AMAZONAS, 2022.**

**Autor: Bach. Lenin Salazar Chávez**

**Asesores: Dr. Edwin Adolfo Diaz Ortiz**

**Ing. John Hilmer Saldaña Núñez**

**Registro: (                    )**

**CHACHAPOYAS – PERÚ**

**2024**

# AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM



## ANEXO 3-H

### AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM

#### 1. Datos de autor 1

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): SALAZAR CHÁVEZ LENIN  
DNI N°: 71909248  
Correo electrónico: leninjs@hotmail.com  
Facultad: INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL  
Escuela Profesional: INGENIERÍA CIVIL

#### Datos de autor 2

Apellidos y nombres (tener en cuenta las tildes): \_\_\_\_\_  
DNI N°: \_\_\_\_\_  
Correo electrónico: \_\_\_\_\_  
Facultad: \_\_\_\_\_  
Escuela Profesional: \_\_\_\_\_

#### 2. Título de la tesis para obtener el Título Profesional

APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL KM 26+000-KM 27+000 DE LA VÍA LUYA-OCUNAL AMAZONAS, 2022

#### 3. Datos de asesor 1

Apellidos y nombres: SALDAÑA NUÑEZ JOHN HINNER  
DNI, Pasaporte, CE N°: 40367744  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>): 0000-0002-2768-1032

#### Datos de asesor 2

Apellidos y nombres: DÍAZ OETIZ EDWIN ADOLFO  
DNI, Pasaporte, CE N°: 76602621  
Open Research and Contributor-ORCID (<https://orcid.org/0000-0002-9670-0970>): 0000-0001-7213-9552

#### 4. Campo del conocimiento según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos- OCDE (ejemplo: Ciencias médicas, Ciencias de la Salud-Medicina básica-Immunología)

[https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde\\_ford.htm](https://catalogos.concytec.gob.pe/vocabulario/ocde_ford.htm)  
2.01.01 INGENIERIA CIVIL

#### 5. Originalidad del Trabajo

Con la presentación de esta ficha, el(la) autor(a) o autores(as) señalan expresamente que la obra es original, ya que sus contenidos son producto de su directa contribución intelectual. Se reconoce también que todos los datos y las referencias a materiales ya publicados están debidamente identificados con su respectivo crédito e incluidos en las notas bibliográficas y en las citas que se destacan como tal.

#### 6. Autorización de publicación

El(los) titular(es) de los derechos de autor otorga a la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM), la autorización para la publicación del documento indicado en el punto 2, bajo la Licencia creative commons de tipo BY-NC: Licencia que permite distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir de su obra de forma no comercial por lo que la Universidad deberá publicar la obra poniéndola en acceso libre en el repositorio Institucional de la UNTRM y a su vez en el Registro Nacional de Trabajos de Investigación-RENATI, dejando constancia que el archivo digital que se está entregando, contiene la versión final del documento sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador.

Chachapoyas, 10 / MARZO / 2024

  
\_\_\_\_\_  
Firma del autor 1  
  
\_\_\_\_\_  
Firma del Asesor 1

  
\_\_\_\_\_  
Firma del autor 2  
  
\_\_\_\_\_  
Firma de Asesor 2

## **DEDICATORIA**

**A mis padres:** *Fidel Salazar y Zenaida Chávez, los cuales me inculcaron la educación y los buenos valores, siendo uno de sus sueños verme un profesional.*

**A mi menor hijo:** *Liam Zayd Salazar Quispe, quién fue mi motor e inspiración para la realización de este trabajo de investigación.*

**(Bach. Lenin Salazar Chávez)**

## AGRADECIMIENTOS

Al lograr una meta más quiero agradecer:

A Dios, por nunca permitir rendirme y poder alcanzar esta meta.

A mis padres Fidel Salazar y Zenaida Chávez y hermanos, los cuales me dieron su apoyo durante toda mi formación profesional.

A la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas y a la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, por la formación académica para ser un profesional.

Al Laboratorio de Mecánica de Suelos y Concreto de la UNTRM, por facilitarme los ensayos de mecánica de suelos, y a los técnicos de laboratorio Freddy L. Gallardo Meléndez y Edgar L. Ordoñez Serván por el apoyo en el proceso de realización de los ensayos.

A mis Asesores de Tesis: Dr. Edwin Adolfo Díaz Ortiz e Ing. John H. Saldaña Núñez, por el asesoramiento durante toda la ejecución de mi Tesis.

**(Bach. Lenin Salazar Chávez)**

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ  
DE MENDOZA DE AMAZONAS**

**Ph D. Jorge Luis Maicelo Quintana**

Rector

**Dr. Oscar Andrés Gamarra Torres**

Vicerrector Académico

**Dra. María Nelly Luján Espinoza**

Vicerrectora de Investigación

**Ph.D. Ricardo Edmundo Campos Ramos**

Decano de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 3-L

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada APLICACIÓN DE CEMENTOS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 - KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS 2022; del egresado LENIN SALAZAR CHÁVEZ de la Facultad de INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.



Chachapoyas, 10 de DICIEMBRE de 2023

Firma y nombre completo del Asesor  
EDWIN ADOLFO DÍAZ ORTIZ

## VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

### ANEXO 3-L

#### VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/Profesional externo ( ), hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000-KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OLUMAI, AMAZONAS 2022 ; del egresado LENIN SALAZAR CHÁVEZ de la Facultad de INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.



Chachapoyas, 10 de DICIEMBRE de 2023

Firma y nombre completo del Asesor  
JOHN HILMER SALDAÑA NÚÑEZ

**JURADO EVALUADOR DE LA TESIS**



**Ing. Jorge Chávez Guivin**  
Presidente



**Ing. Juan Alberto Romero Moncada**  
Secretario



**Ing. Lucila Arce Meza**  
Vocal

# CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



## ANEXO 3-Q

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE  
DEL KM30+000 - KM31+000 DE LA VÍA LUYA-OCUMAL, AMAZONAS, 2022.

presentada por el estudiante ( ) / egresado (x) LENIN SALAZAR CHÁVEZ

de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL

con correo electrónico institucional LENIN.TS@HOTMAIL.COM

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 24 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (x) / igual ( ) al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene \_\_\_\_\_ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas, 29 de ENERO del 2024

  
SECRETARIO

  
PRESIDENTE

  
VOCAL

OBSERVACIONES:

.....  
.....

# ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



**UNTRM**

**REGLAMENTO GENERAL**  
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE  
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

## ANEXO 3-S

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 13 de FEBRERO del año 2024, siendo las 15:00 horas, el aspirante: LENIN SALAZAR CHÁVEZ, asesorado por EDWIN ADOLFO DÍAZ ORTIZ y JOHN HILMER SALDAÑA NÚÑEZ defiende en sesión pública presencial (X) / a distancia ( ) la Tesis titulada: APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 - KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUNAL, AMAZONAS, 2022, para obtener el Título Profesional de INGENIERO CIVIL, a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: JORGE CHÁVEZ GUIVIN

Secretario: JUAN ALBERTO ROMERO MONCADA

Vocal: LUCILA ARCE MEZA

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (X) por Unanimidad (X) / Mayoría ( ) Desaprobado ( )

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 19:20 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

  
SECRETARIO

  
VOCAL

  
PRESIDENTE

OBSERVACIONES:  
.....

## CONTENIDO GENERAL

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACION DE LA TESIS EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL DE LA UNTRM.....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTOS .....	iv
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS .....	v
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS .....	vi
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS .....	viii
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS.....	ix
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS .....	x
CONTENIDO GENERAL .....	xi
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT.....	xvi
I. INTRODUCCIÓN .....	17
II. MATERIAL Y MÉTODOS.....	21
2.1. Georreferenciación del sector en estudio .....	21
2.2. Diseño de la investigación .....	22
2.3. Población, muestra y muestreo .....	22
• Población .....	22
• Unidad muestral.....	22
• Muestreo .....	22
2.4. Variables .....	22

2.5.	Técnicas e instrumentos de recolección de los datos .....	22
2.6.	Procedimiento .....	23
III.	RESULTADOS .....	27
3.1.	Resultados de las pruebas de laboratorio de mecánica de suelos.....	27
3.2.	Numero de probetas por calicata y porcentaje de cenizas.....	34
3.3.	Análisis estadístico de los resultados .....	35
3.4.	Análisis económico del uso de la ceniza como aditivo.....	36
IV.	DISCUSIÓN .....	37
V.	CONCLUSIONES .....	39
VI.	RECOMENDACIONES.....	40
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41
VIII.	ANEXOS.....	43
8.1.	Panel fotográfico .....	43
8.2.	Resultados del estudio de mecánica de suelos .....	46
8.3.	Análisis estadístico de los resultados .....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Referenciación geográfica del tramo en estudio</i> .....	21
Tabla 2 <i>Técnicas e instrumentos de recolección de datos por variable de investigación</i> .....	23
Tabla 3 <i>Resumen de resultados de ensayos de laboratorio</i> .....	27
Tabla 4 <i>Porcentaje de humedad de suelo inalterado</i> .....	27
Tabla 5 <i>Análisis granulométrico y límites de Atterberg encontrados</i> .....	29
Tabla 6 <i>Peso volumétrico de suelo cohesivo promedio (g/cm<sup>2</sup>)</i> .....	30
Tabla 7 <i>Peso volumétrico de suelo cohesivo seco (g/cm<sup>2</sup>)</i> .....	30
Tabla 8 <i>Resultados Proctor modificado C-01</i> .....	30
Tabla 9 <i>Resultados Proctor modificado C-02</i> .....	31
Tabla 10 <i>Valores obtenidos del CBR C-01</i> .....	32
Tabla 11 <i>Valores obtenidos del CBR C-02</i> .....	33
Tabla 12 <i>Número de probetas por calicata y porcentaje de cenizas</i> .....	34
Tabla 13 <i>Varianza de la MDS</i> .....	35
Tabla 14 <i>Varianza del CBR</i> .....	36
Tabla 15 <i>Grupos homogéneos CBR</i> .....	36
Tabla 16 <i>Grupos homogéneos MDS</i> .....	36
Tabla 17 <i>Determinación de distancia real Chachapoyas Vía Luya-Ocumal</i> .....	37
Tabla 18 <i>Determinación de distancia virtual de transporte</i> .....	37
Tabla 19 <i>Cálculo de flete</i> .....	37

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Vista satelital del tramo en estudio</i> .....	21
<b>Figura 2</b> <i>Curva granulométrica calicata C-01</i> .....	28
<b>Figura 3</b> <i>Curva granulométrica calicata C-02</i> .....	28
<b>Figura 4</b> <i>Máxima densidad seca en g/cm<sup>3</sup> C-01</i> .....	31
<b>Figura 5</b> <i>Máxima densidad seca en g/cm<sup>3</sup> C-02</i> .....	32
<b>Figura 6</b> <i>Valores del CBR C-01 a diferentes concentraciones de ceniza de carbón</i> ....	33
<b>Figura 7</b> <i>Valores del CBR C-02 a diferentes concentraciones de ceniza de carbón</i> .....	33
<b>Figura 8</b> <i>Curva comparativa entre el efecto de la adición de la ceniza de carbón para las calicatas C-01 y C-02</i> .....	34

## RESUMEN

El objetivo principal de la presente investigación fue aplicar cenizas de carbón para mejorar la estabilización de la subrasante del km 30+000 - km 31+000 de la vía Luya-Ocúmal. Se realizó el estudio de suelos de la subrasante, mediante calicatas, con muestras alteradas e inalteradas; tanto del terreno natural, como con adición de ceniza de carbón de 15%, 20% y 25%. Los datos de los ensayos fueron recopilados en formatos estandarizados, para luego ser procesados, analizados y comparados mediante gráficas de barras, y finalmente para realizar el análisis de datos se utilizó el método estadístico de Tukey. Los resultados evidencian que el valor del CBR al 95%, en estado natural, tiene un valor medio de 6.35% y al adicionar un 20% de ceniza de carbón aumentó el promedio a 19.55%. Por otra parte, al adicionar 25% de ceniza de carbón el promedio del CBR disminuye a 13.55%. Llegando a la conclusión que la dosificación más conveniente es adicionando 20% de dichas cenizas a la mezcla, para incrementar el valor del CBR.

**Palabras claves:** Ceniza de carbón, estabilización, subrasante.

## **ABSTRACT**

The main objective of the present investigation was to apply coal ash to improve the stabilization of the subgrade of km 30+000 - km 31+000 of the Luya-Ocúmal highway. The study of subgrade soils was carried out, using pits, with altered and unaltered samples; both from the natural soil and with the addition of coal ash of 15%, 20% and 25%. The data from the trials were collected in standardized formats, then processed, analyzed and compared using bar graphs, and finally, Tukey's statistical method was used to perform the data analysis. The results show that the CBR value at 95%, in its natural state, has an average value of 6.35% and by adding 20% of coal ash the average increased to 19.55%. On the other hand, by adding 25% coal ash the average CBR decreases to 13.55%. Coming to the conclusion that the most convenient dosage is adding 20% of said ashes to the mixture, to increase the CBR value.

**Keywords:** Coal ash, stabilization, subgrade.

## I. INTRODUCCIÓN

La carretera Luya-Ocúmal se ha visto afectada muy seriamente por baches, ahuellamientos, derrumbes, deslizamientos de plataforma, etc. Con los consecuentes impases, incomodidad y pérdidas económicas. Es debido a esta problemática que se plantea la investigación denominada: *“Aplicación de cenizas de carbón para mejorar la estabilización de la subrasante del km 30+000 - km 31+000 de la vía Luya-Ocúmal, Amazonas, 2022”*. La cual tiene por objetivo principal usar cenizas de carbón para mejorar la estabilización de la subrasante del km 30+000 - km 31+000 de la vía Luya-Ocúmal, Amazonas, 2022.

De manera preliminar se realizó una recopilación bibliográfica referente al tema:

Cañar (2017) En su investigación: *“Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón”* tuvo como objetivo estabilizar dos suelos mediante la adición de cenizas de carbón. Las técnicas utilizadas fueron la observación, la experimentación y el análisis. Como trabajos previos, se realizó la ubicación del sector y el muestreo necesario previo a los ensayos de laboratorio. Las pruebas de mecánica de suelos realizadas fueron la granulometría, los límites de consistencia, el Proctor modificado y el ensayo de compresión no confinada. Los resultados respecto al CBR en suelo fino mostraron un aumento del 4,6 % cuando se combinaron con un 25 % de ceniza de carbón, lo que mejoró la relación de resistencia del 15,0 % al 19,60 %, demostrando que se puede utilizar para mejorar el suelo."

Carrasco (2021) en su investigación titulada: *“Uso de cenizas de carbón para la estabilización del suelo en la trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021”* Tiene como propósito general: determinar el impacto del uso de ceniza de carbón en la estabilización de suelos en la vía Pampahura-Apurímac 2021. Se ubicó el lugar a investigar y los puntos de muestreo, se realizó la excavación y extracción de muestras disturbadas. Las pruebas realizadas fueron de granulometría, límites de consistencia, proctor modificado y CBR; estos ensayos fueron realizados para la muestra de suelo en estado natural como alterada con la adición de cenizas en diferentes porcentajes. El ensayo CBR fue desarrollado de suelo de la muestra C.-2. donde la muestra inalterada es CBR 3.46% al 95% M.D.S. y 4,06 % CBR a 100 % MDS, Sin embargo, cuando se agrega un 8 % de ceniza de carbón, el valor de la capacidad de carga del suelo resultante cambia significativamente a 5,32 % CBR a 95 % MDS. y 6,5 % CBR a 100 % MDS con humedad óptima de 21,9 % y una densidad seca máxima de 1553 g/cm<sup>3</sup>, por lo que el uso de cenizas

de carbón afecta significativamente la densidad seca máxima para estabilizar la base de la carretera.

Valdivia & Quijano (2021), en su investigación: *“Estabilización de subrasante adicionando ceniza de carbón y tusa de maíz en trocha carrozable Lomaspatá - Coracora, distrito Coracora, Ayacucho - 2021”* Su objetivo principal fue evaluar el impacto de agregar cenizas de carbón con corazón de maíz en proporciones del 15%, 20% y 25% en la estabilización de los suelos de carretera. Se realizó la ubicación, excavación y extracción de muestras por caen la proporción de 1 calicata por cada 500 metros de carretera. Las pruebas laboratorio fueron clasificación por granulometría, límites de consistencia, proctor modificado y CBR para las diversas proporciones de aditivo. Para el procesamiento y ajuste estadístico se utilizó la prueba de Turkey y el software Statistix 10.0. Concluyó que utilizando el aditivo propuesto en un 25% se logró incrementar de un 7.5% CBR a 8.2% CBR y la adición del 25% de tusa maíz se obtiene 9.10 CBR, lo que demuestra que ambos aumentan el CBR de manera significativa.

Casas (2020) en su tesis: *“Ceniza de carbón mineral para estabilización de suelos cohesivos en subrasante”* Determina el impacto de las cenizas de carbón sobre la estabilidad en suelo cohesivo en sub rasante. Estamos ante una investigación aplicada de nivel explicativo y de diseño cuasiexperimental. La población se encuentra determinada por 560 Kg de suelo patrón y con adición de la ceniza, esta se obtuvo mediante una calicata de 3.00 m de profundidad y de 1m de diámetro. Finalmente se concluyó que la capacidad portante de carga (CBR) del suelo aumentó su valor inicial de 2,2% al 5,5%, 6% y 7,5% incluyendo 3%, 5% y 7% de CC, respectivamente, logrando resultado beneficio al 5% y 7%, cumpliendo así con la normatividad del MTC.

Huamán (2020), en su tesis titulada: *“Estabilización de suelos arcillosos con mucílago de penca de tuna y ceniza de madera, en la carretera Cangari, Ayacucho, 2020”* Se tuvo por objetivo encontrar una alternativa de mejoramiento en las propiedades físicas y mecánicas de suelos del tipo arcilloso a través de la adición de ceniza de madera y mucílago de penca. Fue una investigación aplicada de tipo cuasiexperimental. El muestreo realizado al suelo fue mediante excavaciones a cielo abierto (calicatas), con estas muestras se realizó ensayos de granulometría, límites de consistencia, proctor modificado y CBR para distintas dosificaciones del aditivo. Al adicionar un 21 % de ceniza de carbón y 70 % de MPT la resistencia sufre un incremento significativo de 6.3 a 56.5 % considerando al 95 % y 67.1 % a 100 %. Se concluyó que al adicionar los

elementos mencionados anteriormente, producen resultados benéficos en la estabilidad y resistencia del suelo.

Bueno & Torre (2019), en su investigación titulada: “*Mejoramiento de la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación en el barrio del Pinar, Independencia, Huaraz – 2018*” Su objetivo principal es incrementar la estabilidad del terreno agregando cenizas de carbón en diferentes dosificaciones. Fue una investigación de cuantitativa, de nivel aplicado y no experimental. La población utilizada, se encontró definida por las calles y jirones del Pinar que tengan como principal característica un suelo arenoso limoso. Se extrajeron muestras de suelo mediante calicatas para con estos realizar pruebas de laboratorio (granulometría, contenido de humedad, límites de consistencia, Proctor modificado y CBR). Al alterar el suelo con un 5% de cenizas en proporción masa-masa de las muestras, se logró incrementar de 14.32% al 95% de CBR, se logra ver además que reduce la plasticidad del 11.1% al 3% y de manera similar se reduce la expansión del suelo de 0.86% a 0.20%. verificando de esta manera que las aplicaciones de cenizas de carbón al suelo son relativamente beneficiosas ya que ayudan a mejorar la estabilidad, y las propiedades físicos-mecánicas del suelo.

Almonacid (2019), en su proyecto: “*Estabilización de subrasante mediante cal y ceniza de quinua en suelos del centro poblado Viñas, Tayacaja, Huancavelica*” Su objetivo primordial es determinar los efectos que produce la adición de cal y ceniza en la estabilización de subrasante de los suelos del sector Viñas. Se aplicó un método analítico y a la misma vez sintético, fue una investigación del tipo aplicada, descriptiva y no experimental. Se excavaron calicatas para la extracción de muestras, las cuales fueron sometidos a ensayos de mecánica de suelos. La dosificación de cenizas y quinua mediante pruebas de CBR al 95% y 100% con la adición de 5% de cal, 20% de cenizas de quinua y combinaciones de 7% cal /15% de mezcla de cenizas de quinua, muestra incrementar el CBR al 95% en, 99, 5%, 61% y 97.6% respectivamente, sin embargo con un CBR al 100% aumentó en un 70.9%, 87.7% y 77.6% respectivamente, los dos en relación al suelo sin alterar. Por lo que se puede decir que la cal como la ceniza de quinua contribuyen a mejorar las propiedades físicas y mecánicas del terreno.

Cabrera & Paredes (2018), en su investigación, su objetivo fundamental fue evaluar el impacto de la adición de cenizas de carbón para estabilizar subrasante de suelo para pavimento en Cascajal, provincia de Santa – Ancash. Las muestras de suelo se tomar del sector zona Cascajal mediante calicatas de 3.00m de profundidad, para posteriormente realizar los ensayos de granulometría, consistencia, proctor modificado y CBR.

Cuando se agregó un 3% de ceniza de carbón al suelo, los porcentajes de plasticidad no variaron, tampoco el porcentaje de CBR, ambos se mantienen iguales; sin embargo, cuando se agrega un 8% de CC a la masa del suelo, ya que altera sus propiedades físicas al reducir la plasticidad y también las propiedades mecánicas al aumentar la tolerancia a la carga del suelo en un 11%, además cuando agregamos un 10% de ceniza de carbón, la plasticidad tendió a menorar, haciendo que el suelo ya casi no sea plástico, sin embargo la capacidad de carga tendió a aumentar al 13%, logrando así un mejor suelo para pavimentar.

Goñas (2019) en su investigación titulada: “*Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada*” El objetivo primordial fue evaluar el impacto de las cenizas del carbón en mejorar las propiedades del tipo mecánico de muestras de suelo natural. El muestreo realizado fue disturbado, con muestras de las cuadradas 08 y 09 de la calle denominada las Lomas del pueblo joven 16 de Octubre de la ciudad de Chachapoyas, a dichas muestras se sometió a pruebas de laboratorio (granulometría, límites de atterberg, proctor y capacidad de soporte. El investigador concluye que la adición de ceniza a la muestra natural, mejora el (CBR) en los suelos OH y CH. Según sus ensayos realizados, para el suelo tipo CH al agregar 15%, 20% y 25% del aditivo, se obtuvo CBR del 2,3%, 2,9% y 3,5% respectivamente, sin embargo, para suelo tipo OH, la capacidad de carga (CBR) resulta 2,6 %, 3,0 % y 3,7 %, cuando se agrega ceniza de carbón en proporciones del 15 %, 20 % y 25 % respectivamente.

En la presente investigación, se excavaron calicatas en el sector evaluado para obtener muestras de suelo. En el procesamiento y análisis de los datos, estos se obtuvieron con distintos ensayos de laboratorio a las muestras tanto en estado natural como muestras con adición en diferentes proporciones (15%, 20% y 25%), tabularon, graficaron, compararon y finalmente se usó la prueba de Tukey para identificar el mejor tratamiento para el suelo. En los resultados se observó que el valor del CBR al 95% en estado natural tiene como valor medio 6.35% y al adicionar un 20% de ceniza de carbón este aumentó a 19.55%, esto representa un incremento del 208% respecto al CBR en estado natural. Llegando a la conclusión que la dosificación más conveniente es adicionar 20% de ceniza de carbón al suelo en estado natural.

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Georreferenciación del sector en estudio

Las progresivas 30+000 a 31+000 se encuentra en la vía Luya-Ocúmal, provincia de Luya, departamento de Amazonas.

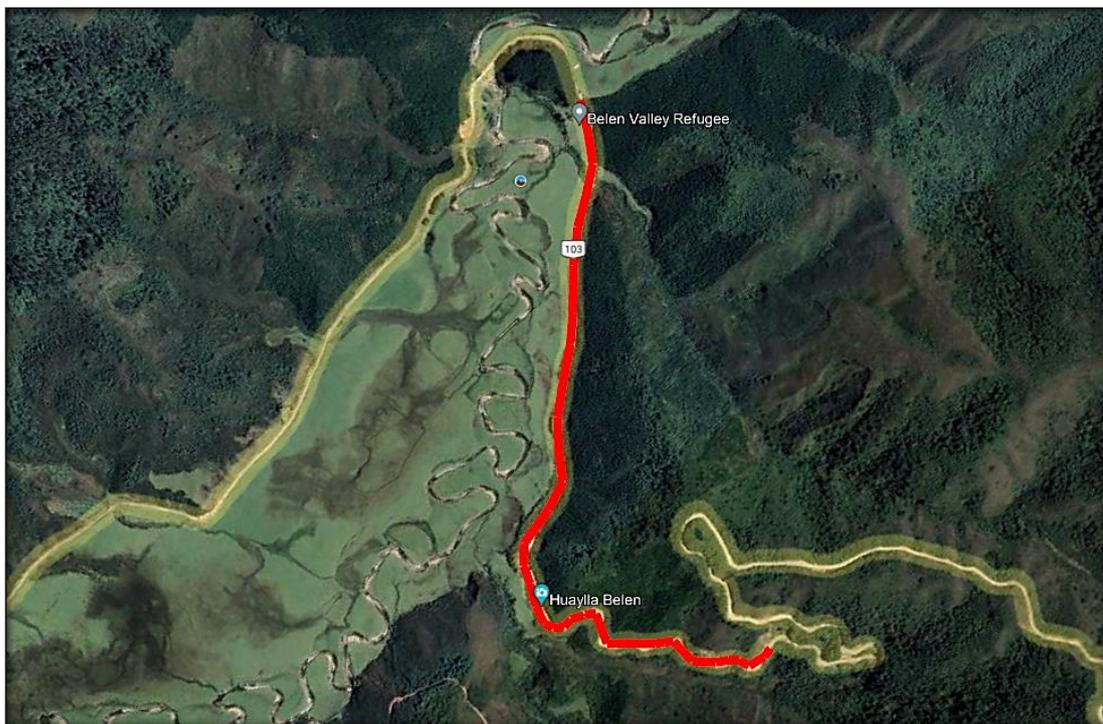
**Tabla 1**

*Referenciación geográfica del tramo en estudio*

Punto	Norte	Este	Altura
Inicio	9304808.25	827003.71	2834
Final	9305239.86	826102.25	2752
Calicata C-01	9304676.18	826886.87	2804
Calicata C-02	9305081.05	826264.59	2758

**Figura 1**

*Vista satelital del tramo en estudio*



## **2.2. Diseño de la investigación**

Investigación experimental con un diseño completamente al azar.

## **2.3. Población, muestra y muestreo**

- **Población**

Se tuvo una población finita, determinada por el tramo desde la progresiva Km 30+000 a la progresiva Km 31+000 de la vía Luya-Ocúmal.

- **Unidad muestral**

La ubicación donde se realizó el muestreo de suelo fueron de las progresivas Km 30+250 y Km 30+750.

- **Muestreo**

Muestreo no probabilístico, muestreo por juicio.

## **2.4. Variables**

**Variable independiente:** Mezcla cenizas de carbón: suelo.

**Variable dependiente:** Mejora de la estabilización de la subrasante.

## **2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de los datos**

**Técnica:** La observación y el fichaje de datos.

**Instrumentos:**

**Tabla 2***Técnicas e instrumentos de recolección de datos por variable de investigación*

<b>Variable</b>	<b>Propiedad</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Origen</b>	<b>Instrumento</b>
Variable independiente: Mezcla cenizas de carbón: suelo.	-----	Concentración 15%, 20% y 25%	-----	Ceniza de carbón
Variable dependiente: Mejora de la estabilización de la subrasante.	Física	Límites de consistencia	Directa	Límite líquido (MTC E-110), límite plástico (MTC E-111) e índice de plasticidad (MTC E-111)
		Máxima densidad seca		Proctor modificado (MTC E-115)
	Mecánicas	óptimo contenido de humedad		
		Valor relativo de soporte		Ensayo CBR (MTC E-132)

## 2.6. Procedimiento

### 2.6.1. Trabajo en campo

- Se muestreó de manera representativa los suelos (mediante calicatas) en dos puntos considerados los más críticos dentro del área de estudio (Progresiva Km 30+250 y Progresiva Km 30+750, de la vía luya-Ocúmal).
- Se recogió y tamizó por la malla N°4, las cenizas de carbón (estas cenizas fueron obtenida de una fábrica de ladrillos).

### 2.6.2. Trabajo en laboratorio

A continuación, se muestra las características de índole físico y mecánico de las muestras tanto en estado natural como alterado:

Granulometría (MTC E-107/ ASTM-D422, C-117/ AASHTO T-27, T-88). Se buscó determinar de manera cuantitativa la distribución de tamaños de las partículas del suelo. La clasificación se realizó con el material lavado retenido en la malla N°200 (finos) y el retenido por la malla N°04 (gruesos). Como equipos y herramientas se utilizó la balanza, horno, recipientes de plástico y metal,

tamices y tamizadora. A continuación, se describe el procedimiento de este ensayo:

- 1.- Se realiza el secado de la muestra.
- 2.- Pesado de la cantidad representativa.
- 3.- Lavado de la muestra.
- 4.- Segundo secado de la muestra.
- 5.- Zarandeo de la muestra por los tamices.
- 6.- Una vez llegado al tamiz N°10 se usa la tamizadora por un espacio promedio de 7 minutos.
- 7.- Se toma nota de los porcentajes acumulados que pasan por cada uno de los tamices.
- 8.- Dibujo e interpretación de la curva granulométrica.

Contenido de humedad (MTC E-108/ ASTM D-2216). En este ensayo se busca determinar la relación en porcentaje del peso del agua en una masa de suelo con respecto a las partículas sólidas. Se usó el material que pasa por la malla N°04, el horno de secado, la balanza, recipientes, guantes y la cuchara. A continuación, se describe de manera sucinta el procedimiento seguido:

- 1.- Pesado del recipiente.
- 2.- Determinación del peso de la muestra (incluido el recipiente).
- 3.- Secado de la muestra.
- 4.- enfriado de la muestra.
- 5.- Pesado de la muestra seca.
- 6.- Anotaciones y cálculos finales.

Límites de consistencia (MTC E-110, 111/ ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89): líquido, plástico e índice de plasticidad.

El límite líquido es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo seco en horno, cuando se encuentra en el límite entre el estado plástico y el estado líquido. Se usó como material 160g que pasa la malla N° 40. En lo que respecta a equipos y herramientas, se usó recipientes de plástico y metal, guantes, tamiz N°40, probeta, espátula, acanalador, cuchara de Casagrande, la balanza y el horno. A continuación, se describe el procedimiento seguido:

- 1.- Zarandeo de la muestra.
- 2.- Separación de la mezcla de suelo y adición de agua.

- 3.- Colocación de la muestra en la cazuela de Casagrande.
- 4.- Acanalado de la muestra.
- 5.- En la cuchara de Casa Grande, se dieron sendos golpes uniformes haciendo que el acanalado cierre en función de los intervalos de golpes 15-25, 20-30 y 25-35, extrayendo a su vez una porción de los tres intervalos. Terminado las anotaciones se colocó las muestras en el horno por 24 horas.
- 6.- Se extrae del horno y pesa las muestras.
- 7.- Se repite el ensayo dos veces más.
- 8.- Se dibujo la recta de fluidez.
- 9.- Cálculos y anotaciones finales.

El límite plástico según definición del MTC es la más baja humedad posible con que se pueden formarse rollitos de unos 3.2 mm de diámetro rodando dicho suelo en la palma de la mano y una superficie lisa sin que estas se desmoronen. El material usado fue el zarandeado en la malla N°40. En los equipos y herramientas se usó la espátula, recipientes, tamiz N°40, vidrio esmerilado, balanza y horno.

Procedimiento:

- 1.- Con el material húmedo, con la mano se moldea encima del vidrio una pequeña porción hasta formar los rollitos de un diámetro de 3mm aprox.
- 2.- Se deja secar los rollitos hasta que aparezcan fisuras cuando se los dobla, esto indica que los rollitos ya se encuentran listo para ser cortados en trocitos.
- 3.- Una vez realizado el troceado, se colocan en un recipiente y se llevan al horno por 24 horas.
- 4.- Se extrae la muestra del horno, se pesa y se realizan los cálculos respectivos.

El índice de plasticidad (IP) de los suelos viene a ser la diferencia entre los límites líquido y plástico.

Proctor Modificado (MTC E-115, E-116/ ASTM D-1557, D 698/ AASHTO T-180), para muestra en estado natural, como para muestras con adiciones de cenizas de carbón en proporciones del 15%, 20% y 25%. Se describe el procedimiento utilizado.

- 1.- Cuarteado y obtención de muestra representativa, se separó en 4 muestras de 2.5 Kg.
- 2.- Aplicación de agua acorde a los contenidos de humedad a utilizar,
- 3.- Se realizó la compactación en cada molde en 5 capas con 25 golpes por capa.
- 4.- Se repitieron los ensayos para todas las muestras alteradas con el aditivo

propuesto en proporción de 15%, 20% y 25%.

5.- Cálculos finales.

CBR (California bearing ratio) (MTC E-132/ ASTM D-1883/ AASHTO T-193), para muestra natural, así como para muestra con el aditivo propuesto en proporciones del 15%, 20% y 25%. Se busca determinar de índice de resistencia del suelo conocido como CBR. Este ensayo se realiza en laboratorio con un suelo preparado previamente y en condiciones controladas de humedad y densidad. El material que se usa es el tamizado por la malla N° 3/4". Como equipos y herramientas, usamos probetas, recipientes, bandeja de metal, guantes, badilejo, brocha, martillo, pisón, moldes, horno, tamiz N° 3/4" y balanza. A continuación, se describe el procedimiento seguido para la compactación CBR:

- 1.- Se hace uso del óptimo contenido de humedad brindado por el ensayo de proctor.
- 2.- Se realizó el zarandeo en el tamiz N° 3/4" y pesó 03 bolsas de 6 Kg cada una.
- 3.- Se realizó el ensamblaje de los moldes cilíndrico con sus placas de base, collares extensores, discos espaciadores y papel filtro.
- 4.- Se realiza la compactación en 5 capas, el primero con 12 golpes, el segundo con 25 golpes y el tercero con 56 golpes por capa.
- 5.- Se determina el contenido de humedad de las muestras.
- 6.- Se realizó la determinación de la densidad seca de las muestras.

### **2.6.3. Análisis de datos**

Con los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio, tanto de muestras naturales, como las muestras que fueron adicionadas cenizas, se procesaron los datos estadísticos con el estadístico de Tukey, con el cual se determinó estadísticamente el porcentaje de ceniza más óptimo para mejorar el suelo de subrasante.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. Resultados de las pruebas de laboratorio de mecánica de suelos

**Tabla 3**

*Resumen de resultados de ensayos de laboratorio*

% de CC	Concent.	Rep.	LL (%)	LP (%)	IP (%)	OCH	MDS	CBR (95%)
1	1	1	36	20	16	14.23	1.878	6.9
	1	2	34	19	15	15.03	1.893	5.8
2	2	1	37	24	13	15.66	1.694	14.5
	2	2	35	21	14	16.14	1.700	17.0
3	3	1	38	27	11	19.82	1.630	22.7
	3	2	36	24	12	17.77	1.686	16.4
4	4	1	40	29	11	22.27	1.581	10.2
	4	2	38	27	11	18.53	1.654	16.9

**Nota:** % de CC: 0: 0%; 1: 15%; 2: 20%; 3: 25%. Concent: 1: 0%; 2: 15%; 3: 20%; 4: 25%. Rep. 1: calicata 1 y 2: calicata 2.

#### 3.1.1. Humedad de suelo natural

**Tabla 4**

*Porcentaje de humedad de suelo inalterado*

% De humedad de suelo natural	
C <sub>1</sub>	22.90%
C <sub>2</sub>	21.50%

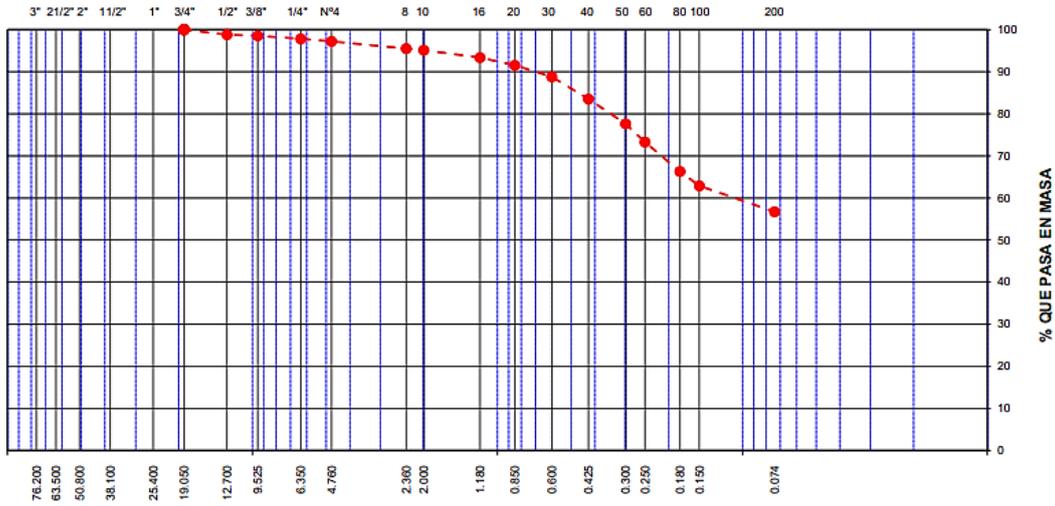
#### 3.1.2. Granulometría y límites de Atterberg:

##### A) Calicata C-01:

Estamos ante un suelo con clasificación SUCS **CL** (Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media) y en clasificación AASHTO **A-6 (7)**. En cuanto a los límites de Atterberg se tiene un límite líquido de 36%, plástico de 20% y un índice de plasticidad de 16% (ver tabla 03).

**Figura 2**

*Curva granulométrica calicata C-01*

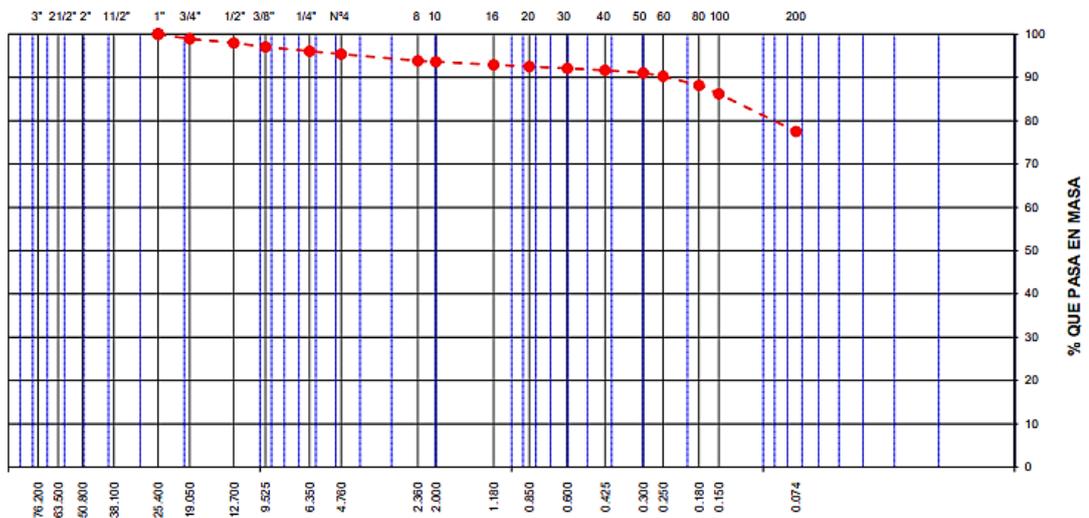


**B) Calicata C-02:**

Estamos ante un suelo con clasificación SUCS **CL** (Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media) y en clasificación AASHTO **A-6 (10)**. En cuanto a los límites de Atterberg se tiene un límite líquido de 34%, plástico de 19% y un índice de plasticidad de 15% (ver tabla 03).

**Figura 3**

*Curva granulométrica calicata C-02*



**Tabla 5***Análisis granulométrico y límites de Atterberg encontrados*

Calicata	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	LL (%)	LP (%)	IP (%)
C <sub>1</sub>	CL	A-06 (7)	36	20	16
C <sub>2</sub>	CL	A-06 (10)	34	19	15

**3.1.3. Descripción del perfil estratigráfico:**

**A) Calicata C-01:**(Ver imagen en anexos)

**De los 0.00 m. a los 0.30 m.** Relleno de arcilla limosa, arenosa, gravosa de plasticidad media, medianamente compacta, seca, marrón. Se evidencia pequeños restos de desmonte, material orgánico y basura.

**De los 0.30 m. a los 0.70 m.** Arcilla limosa, de color marrón claro y con evidencia de oxidación orgánica.

**De los 0.70 m. a los 0.80 m.** Arcilla fina, limosa medianamente densa, con humedad y de color plumizo.

**De los 0.80 m. a los 1.50 m.** Nos encontramos con arcillas inorgánicas (CL) y arenosa, que tiene un límite líquido de 36%, plástico de 20% y un índice de plasticidad de 16%. De color marrón plumizo, alta resistencia a la presión manual insitu, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia media, exenta de gravilla y rocas de gran tamaño. El estrato no presenta ningún olor fuera de lo común.

**B) Calicata C-02:** (Ver imagen en anexos)

**De los 0.00 m. a los 0.20 m.** Relleno afirmado, gravosa, con limos y arcillosa en su mayoría. Ligeramente húmeda. De color marrón y se evidencia pequeños restos de desmonte, material orgánico y basura.

**De los 0.20 m. a los 0.60 m.** Arcilla limosa inorgánica, de plasticidad media, ligeramente compacta, húmeda y de color marrón claro.

**De los 0.60 m. a los 1.50 m.** Nos encontramos con arcillas inorgánicas (CL), de características arenosas, que tiene un límite líquido de 34%, plástico de 19% y un índice de plasticidad de 15%

De color marrón plumizo, alta resistencia a la presión manual insitu, ninguna reacción al ácido clorhídrico y de consistencia media, con presencia de grava con T.M 3/4" (5.64%).

### 3.1.4. Peso volumétrico de suelo cohesivo:

**Tabla 6**

*Peso volumétrico de suelo cohesivo promedio (g/cm<sup>2</sup>)*

Peso volumétrico de suelo cohesivo promedio (g/cm <sup>2</sup> )	
C <sub>1</sub>	1.97
C <sub>2</sub>	2.00

**Tabla 7**

*Peso volumétrico de suelo cohesivo seco (g/cm<sup>2</sup>)*

Peso volumétrico de suelo cohesivo seco (g/cm <sup>2</sup> )	
C <sub>1</sub>	1.60
C <sub>2</sub>	1.65

### 3.1.5. Proctor modificado

A continuación, se presenta los resultados del ensayo de Proctor modificado para ambas calicatas en estado natural y con adición de ceniza de carbón. Se tuvo una única muestra denominada M<sub>1</sub> para todo el ensayo con diferentes porcentajes de ceniza.

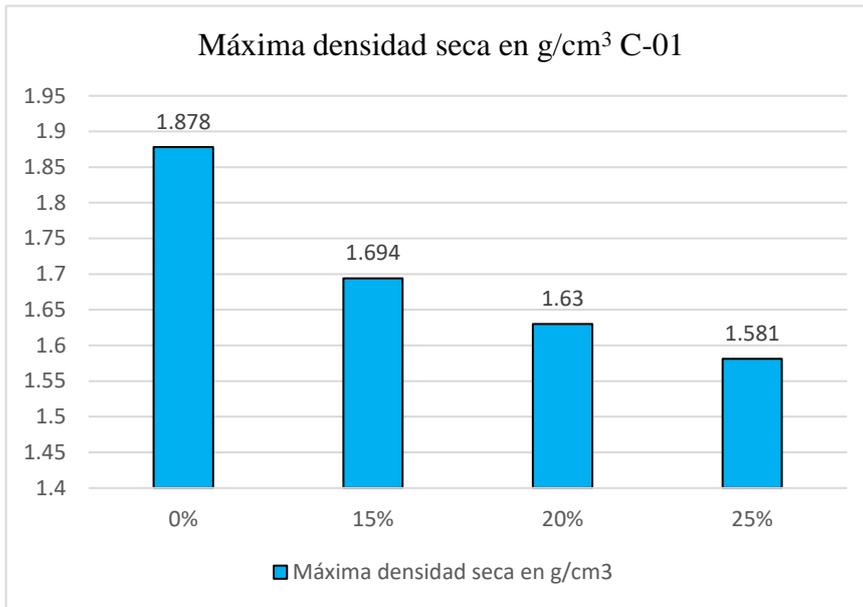
**Tabla 8**

*Resultados Proctor modificado C-01*

Muestra (M <sub>1</sub> )	Proctor modificado	
	% de humedad óptima	Máxima densidad seca en g/cm <sup>3</sup>
C <sub>1</sub> (Natural)	14.23	1.878
C <sub>1</sub> + 15% (C.C)	15.66	1.694
C <sub>1</sub> + 20% (C.C)	19.82	1.630
C <sub>1</sub> + 25% (C.C)	22.27	1.581

**Figura 4**

*Máxima densidad seca en g/cm<sup>3</sup> C-01*



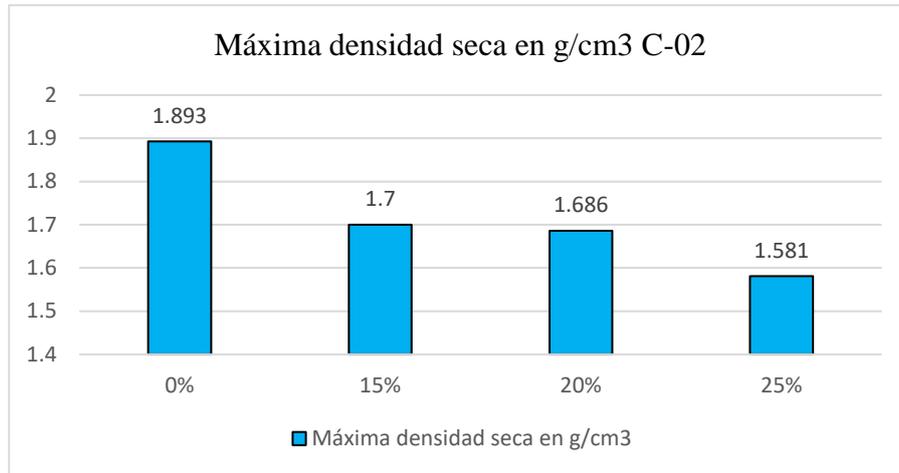
**Tabla 9**

*Resultados Proctor modificado C-02*

Muestra (M <sub>1</sub> )	Proctor modificado	
	% de humedad óptima	Máxima densidad seca en g/cm <sup>3</sup>
C2 (Natural)	15.03	1.893
C2 + 15% (C.C)	16.14	1.700
C2 + 20% (C.C)	17.77	1.686
C2 + 25% (C.C)	18.53	1.654

**Figura 5**

*Máxima densidad seca en g/cm<sup>3</sup> C-02*



### 3.1.6. Capacidad de soporte (CBR)

Se tuvo una única muestra denominada M<sub>1</sub> para todo el ensayo con diferentes porcentajes de ceniza.

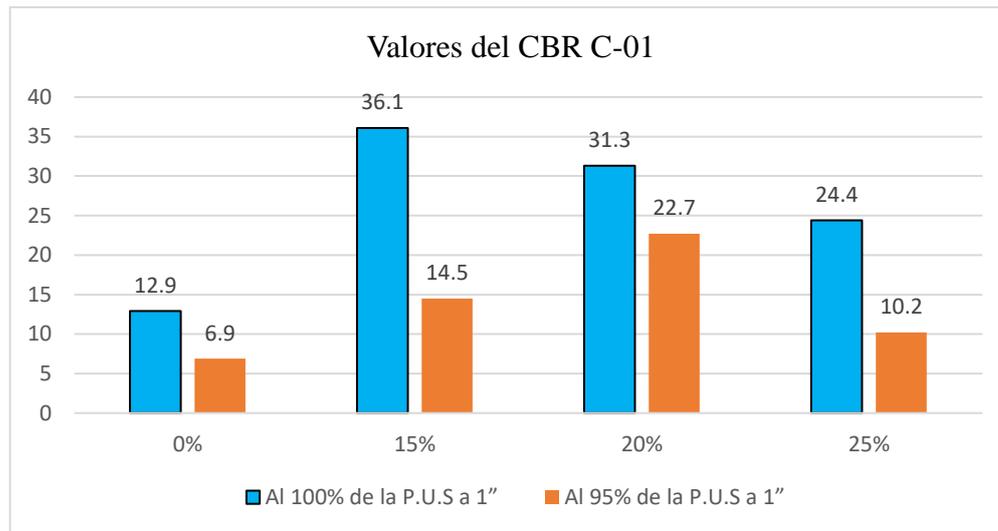
**Tabla 10**

*Valores obtenidos del CBR C-01*

Muestra (M <sub>1</sub> )	CBR	
	Al 100% de la P.U.S a 1''	Al 95% de la P.U.S a 1''
C <sub>1</sub> (Natural)	12.9	6.9
C <sub>1</sub> + 15% (C.C)	36.1	14.5
C <sub>1</sub> + 20% (C.C)	31.3	22.7
C <sub>1</sub> + 25% (C.C)	24.4	10.2

**Figura 6**

Valores del CBR C-01 a diferentes concentraciones de ceniza de carbón



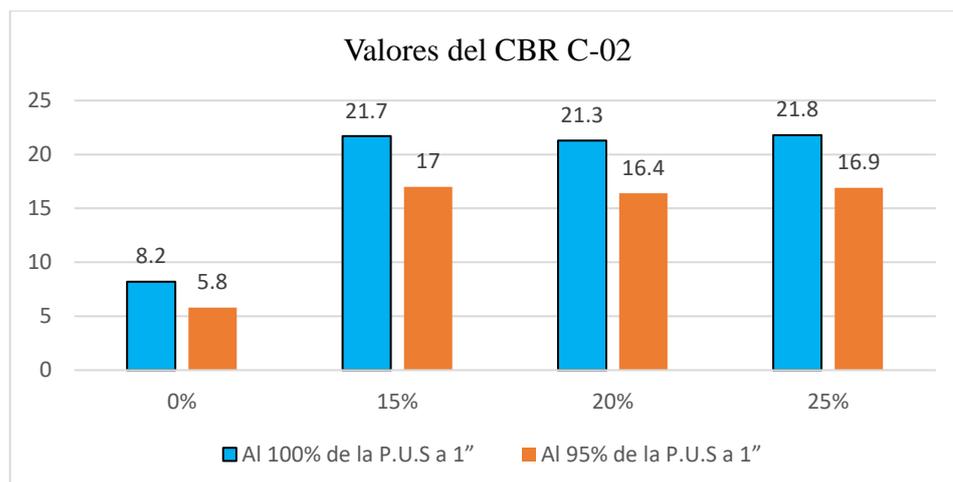
**Tabla 11**

Valores obtenidos del CBR C-02

Muestra	CBR	
	Al 100% de la P.U.S a 1''	Al 95% de la P.U.S a 1''
C2 (Natural)	8.2	5.8
C2 + 15% (C.C)	21.7	17.0
C2 + 20% (C.C)	21.3	16.4
C2 + 25% (C.C)	21.8	16.9

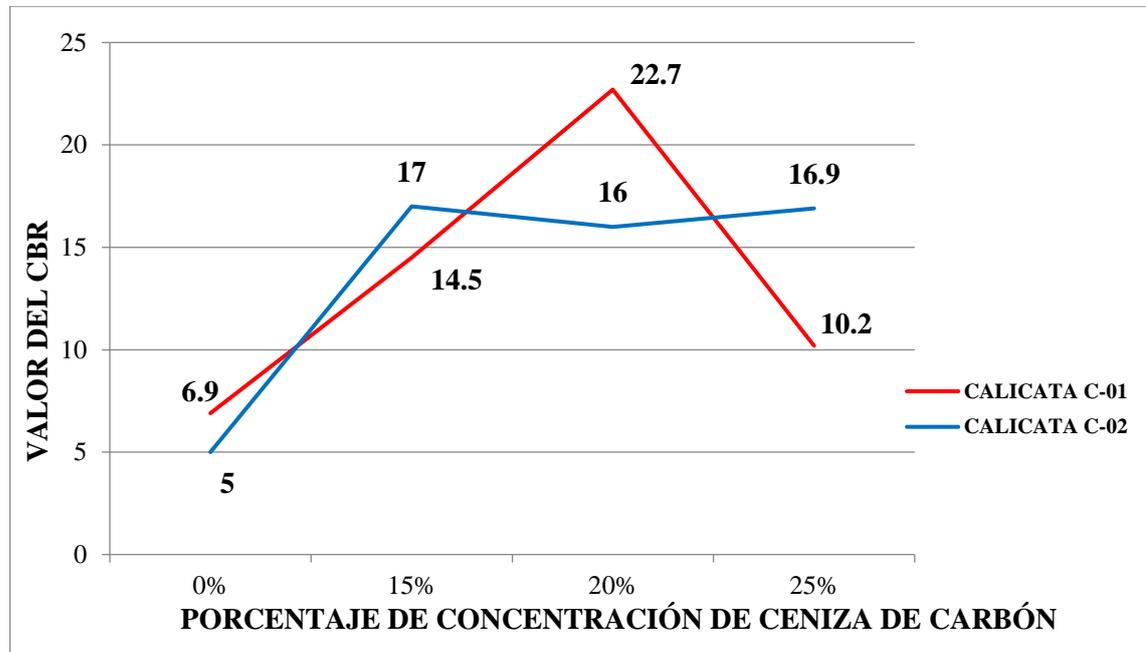
**Figura 7**

Valores del CBR C-02 a diferentes concentraciones de ceniza de carbón



**Figura 8**

*Curva comparativa entre el efecto de la adición de la ceniza de carbón para las calicatas C-01 y C-02*



### 3.2. Número de probetas por calicata y porcentaje de cenizas

**Tabla 12**

*Número de probetas por calicata y porcentaje de cenizas*

Calicatas	Cantidad de probetas								TOTAL
	Proctor				CBR				
	0%	15%	20%	25%	0%	15%	20%	25%	
C-01	4	4	4	4	3	3	3	3	<b>28</b>
C-02	4	4	4	4	3	3	3	3	<b>28</b>
									<b>56</b>

Notas: Se realizó 28 probetas por calicata

0%,15%,20%,25% Son porcentajes de cenizas añadidas

\*Nota: Las cenizas de carbón fueron obtenidas de los hornos de la fábrica de ladrillos “Corazón de Jesús”, esta ceniza es el producto de la combustión de madera eucalipto y aserrín.

### 3.3. Análisis estadístico de los resultados

Para el coeficiente de varianza (CV):

Se realizó la Prueba de Tukey, donde se tiene la siguiente consideración: si  $CV \leq 35\%$ , demostrando que los datos que se midieron de manera experimental son confiables y que por lo tanto la conclusión del análisis de la varianza es válida.

Para la probabilidad(P):

- Si  $P < 0.01$ , hay diferencia altamente significativa entre las concentraciones de CC.
- Si  $P < 0.05$ , hay diferencia medianamente significativa entre las concentraciones de CC.
- Si  $P > 0.05$ , no hay diferencia significativa entre las concentraciones de CC.

#### 3.3.1. Varianza

A continuación, se muestra la varianza de la máxima densidad seca (MDS) para ambas calicatas:

**Tabla 13**

*Varianza de la MDS*

Fuente	Grados de libertad (DF)	Suma de cuadrados (SS)	Cuadrado medio (MS)	F	P
Conc.	3	0.0843	0.0281	54.37	0.004
Rep	1	0.00281	0.00281	5.44	0.102
EE	3	0.00155	0.00052		
Total	7	0.08866			

**CV: 1.33**

De la tabla 13, vemos que la probabilidad (P) es de  $0.004 < 0.01$ , esto nos indica un gran nivel de significancia entre los valores de las concentraciones de ceniza de carbón.

**Tabla 14***Varianza del CBR*

Fuente	Grados de libertad (DF)	Suma de cuadrados. (SS)	Cuadrado medio (MS)	F	P
Conc.	3	184.86	61.62	4.05	0.1403
Rep	1	0.405	0.405	0.03	0.8807
EE	3	45.615	15.2005		
Total	7	230.880			

**CV: 28.26**

De la tabla 14, vemos que la probabilidad (P) es de  $0.1403 > 0.01$ , esto nos indica un gran nivel de significancia entre los valores de las concentraciones de ceniza de carbón.

**Tabla 15***Grupos homogéneos CBR*

Conc.	Media	Grupos
1	6.35	A
2	15.75	A
3	19.55	A
4	13.55	A

**Tabla 16***Grupos homogéneos MDS*

Conc.	Media	Grupos
1	1.8855	A
2	1.6970	B
3	1.6580	B
4	1.6175	B

### 3.4. Análisis económico del uso de la ceniza como aditivo

Se realizó una cotización del uso de las cenizas de carbón en la ladrillera Corazón de Jesús.

La ceniza de carbón tiene un costo de 0.10 s/ por cada Kg y/o s/ 40.00 por m<sup>3</sup>

**Tabla 17**

Determinación de distancia real Chachapoyas Vía Luya-Ocumal

Descripción	Tipo de vía	Distancia (Km)
Chachapoyas - Cruce Achamaqui	Asfaltada	13.575
Cruce Achamaqui - Vía Luya		
Ocumal	Afirmada	16.25
Distancia real (Km)		29.825

**Tabla 18**

Determinación de distancia virtual de transporte

Distancia real en (km)	Coefficiente de conversión	Distancia Virtual en (km)
13.575	1.4	19.005
16.25	1.4	22.75
Distancia virtual (Km)		41.755

**Tabla 19**

Cálculo de flete

Vehículo tipo	C2					
Capacidad de carga:	10000	Kg				
RUTA	Cost. Normal (Nov- 2002)	Cost. FRV (Nov-2002)	Cost. Total (Nov- 2002)	COST S//Kg (Nov- 2002)	Fact. Act.	Costo Soles/Kg (marzo-2024)
Chachapoyas - Vía Luya Ocúmal	347.2	0	347.2	0.035	1.5278	0.0530

Calculamos el presupuesto de Ceniza para 1 Km de carretera:

1°) Cálculo del volumen de suelo a utilizar por cada metro lineal de carretera de 3.20m de calzada y de 15 cm de espesor.

$$V = 1 \times 3.20 \times 0.15 = 0.48 \text{ m}^3$$

2°) Calculo del volumen de ceniza requerido para 1 m de carretera y 20% de concentración.

$$V_C = 0.48 \times 0.2 = 0.096 \text{ m}^3.$$

3°) Cálculo de la cantidad de ceniza requerida en Kg, si se sabe que en un m<sup>3</sup> de ceniza pesa 400 Kg en promedio.

$$P = 0.096 \times 400 = 38.4 \text{ Kg.}$$

4°) Cálculo del costo de la ceniza en 1 Km de carretera, si cada Kg cuesta S/0.10.

$$C = 0.1 \times 38.4 \times 1000 = S/3840.$$

5°) Calculo del flete

$$F = 38400 \times 0.053 = 2035.2$$

Costo Total de la CC puesto en obra:  $3840 + 2035.2 = \mathbf{S/5875.20}$ .

#### IV. DISCUSIÓN

- Goñas, (2019). En su investigación: *“Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada”*. Los resultados encontrados por este investigador fueron que las cenizas de carbón mejoran el CBR de la mezcla de suelo alcanzando valores de 3.5% y 3.7%, estos valores no superan el valor mínimo de 6% indicado en el manual del MTC. Esto difiere con lo encontrado en esta investigación, ya que el aumento que se obtuvo con respecto al CBR fue medianamente significativo, con valores que oscilan entre 17.0% y 22.7%.
- Maquera y Aquino, (2021). En su investigación: *“Estabilización de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno – 2021”* Encontraron que al agregar cal y ceniza volantes como aditivos se ve un incremento en la máxima densidad seca del suelo de un 4.04% respecto a lo inicial y un incremento del CBR en 59% respecto a lo inicial. En cuanto a máxima densidad seca, esto difiere con lo encontrado en nuestra investigación, ya que la adición de ceniza de carbón disminuye la máxima densidad seca en un 15.81% respecto a la muestra base sin aditivo. En lo que concierne a CBR se coincide con lo encontrado por estos autores, ya que el CBR en nuestro caso tuvo un incremento de 69.6% con la adición del 20% ceniza de carbón.
- Valdivia y Quijano, (2021). En su investigación: *“Estabilización de subrasante adicionando ceniza de carbón y tusa de maíz en trocha carrozable Lomaspatá -*

*Coracora, distrito Coracora, Ayacucho - 2021*". Obtuvieron como resultados que, al agregar ceniza de carbón y tusa, el CBR tiene un incremento desde 7.5% en estado base hasta 8.2% con 25% de ceniza de carbón y tusa. Esto coincide con los hallazgos de nuestra investigación, en la cual también el CBR se vió incrementado al adicionar la ceniza de carbón, pasando de 6.9% hasta 22.7% y de 5.8% a 17.0%, en las calicatas C-01 y C-02 respectivamente.

## **V. CONCLUSIONES**

- La adición de ceniza de carbón a un suelo en proporciones de 15%, 20% y 25% ocasiona un incremento en sus propiedades tanto físicas como mecánicas.
- En la calicata C-01, se observa que el CBR al 95% en estado natural es de 6.9% y al adicionar un 20% de ceniza de carbón este aumenta a 22.7%, esto representa un incremento del 69.6% respecto al CBR en estado base. En cuanto a la calicata C-02, se observa que el CBR al 95% en estado natural es de 5.8% y al adicionar un 20% de ceniza de carbón este aumenta a 16.4%, constatamos que, como resultado del análisis estadístico, la concentración 3 (20% de aditivo) nos arroja una media de 19.55 CBR, siendo esto el valor más alto. Así se puede concluir que en cuanto a CBR, la dosificación más conveniente es adicionar 20% del aditivo propuesto a la mezcla de suelo.
- En la primera calicata, al incluir el aditivo en un 15% se obtiene un OCH de 15.66 y una MDS de 1.694, a una dosificación CC de 20% se tiene un OCH de 19.82% y MDS de 1.630 y a una dosificación del 25% se tiene un OCH de 22.27 y MDS de 1.581 En la calicata C-02, al adicionar ceniza de carbón a un 15% se obtiene un OCH de 16.14% y una MDS de 1.700, a una dosificación CC de 20% se tiene un OCH de 17.77% y MDS de 1.686 y a una dosificación del 25% se tiene un OCH de 18.53% y MDS de 1.654. En cuanto a CBR en la calicata C-01 en estado natural se tiene un CBR de 6.9% y al adicionar 20% de ceniza de carbón se obtuvo 22.7% y en la calicata C-02 en estado natural se tiene un CBR de 8.2% y a una dosificación del 25% se obtiene un CBR del 17.0%.

## **VI. RECOMENDACIONES**

*A la casa superior de estudios: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas:*

- Incentivar la investigación de mejoramiento de estabilización de suelos con diferentes materiales y en distintos lugares de nuestro departamento de Amazonas.

*A los estudiantes que realicen investigaciones en este mismo rubro:*

- Se recomienda en caso de realizar investigaciones con un aditivo, el investigar el origen de dicho aditivo y sus componentes primarios son adecuados y no alteran su función.
- Se recomienda realizar un muestreo y trabajos de laboratorio secuenciado y ordenado. Etiquetando cada muestra y ensayo, esto con la finalidad de evitar confusión en las muestras y procesamiento de datos.
- Se recomienda no realizar los muestreos y ensayos de laboratorio solos, sino con la asesoría y guía del técnico o experto de laboratorio, evitando de esta manera errores típicos de principiante en los ensayos.
- Determinar la viabilidad económica de los aditivos investigados con respecto a una estabilización clásica.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, C. (2018). *Estudio De Estructuras De Albañilería Confinada Con Perfiles De Acero En Chile* (Tesis de pregrado). Universidad de Chile: Chile. Recuperado de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/159577>
- Almonacid, I. M. (2019). Estabilización de la subrasante mediante cal y ceniza de quinua en suelos del centro poblado viñas, Tayacaja, Huancavelica (Tesis título). Huancayo, Perú.
- Bueno, J. A., & Torre, H. D. (2019). Mejoramiento de la estabilidad del suelo con cenizas de carbón con fines de pavimentación en el barrio del Pinar, Independencia, Huaraz - 2018(Tesis Título). Huaraz, Perú.
- Cabrera, J. I., & Paredes, J. N. (2018). Estabilización de suelos con cenizas de carbón mineral con fines de pavimentación en el centro poblado de Cascajal izquierdo, Provincia de Santa – Ancash - 2018(Tesis título). Ancash, Perú.
- Cañar, E. S. (2017). Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón (Tesis título). Ambato, Ecuador.
- Carrasco, M. D. (2021). Uso de las cenizas de carbón para la estabilización del suelo en trocha carrozable de Pampahura Apurímac, 2021(Tesis título). Apurímac, Perú.
- Casas, J. S. (2020). Ceniza de carbón mineral para estabilización de suelos cohesivos en subrasante (Tesis título). Huancayo, Perú.
- Cubas, K., & Chávez, J. C. (2016). Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas (Tesis título). Pimentel, Perú.
- Goñas, O. (2019). Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada (Tesis título). Chachapoyas, Perú.
- Huamán, L. S. (2020). Estabilización de suelos arcillosos con mucilago de penca de tuna y ceniza de madera, en la carretera Cangari, Ayacucho,2020(Tesis título). Ayacucho: Perú.

Morales, D. (2015). Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas (Tesis título). Medellín, Colombia.

Valdivia, F. A., & Quijano, D. M. (2021). Estabilización de subrasante adicionando ceniza de carbón y tusa de maíz en trocha carrozable Lomaspata - Coracora, distrito Coracora, Ayacucho - 2021(Tesis título). Ayacucho, Perú.

## VIII. ANEXOS

### 8.1. Panel fotográfico



**FOTO 01.** Excavación de calicata y toma de muestra



**FOTO 02.** Cuarteo manual de muestra



**FOTO 03.** Tamizado de muestra para Límites de Atterberg



**FOTO 04.** Peso material para contenido humedad natural



**FOTO 05.** Ensayo de límites de Atterberg en la Casuela de Casa Grande



**FOTO 06.** Ensayo de límite plástico



**FOTO 07.** Proceso de tamizado en tamizadora eléctrica, para granulometría



**FOTO 08.** Lavado de muestra



**FOTO 09.** Tamizado de material para ensayos de Proctor y CBR



**FOTO 10.** Adición de ceniza de carbón a la muestra.



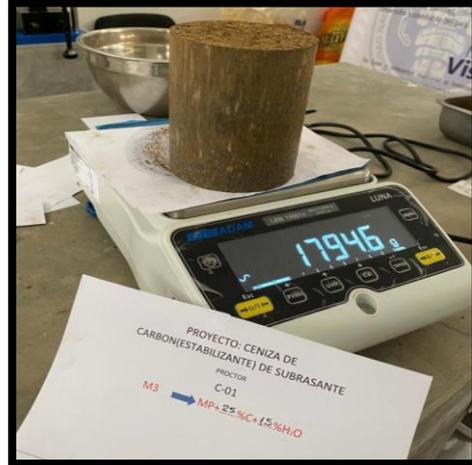
**FOTO 11.** Mescla y adición de diferentes % de agua para determinar óptimo contenido de humedad



**FOTO 12.** Proceso de ensayo de Proctor, considerando 5 capas de 25 golpes cada una



**FOTO 13.** Enrasado de molde de Proctor Modificado (muestra natural)



**FOTO 14.** Pesado de muestra, ensayo proctor(muestra natural + 25% ceniza)



**FOTO 15.** Secado de muestras de Proctor en horno a 110°, durante 24hrs



**FOTO 16.** Rasado de molde CBR de 25 golpes-calicata 2, con 25% adición de ceniza



**FOTO 17.** Control y lectura de dial de expansión en los moldes de CBR sumergidos en agua durante 4 días



**FOTO 18.** Ensayo de penetración para CBR

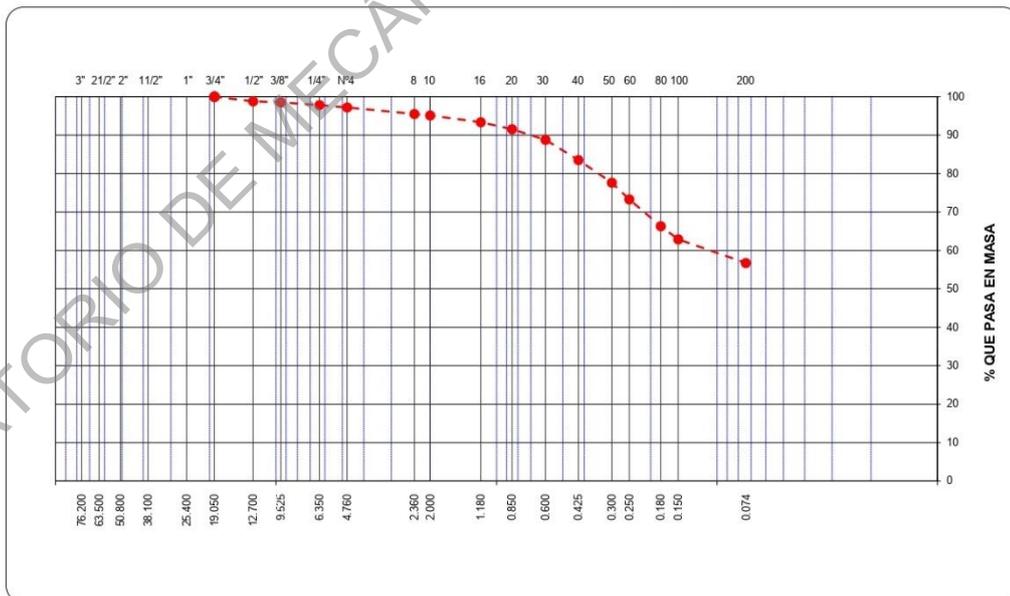


8.2. Resultados del estudio de mecánica de suelos

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS						
FORMATO						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)						
Tesis: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"					Código Ensayo N° : F-01 001 - 2023	
Solicitante: LENIN SALAZAR CHÁVEZ						
Procedencia: HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA		Calicata: CALICATA 01			Tec. Responsable 1: E.Ordoñez S.	
Ceniza: 0% (Natural)		Profundidad: 1.50 Mts		Fecha: 06/03/2023		Tec. Responsable 2: F.Gallardo M.

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Masa Retenida	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
4"	101.600						<b>1. Masa de Material</b>
3"	76.200						Masa Inicial Total (kg) <b>900.0</b>
2 1/2"	63.500						Masa Fracción Fina Para Lavar (g) <b>0.0</b>
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						<b>2. Características</b>
1"	25.400						Tamaño Máximo <b>3/4"</b>
3/4"	19.050				100		Tamaño Máximo Nominal <b>1/2"</b>
1/2"	12.700	<b>10.93</b>	1.2	1	99		Grava (%) <b>2.8</b>
3/8"	9.525	<b>2.07</b>	0.2	1	99		Arena (%) <b>40.5</b>
1/4"	6.350	<b>6.57</b>	0.7	2	98		Finos (%) <b>56.7</b>
N° 4	4.760	<b>5.50</b>	0.6	3	97		Modulo de Finezza (%)
N° 8	2.360	<b>15.23</b>	1.7	4.5	95.5		
N° 10	2.000	<b>3.58</b>	0.4	4.9	95.1		
N° 16	1.180	<b>16.15</b>	1.8	6.7	93.3		<b>3. Clasificación</b>
N° 20	0.850	<b>16.17</b>	1.8	8.5	91.5		Limite Líquido (%) <b>36.0</b>
N° 30	0.600	<b>24.87</b>	2.8	11.2	88.8		Limite Plástico (%) <b>20.0</b>
N° 40	0.425	<b>47.25</b>	5.3	16.5	83.5		Índice de Plasticidad (%) <b>16.0</b>
N° 50	0.300	<b>52.88</b>	5.9	22.4	77.7		Clasificación SUCS <b>CL</b>
N° 60	0.250	<b>39.12</b>	4.4	26.7	73.3		Clasificación AASHTO <b>A-6 (7)</b>
N° 80	0.180	<b>63.22</b>	7.0	33.7	66.3		
N° 100	0.150	<b>30.36</b>	3.4	37.1	62.9		
N° 200	0.074	<b>55.53</b>	6.2	43.3	56.7		
Pasante		<b>510.57</b>	56.7	100.0			<b>5. Observaciones (Fuente de Normalización)</b>
							Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013)



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
 Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio



<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>			
(MTC E-108 / ASTM D-2216)			
Tesis:	"APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"	Código Ensayo N°:	F-01 001 - 2023
Solicitante:	LENIN SALAZAR CHÁVEZ		
Procedencia:	HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA	Calicata:	CALICATA 01
Ceniza:	0% (Natural)	Profundidad:	1.50 Mts
		Fecha:	06/03/2023
		Tec. Responsable 1:	E.Ordoñez S.
		Tec. Responsable 2:	F.Gallardo M.

**1. Contenido de Humedad Muestra Integral:**

Descripción	19	
Masa de tara (g)	661.5	
Masa de la tara + muestra húmeda (g)	4986.5	
Masa de la tara + muestra seca (g)	4180.2	
Masa del agua contenida (g)	806.3	
Masa de la muestra seca (g)	3518.8	
Contenido de Humedad (%)	22.9	
Contenido de Humedad Promedio (%)	22.9	

**2. Contenido de Humedad Muestra (Grava Mayor a 3/4") :**

Descripción	1	3
Masa de tara (g)		
Masa de la tara + muestra húmeda (g)		
Masa de la tara + muestra seca (g)		
Masa del agua contenida (g)		
Masa de la muestra seca (g)		
Contenido de Humedad (%)		
Contenido de Humedad Promedio (%)		

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Edgar Leonardo Ordoñez Serván*  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Freddy Luis Gallardo Melendez*  
 Técnico en Laboratorio



<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>PESO VOLUMÉTRICO DE SUELO COHESIVO</b>			
(NTP - 339.139)			
Proyecto: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"		Código Ensayo N°: F-053 001 - 2021	
Solicitante: LENIN SALAZAR CHÁVEZ			
Procedencia: HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA	Calicata: CALICATA 01	Tec. Responsable 1: E.Ordoñez S.	
Ceniza: 0% (Natural)	Profundidad: 1.50 Mts	Fecha: 06/03/2023	Tec. Responsable: F.Gallardo M.

**1.PESO VOLUMÉTRICO DE SUELO COHESIVO**

Descripción	Unidad	1	2
PESO DEL SUELO HÚMEDO	g	147.18	145.60
PESO DE LA PARAFINA MAS SUELO HUMEDO	g	150.35	150.92
PESO DE LA PARAFINA	g	3.17	5.24
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA	g/cm³	0.92	0.92
VOLUMEN DE LA PARAFINA	cm³	3.45	5.70
PESO SUMERGIDO DE PARAFINA MÁS SUELO HÚMEDO	g	75.60	67.20
VOLUMEN DE PARAFINA MÁS SUELO HÚMEDO	cm³	74.75	83.72
VOLUMEN DE SUELO HÚMEDO	cm³	71.30	78.02
PESO VOLUMÉTRICO DE SUELO COHESIVO HÚMEDO	g/cm³	2.06	1.87
<b>PESO VOLUMÉTRICO DE SUELO COHESIVO PROMEDIO</b>	<b>g/cm³</b>	<b>1.970</b>	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	22.9	
<b>PESO VOLUMÉTRICO DE SUELO COHESIVO SECO</b>	<b>g/cm³</b>	<b>1.6</b>	

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
 SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*[Firma]*

-----  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE  
 SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*[Firma]*

-----  
 Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

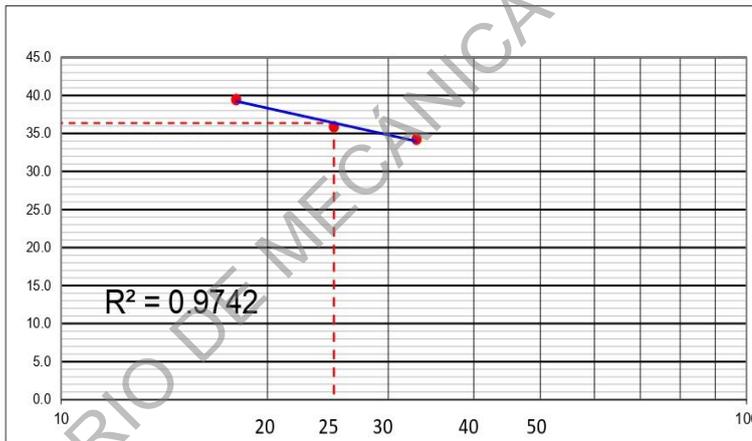
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>			
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)			
<b>Tesis:</b> "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022" <b>Solicitante:</b> LENIN SALAZAR CHÁVEZ		<b>Código Ensayo N°:</b> F-01 001 - 2023	
<b>Procedencia:</b> HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA <b>Ceniza:</b> 0% (Natural)	<b>Calicata:</b> CALICATA 01 <b>Profundidad:</b> 1.50 Mts <b>Fecha:</b> 07/03/2023		<b>Tec. Responsable 1:</b> E.Ordoñez S. <b>Tec. Responsable 2:</b> F.Gallardo M.

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO**

N° de Tarro		58	65	120	
Masa de Tarro + Suelo Humedo	g	30.42	31.07	32.15	
Masa de Tarro + Suelo Seco	g	27.72	28.41	29.28	
Masa de Tarro	g	20.88	21.00	20.90	
Masa de Agua	g	2.70	2.66	2.87	
Masa del Suelo Seco	g	6.84	7.41	8.38	<b>Límite Líquido</b>
Contenido de Humedad	%	39.47	35.90	34.25	<b>36.0</b>
Numero de Golpes		18	25	33	

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E INDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		233	277	
Masa de Tarro + Suelo Humedo	g	19.15	19.24	
Masa de Tarro + Suelo seco	g	17.88	17.95	
Masa de Tarro	g	11.50	11.50	
Masa de Agua	g	1.27	1.29	
Masa de Suelo seco	g	6.38	6.45	<b>Límite Plástico</b>
Contenido de Humedad	%	19.91	20.00	<b>20.0</b>



Constantes Físicas de la Muestra	
Límite Líquido	<b>36.0</b>
Límite Plástico	<b>20.0</b>
Índice de Plasticidad	<b>16.0</b>
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

*Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.*

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Edgar Leonardo Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Freddy Luis Gallardo Melendez**  
 Técnico en Laboratorio

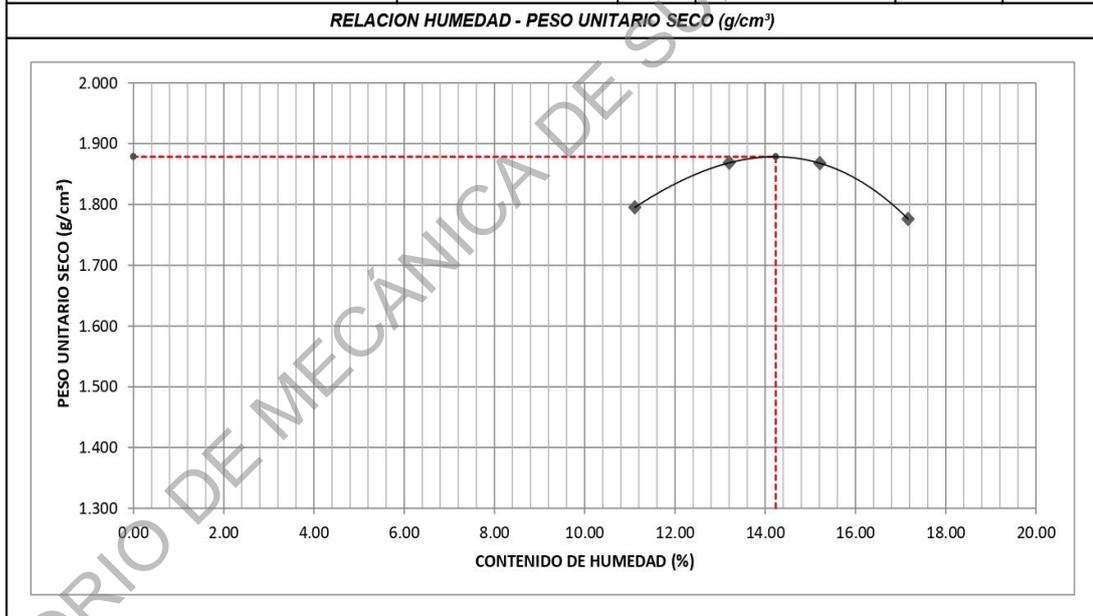


**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Tesis: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"		Código Ensayo N° : F-01 001 - 2023	
Solicitante: LENIN SALAZAR CHÁVEZ			
Procedencia: HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA	Calicata: CALICATA 01	Tec. Responsable 1: E.Ordoñez S.	
Ceniza: 0% (Natural)	Profundidad : 1.50 Mts	Fecha : 14/03/2023	Tec. Responsable 2: F.Gallardo M.

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	935.43	cm³	N° de capas	5	
	Metodo	A	B	C	Masa de molde	1942.5	g	N° de golpes	25 GIp	
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>					1	2	3	4		
Masa Suelo + Molde					g	3,810	3,921	3,956	3,879	
Masa Suelo Humedo Compactado					g	1,862	1,979	2,013	1,942	
Masa Volumetrico Humedo					g	1,995	2,115	2,152	2,081	
Recipiente Numero						44	125	17	18	
Masa Suelo Humedo + Tara					g	1,964.8	2,020.6	1,978.9	1,923.2	
Masa Suelo Seco + Tara					g	1,768.3	1,784.9	1,717.6	1,641.4	
Masa de la Tara					g	0.0	0.0	0.0	0.0	
Masa del agua					g	196.5	235.7	261.3	281.8	
Masa del suelo seco					g	1,768	1,785	1,718	1,641	
Contenido de agua					%	11.11	13.21	15.21	17.17	
Peso Unitario Seco (g/cm³)					(g/cm³)	1.795	1.869	1.868	1.776	

RESULTADOS					
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.878	(g/cm³)	Humedad óptima	14.23	%



Observaciones: Muestra extraida e identificada por el SOLICITANTE.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Edgar Leonor Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Freddy Luis Gallardo Melendez**  
 Técnico en Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>															
FORMATO															
<b>RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>															
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)															
<b>Tesis:</b> "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"								<b>Código Ensayo N°:</b> F-01 001 - 2023							
<b>Solicitante:</b> LENIN SALAZAR CHÁVEZ															
<b>Procedencia:</b> HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA			<b>Calicata:</b> CALICATA 01			<b>Tec. Responsable 1</b> E.Ordoñez S.									
<b>Ceniza:</b> 0% (Natural)			<b>Profundidad:</b> 1.50 Mts			<b>Fecha:</b> 27/03/2023			<b>Tec. Responsable 2</b> F.Gallardo M.						
<b>CALCULO DEL CBR</b>															
Molde N°	1			2			3								
Capas N°	5			5			5								
Golpes por capa N°	56			25			12								
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO				
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	9116.3		9211.1		8886.4		9069.1		8590.2		8843.0				
Masa de molde (g)	4557.6		4557.6		4606.0		4606.0		4497.2		4497.2				
Masa del suelo húmedo (g)	4558.7		4653.5		4280.4		4463.1		4093.1		4345.9				
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2125.0		2125.0		2098.0		2098.0		2118.0		2118.0				
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.145		2.190		2.040		2.127		1.933		2.052				
Tara (N°)	521		17		666		72		4		42				
Masa suelo húmedo + tara (g)	1.968.8		4.617.0		1.706.4		4.451.5		1.804.3		4.236.8				
Masa suelo seco + tara (g)	1.751.2		3.976.9		1.522.5		3.746.0		1.611.9		3.554.2				
Masa de tara (g)	223.4		0.0		229.4		0.0		263.2		0.0				
Masa de agua (g)	217.6		640.1		183.9		705.5		192.4		682.6				
Masa de suelo seco (g)	1527.8		3976.9		1293.1		3746.0		1348.7		3554.2				
Contenido de humedad (%)	14.24		16.09		14.22		18.83		14.26		19.20				
Peso Unitario Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.878		1.886		1.786		1.790		1.691		1.721				
<b>EXPANSION</b>															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				mm	%		mm	%		mm	%				
23/03/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000				
24/03/23	12:30	24	196	4.978	4.329	223	5.664	4.925	289	7.341	6.383				
25/03/23	12:30	48	248	6.299	5.478	289	7.341	6.383	321	8.153	7.090				
26/03/23	12:30	72	298	7.569	6.582	343	8.712	7.576	361	9.169	7.973				
27/03/23	12:30	96	313	7.950	6.913	371	9.423	8.194	389	9.881	8.592				
<b>PENETRACIÓN</b>															
PENETRACIÓN		CARGA		MOLDE N°		M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03	
		STAND.	CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN		
mm	pulg.	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		92.8	92.9			10.2	10.3			3.1	3.1			
1.270	0.050		154.0	154.1			35.7	35.8			17.3	17.4			
1.905	0.075		172.3	172.4			59.1	59.2			49.0	49.0			
2.540	0.100	70.455	182.5	182.6	-	12.9	85.7	85.7	98	6.9	69.3	69.4	-	4.9	
3.810	0.150		242.7	242.8			139.7	139.8			95.9	95.9			
5.080	0.200	105.68	293.7	293.8	-	13.9	183.6	183.6	196	9.2	136.6	136.7	-	6.5	
6.350	0.250		333.4	333.5			245.8	245.8			171.3	171.4			
7.620	0.300		365.1	365.1			280.4	280.5			198.8	198.9			
10.160	0.400		394.6	394.7			328.6	328.6			223.3	223.4			
12.700	0.500		464.0	464.0			375.3	375.3			284.4	284.5			

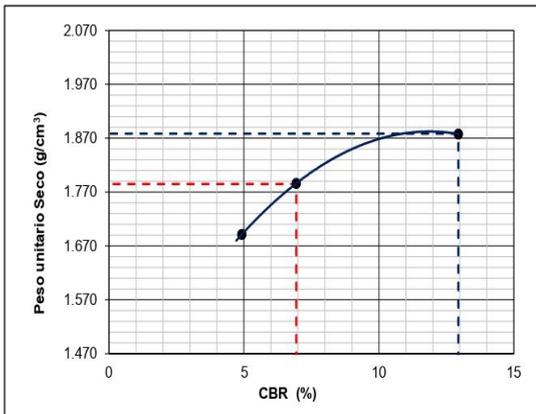
Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Edgar Leonardo Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Freddy Luis Gallardo Melendez**  
 Técnico en Laboratorio



<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Tesis: <b>"APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"</b>		Código Ensayo N° : <b>F-01 001 - 2023</b>	
Solicitante: <b>LENIN SALAZAR CHÁVEZ</b>			
Procedencia: <b>HUAYLLA BELEN - COLCACAMA - LUYA</b>		Calicata: <b>CALICATA 01</b>	
Ceniza: <b>0% (Natural)</b>		Profundidad : <b>1.50 Mts</b> Fecha : <b>27/03/2023</b>	
Tec. Responsable 1: <b>E.Ordoñez S.</b>		Tec. Responsable 2: <b>F.Gallardo M.</b>	
<b>REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR</b>			



<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-180
PESO UNITARIO SECO	: 1.878
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 14.23
95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)	: 1.785

<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 12.9 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 6.9 %

**OBSERVACIONES:**

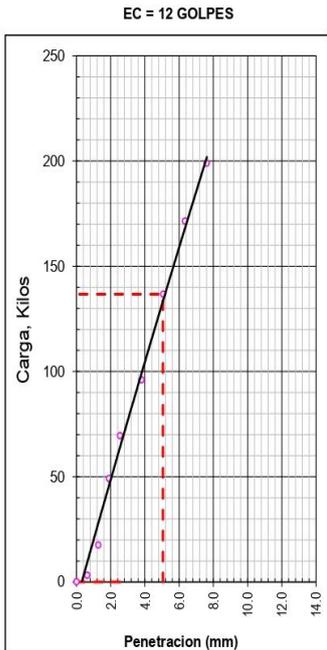
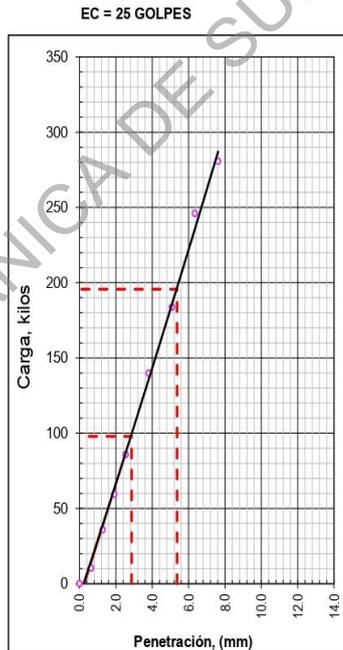
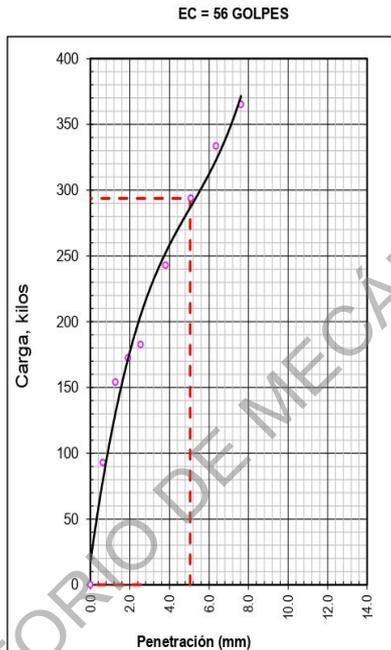
---



---



---



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Edgar Leonardo Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Freddy Luis Gallardo Melendez**  
 Técnico en Laboratorio

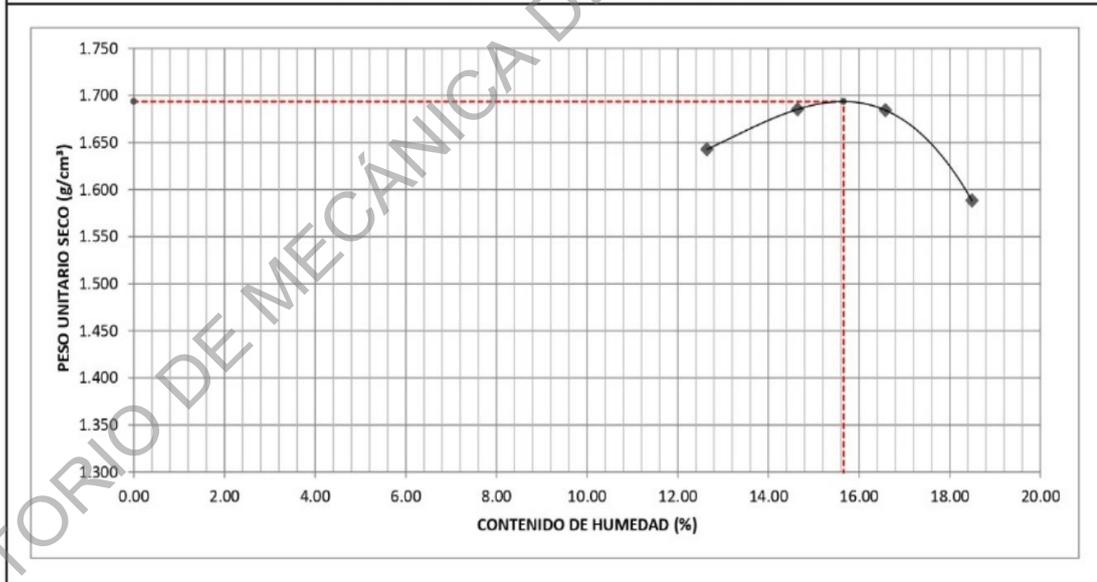


<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Tesis: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"		Código Ensayo N° : F-02 001 - 2023	
Solicitante: LENIN SALAZAR CHÁVEZ			
Procedencia: HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA	Calicata: CALICATA 01	Tec. Responsable 1: E.Ordoñez S.	
Ceniza: 15%	Profundidad : 1.50 Mts	Fecha : 16/03/2023	Tec. Responsable 2: F.Gallardo M.

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	935.43	cm³	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Masa de molde	1942.5	g	N° de golpes	25 Glp
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>					1	2	3	4	
Masa Suelo + Molde	g				3,676	3,750	3,779	3,693	
Masa Suelo Humedo Compactado	g				1,727	1,807	1,837	1,757	
Masa Volumetrico Humedo	g				1,850	1,932	1,964	1,882	
Recipiente Numero					1	5	3	14	
Masa Suelo Humedo + Tara	g				1,885.1	1,912.3	1,901.0	1,887.7	
Masa Suelo Seco + Tara	g				1,673.5	1,668.0	1,630.6	1,593.1	
Masa de la Tara	g				0.0	0.0	0.0	0.0	
Masa del agua	g				211.6	244.3	270.4	294.6	
Masa del suelo seco	g				1,674	1,668	1,631	1,593	
Contenido de agua	%				12.64	14.65	16.58	18.49	
Peso Unitario Seco (g/cm³)	(g/cm³)				1.643	1.685	1.684	1.588	

RESULTADOS				
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.694	(g/cm³)	Humedad óptima	15.66 %

**RELACION HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO (g/cm³)**



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*[Signature]*  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*[Signature]*  
 Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>															
FORMATO															
<b>RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>															
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)															
Tesis: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"										Código Ensayo N°: F-02 001 - 2023					
Solicitante: LENIN SALAZAR CHÁVEZ										Tec. Responsable 1 E. Ordoñez S.					
Procedencia: HUAYLLA BELEN - COLCAGAR - LUYA				Calicata: CALICATA 01				Tec. Responsable 2 F. Gallardo M.							
Ceniza: 15%				Profundidad: 1.50 Mts		Fecha: 27/03/2023									
<b>CALCULO DEL CBR</b>															
Molde N°	5					6					4				
Capas N°	5					5					5				
Golpes por capa N°	56					25					12				
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO				
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8355.3		8534.3		8093.4		8444.4		8294.0		8705.6				
Masa de molde (g)	4194.9		4194.9		4193.0		4193.0		4553.5		4553.5				
Masa del suelo húmedo (g)	4160.5		4339.5		3900.4		4251.4		3740.5		4152.1				
Volumen del molde (cm3)	2123.0		2123.0		2096.0		2096.0		2123.0		2123.0				
Densidad húmeda (g/cm3)	1.960		2.044		1.861		2.028		1.762		1.956				
Tara (N°)	521		17		666		72		4		42				
Masa suelo húmedo + tara (g)	2,264.3		4,305.7		2,466.0		4,218.8		2,236.4		4,118.6				
Masa suelo seco + tara (g)	1,987.2		3,613.1		2,162.2		3,454.4		1,969.4		3,305.7				
Masa de tara (g)	218.7		0.0		220.0		0.0		263.2		0.0				
Masa de agua (g)	277.1		692.6		303.8		764.4		267.0		812.9				
Masa de suelo seco (g)	1768.5		3613.1		1942.2		3454.4		1706.2		3305.7				
Contenido de humedad (%)	15.67		19.17		15.64		22.13		15.65		24.59				
Peso Unitario Seco (g/cm²)	1.694		1.715		1.609		1.661		1.523		1.570				
<b>EXPANSION</b>															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				mm	%		mm	%		mm	%				
23/03/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000				
24/03/23	12:30	24	98	2.489	2.165	108	2.743	2.385	134	3.404	2.960				
25/03/23	12:30	48	106	2.692	2.341	127	3.226	2.805	152	3.861	3.357				
26/03/23	12:30	72	147	3.734	3.247	159	4.039	3.512	189	4.801	4.174				
27/03/23	12:30	96	176	4.470	3.887	192	4.877	4.241	213	5.410	4.705				
<b>PENETRACIÓN</b>															
PENETRACIÓN		CARGA		MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-06		MOLDE N°		M-04	
		STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	Dial (div)	kg	CORRECCIÓN		
mm	pulg.	kg/cm2	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	kg	%	
0.000	0.000		0	0		0	0			0	0				
0.635	0.025		115.2	115.3		18.4	18.4			7.1	7.2				
1.270	0.050		336.5	336.6		64.2	64.3			33.7	33.7				
1.905	0.075		420.1	420.2		140.7	140.8			69.3	69.4				
2.540	0.100	70.455	509.9	509.9	-	36.1	205.2	205.2	-	14.5	102.0	102.1	-	7.2	
3.810	0.150		700.5	700.6			344.7	344.7			129.5	129.6			
5.080	0.200	105.68	824.9	825.0	-	39.0	401.6	401.6	-	19.0	171.2	171.3	-	8.1	
6.350	0.250		898.4	898.4			456.8	456.9			208.0	208.1			
7.620	0.300		920.8	920.9			511.9	512.0			251.9	252.0			
10.160	0.400		1019.7	1019.8			592.5	592.5			304.9	305.0			
12.700	0.500		1121.7	1121.8			667.9	668.0			327.3	327.4			

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**

*Edgar Leonardo Ordoñez Serván*  
Asistente Técnico Académico del Laboratorio

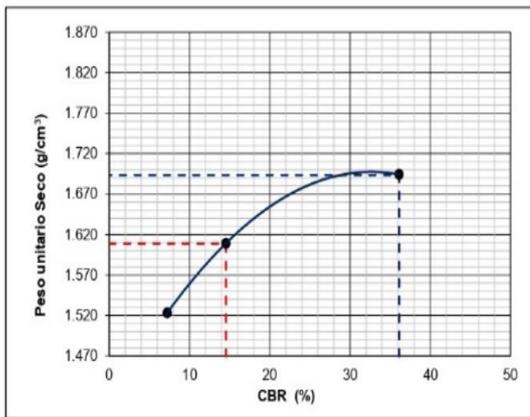
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**

*Freddy Luis Gallardo Melendez*  
Técnico en Laboratorio



<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Tesis: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"		Código Ensayo N° : F-02 001 - 2023	
Solicitante: LENIN SALAZAR CHÁVEZ			
Procedencia: HUAYLLA BELEN - CULCAMA - LUYA	Calicata: CALICATA 01	Tec. Responsable 1: E.Ordoñez S.	
Ceniza: 15%	Profundidad: 1.50 Mts	Fecha: 27/03/2023	Tec. Responsable 2: F.Gallardo M.

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**



<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-180
PESO UNITARIO SECO	: 1.694
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 15.66
95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)	: 1.609

<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 36.1 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 14.5 %

OBSERVACIONES:

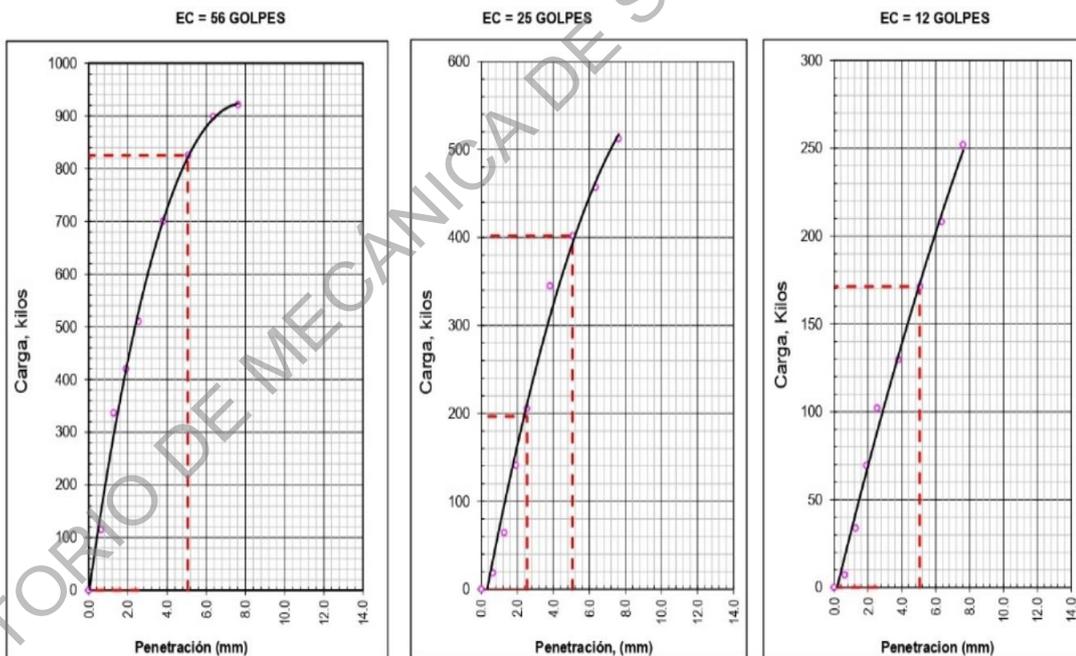
---



---



---



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*[Signature]*  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

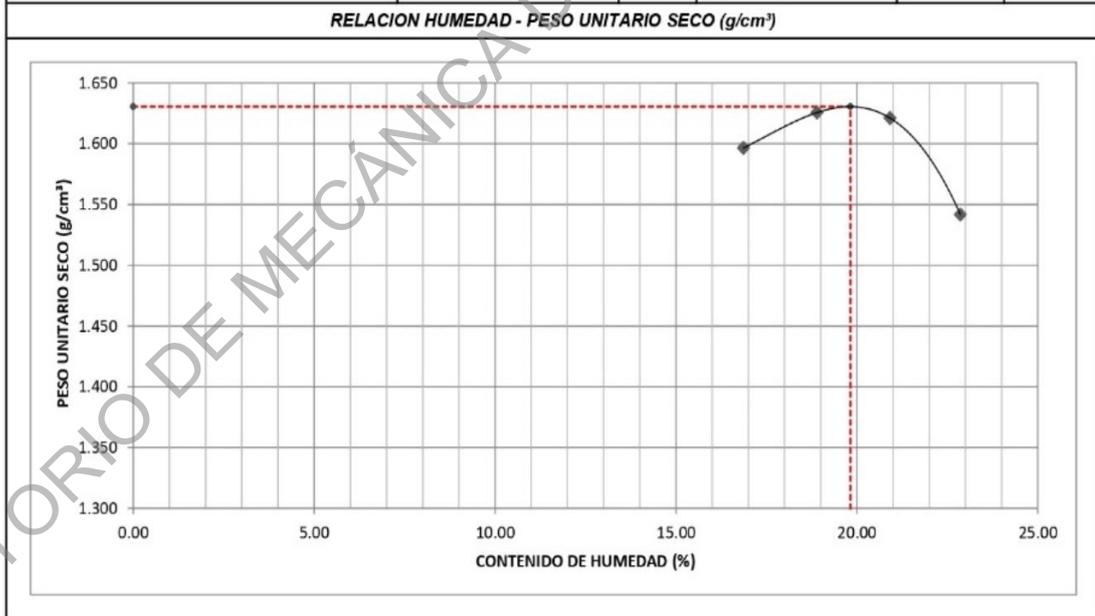
*[Signature]*  
 Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Tesis: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"		Código Ensayo N° : F-03 001 - 2023	
Solicitante: LENIN SALAZAR CHÁVEZ			
Procedencia: HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA	Calicata: CALICATA 01	Tec. Responsable 1: E.Ordoñez S.	
Ceniza: 20%	Profundidad: 1.50 Mts	Fecha: 16/03/2023	Tec. Responsable 2: F.Gallardo M.

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	935.43	cm³	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Masa de molde	1942.5	g	N° de golpes	25 G/p
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>					1	2	3	4	
Masa Suelo + Molde					g	3,690	3,751	3,776	3,705
Masa Suelo Humedo Compactado					g	1,742	1,808	1,834	1,768
Masa Volumetrico Humedo					g	1,866	1,933	1,960	1,894
Recipiente Numero						7	9	11	13
Masa Suelo Humedo + Tara					g	1,845.3	1,895.7	1,870.6	1,838.9
Masa Suelo Seco + Tara					g	1,579.0	1,594.4	1,547.0	1,496.7
Masa de la Tara					g	0.0	0.0	0.0	0.0
Masa del agua					g	266.3	301.3	323.6	342.2
Masa del suelo seco					g	1,579	1,594	1,547	1,497
Contenido de agua					%	16.87	18.90	20.92	22.86
Peso Unitario Seco (g/cm³)					(g/cm³)	1.596	1.626	1.621	1.542

RESULTADOS					
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.630	(g/cm³)	Humedad óptima	19.82	%



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Edgar Leonardo Ordoñez Serván*  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Freddy Luis Gallardo Melendez*  
 Técnico en Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>															
FORMATO															
<b>RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>															
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)															
Tesis: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"										Código Ensayo N° : F-03 001 - 2023					
Solicitante: LENIN SALAZAR CHÁVEZ															
Procedencia: HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA					Calicata: CALICATA 01					Tec. Responsable 1 E.Ordoñez S.					
Ceniza: 20%					Profundidad : 1.50 Mts					Fecha : 03/04/2023					
<b>CALCULO DEL CBR</b>															
Molde N°	8					7					9				
Capas N°	5					5					5				
Golpes por capa N°	56					25					12				
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO			NO SATURADO		SATURADO			NO SATURADO		SATURADO		
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8315.3		8392.5			8125.9		8266.9			7918.0		8183.0		
Masa de molde (g)	4182.5		4182.5			4187.1		4187.1			4190.6		4190.6		
Masa del suelo húmedo (g)	4132.8		4210.0			3938.8		4079.8			3727.4		3992.4		
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2115.0		2115.0			2123.0		2123.0			2123.0		2123.0		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.954		1.991			1.855		1.922			1.756		1.881		
Tara (N°)	521		17			666		72			4		42		
Masa suelo húmedo + tara (g)	2,445.9		4,190.0			2,230.3		4,079.6			1,804.3		4,236.8		
Masa suelo seco + tara (g)	2,078.9		3,454.2			1,898.2		3,332.4			1,549.3		3,395.6		
Masa de tara (g)	230.3		0.0			222.9		0.0			263.2		0.0		
Masa de agua (g)	367.0		735.8			332.1		747.2			255.0		841.2		
Masa de suelo seco (g)	1848.6		3454.2			1675.3		3332.4			1286.1		3395.6		
Contenido de humedad (%)	19.85		21.30			19.82		22.42			19.83		24.77		
Peso Unitario Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.630		1.641			1.548		1.570			1.465		1.507		
<b>EXPANSIÓN</b>															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				mm	%		mm	%		mm	%				
30/03/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000				
31/03/23	12:30	24	12	0.305	0.265	9	0.229	0.199	8	0.203	0.177				
01/04/23	12:30	48	19	0.483	0.420	14	0.356	0.309	10	0.254	0.221				
02/04/23	12:30	72	28	0.711	0.618	19	0.483	0.420	15	0.381	0.331				
03/04/23	12:30	96	36	0.914	0.795	21	0.533	0.464	17	0.432	0.375				
<b>PENETRACIÓN</b>															
PENETRACIÓN		CARGA		MOLDE N°		M-08		MOLDE N°		M-07		MOLDE N°		M-09	
		STAND.	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN					
mm	pulg.	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		120.3	120.4			63.2	63.3			30.6	30.7			
1.270	0.050		308.0	308.0			131.3	131.4			79.5	79.6			
1.905	0.075		387.5	387.6			209.5	209.5			149.9	150.0			
2.540	0.100	70.455	441.1	441.2	-	31.3	320.0	320.1	-	22.7	206.3	206.4	-	14.6	
3.810	0.150		560.8	560.9			435.4	435.5			308.3	308.3			
5.080	0.200	105.68	716.4	716.5	-	33.9	601.3	601.4	-	28.4	401.9	401.9	-	19.0	
6.350	0.250		830.0	830.1			719.7	719.8			491.5	491.6			
7.620	0.300		934.1	934.1			813.7	813.8			526.2	526.3			
10.160	0.400		1030.9	1031.0			892.2	892.3			691.4	691.4			
12.700	0.500		1196.1	1196.2			971.8	971.9			770.9	771.0			

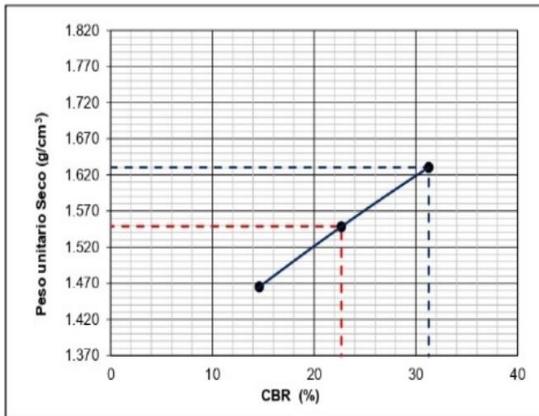
Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Edgar Leonardo Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Freddy Luis Gallardo Melendez**  
 Técnico en Laboratorio



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Tesis: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"		Código Ensayo N° : F-03 001 - 2023	
Solicitante: LENIN SALAZAR CHÁVEZ			
Procedencia: HUAYLLA BELEN - COLCACAMA - LUYA	Calicata: CALICATA 01	Tec. Responsable 1: E.Ordoñez S.	
Ceniza: 20%	Profundidad : 1.50 Mts	Fecha : 03/04/2023	Tec. Responsable 2: F.Gallardo M.
REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR			



<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-180
PESO UNITARIO SECO	: 1.630
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	19.82
95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm <sup>3</sup> )	1.549

<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 31.3 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 22.7 %

OBSERVACIONES:

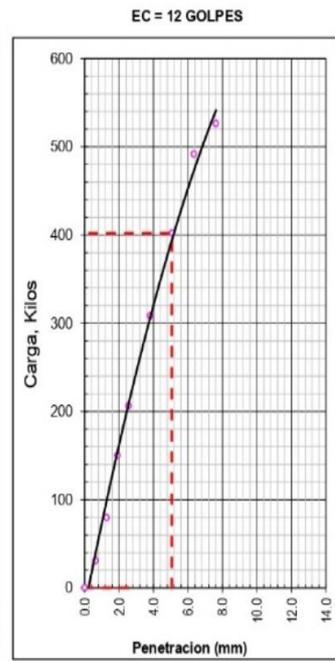
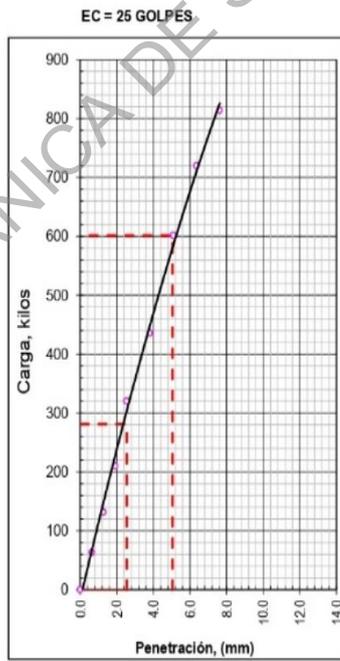
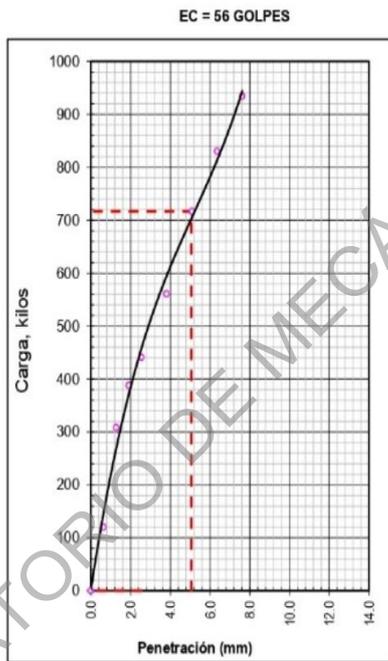
---



---



---



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*[Signature]*  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

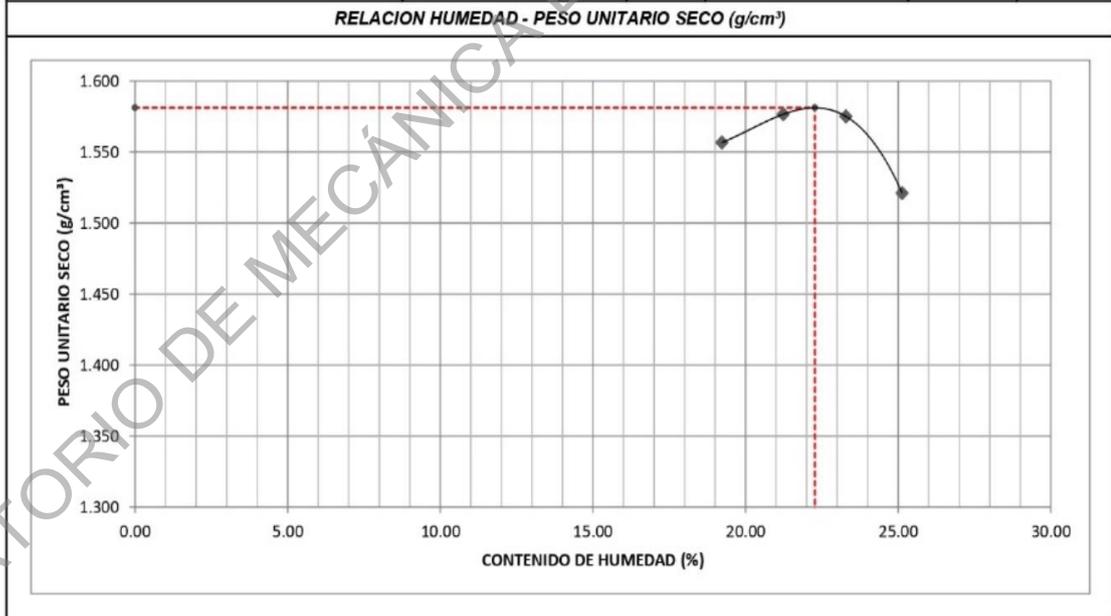
*[Signature]*  
 Freddy Luis Gallardo Meléndez  
 Técnico en Laboratorio



<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Tesis: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"		Código Ensayo N° : F-04 001 - 2023	
Solicitante: <b>LENIN SALAZAR CHÁVEZ</b>			
Procedencia: HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA	Calicata: CALICATA 01	Tec. Responsable 1: E.Ordoñez S.	
Ceniza: 25%	Profundidad : 1.50 Mts	Fecha : 16/03/2023	Tec. Responsable 2: F.Gallardo M.

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	935.43	cm³	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Masa de molde	1942.5	g	N° de golpes	25 Glp
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>					1	2	3	4	
Masa Suelo + Molde				g	3,681	3,731	3,759	3,713	
Masa Suelo Humedo Compactado				g	1,733	1,788	1,817	1,777	
Masa Volumetrico Humedo				g	1,856	1,911	1,942	1,903	
Recipiente Numero					16	18	20	22	
Masa Suelo Humedo + Tara				g	1,834.9	1,862.3	1,838.6	1,797.6	
Masa Suelo Seco + Tara				g	1,539.0	1,536.1	1,491.3	1,436.6	
Masa de la Tara				g	0.0	0.0	0.0	0.0	
Masa del agua				g	295.9	326.2	347.3	361.0	
Masa del suelo seco				g	1,539	1,536	1,491	1,437	
Contenido de agua				%	19.23	21.24	23.29	25.13	
Peso Unitario Seco (g/cm³)				(g/cm³)	1.557	1.577	1.575	1.521	

<b>RESULTADOS</b>				
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.581	(g/cm³)	Humedad óptima	22.27 %



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*[Signature]*  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*[Signature]*  
 Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>															
FORMATO															
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>															
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)															
<b>Tesis:</b> "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"						<b>Código Ensayo N°:</b> F-04 001 - 2023									
<b>Solicitante:</b> LENIN SALAZAR CHÁVEZ															
<b>Procedencia:</b> HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA			<b>Calicata:</b> CALICATA 01			<b>Tec. Responsable 1</b> E.Ordoñez S.									
<b>Ceniza:</b> 25%			<b>Profundidad:</b> 1.50 Mts			<b>Fecha:</b> 03/04/2023			<b>Tec. Responsable 2</b> F.Gallardo M.						
<b>CALCULO DEL CBR</b>															
<b>Molde N°</b>	1			2			3								
<b>Capas N°</b>	5			5			5								
<b>Golpes por capa N°</b>	56			25			12								
<b>Condición de la muestra</b>	<b>NO SATURADO</b>		<b>SATURADO</b>		<b>NO SATURADO</b>		<b>SATURADO</b>		<b>NO SATURADO</b>		<b>SATURADO</b>				
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8666.4		8700.3		8462.1		8546.9		8183.5		8336.0				
Masa de molde (g)	4557.6		4557.6		4606.0		4606.0		4497.2		4497.2				
Masa del suelo húmedo (g)	4108.8		4142.7		3856.1		3940.9		3686.4		3838.9				
Volumen del molde (cm3)	2125.0		2125.0		2098.0		2098.0		2118.0		2118.0				
Densidad húmeda (g/cm3)	1.934		1.950		1.838		1.878		1.740		1.812				
Tara (N°)	43		28		85		42		27		28				
Masa suelo húmedo + tara (g)	2,601.8		4,050.1		2,320.1		4,120.2		2,410.3		4,013.5				
Masa suelo seco + tara (g)	2,168.3		3,304.0		1,939.4		3,314.2		2,012.2		3,180.0				
Masa de tara (g)	222.5		0.0		229.1		0.0		224.8		0.0				
Masa de agua (g)	433.5		746.1		380.7		806.0		398.1		833.5				
Masa de suelo seco (g)	1945.8		3304.0		1710.3		3314.2		1787.4		3180.0				
Contenido de humedad (%)	22.28		22.58		22.26		24.32		22.27		26.21				
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.581		1.590		1.503		1.511		1.423		1.436				
<b>EXPANSIÓN</b>															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				mm	%		mm	%		mm	%				
30/03/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000				
31/03/23	12:30	24	17	0.432	0.375	16	0.406	0.353	10	0.254	0.221				
01/04/23	12:30	48	17	0.432	0.375	17	0.432	0.375	11	0.279	0.243				
02/04/23	12:30	72	18	0.457	0.398	17	0.432	0.375	13	0.330	0.287				
03/04/23	12:30	96	19	0.483	0.420	18	0.457	0.398	17	0.432	0.375				
<b>PENETRACIÓN</b>															
PENETRACIÓN		CARGA		MOLDE N°		M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03	
		STÁND.	CARGA	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
mm	pulg.	kg/cm2													
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		103.0	103.1			9.2	9.3			3.1	3.1			
1.270	0.050		222.3	222.4			41.8	41.9			32.6	32.7			
1.905	0.075		240.7	240.7			86.7	86.8			49.0	49.0			
2.540	0.100	70.455	344.7	344.7	-	24.4	133.6	133.7	144	10.2	70.4	70.4	78	5.5	
3.810	0.150		511.9	512.0			214.1	214.2			102.0	102.1			
5.080	0.200	105.68	605.7	605.8	-	28.6	277.4	277.4	285	13.5	147.9	147.9	161	7.6	
6.350	0.250		681.7	681.8			332.4	332.5			226.4	226.5			
7.620	0.300		764.8	764.9			382.4	382.5			290.6	290.7			
10.160	0.400		888.2	888.2			478.2	478.3			381.4	381.5			
12.700	0.500		994.2	994.3			573.1	573.2			491.5	491.6			

*Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.*

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**

*Edgar Leonardo Ordoñez Serván*  
Asistente Técnico Académico del Laboratorio

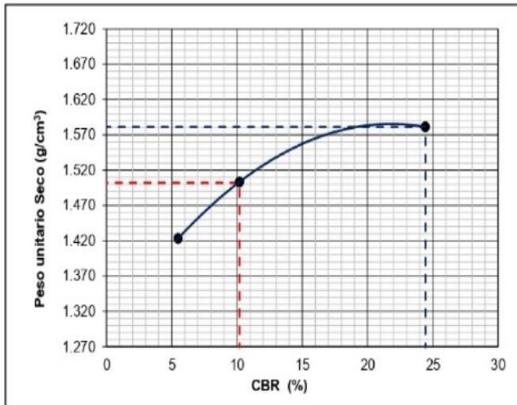
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**

*Freddy Luis Gallardo Melendez*  
Técnico en Laboratorio



<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
<b>Tesis:</b> "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"		<b>Código Ensayo N°:</b> F-04 001 - 2023	
<b>Solicitante:</b> LENIN SALAZAR CHÁVEZ			
<b>Procedencia:</b> HUAYLLA BELEN - COLCABAR - LUYA	<b>Calicata:</b> CALICATA 01	<b>Tec. Responsable 1:</b> E.Ordoñez S.	
<b>Ceniza:</b> 25%	<b>Profundidad:</b> 1.50 Mts	<b>Fecha:</b> 03/04/2023	<b>Tec. Responsable 2:</b> F.Gallardo M.

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**



<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-180
<b>PESO UNITARIO SECO</b>	: 1.581
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	: 22.27
<b>95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)</b>	: 1.502

<b>RESULTADOS:</b>	
<b>Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"</b>	= 24.4 %
<b>Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"</b>	= 10.2 %

**OBSERVACIONES:**

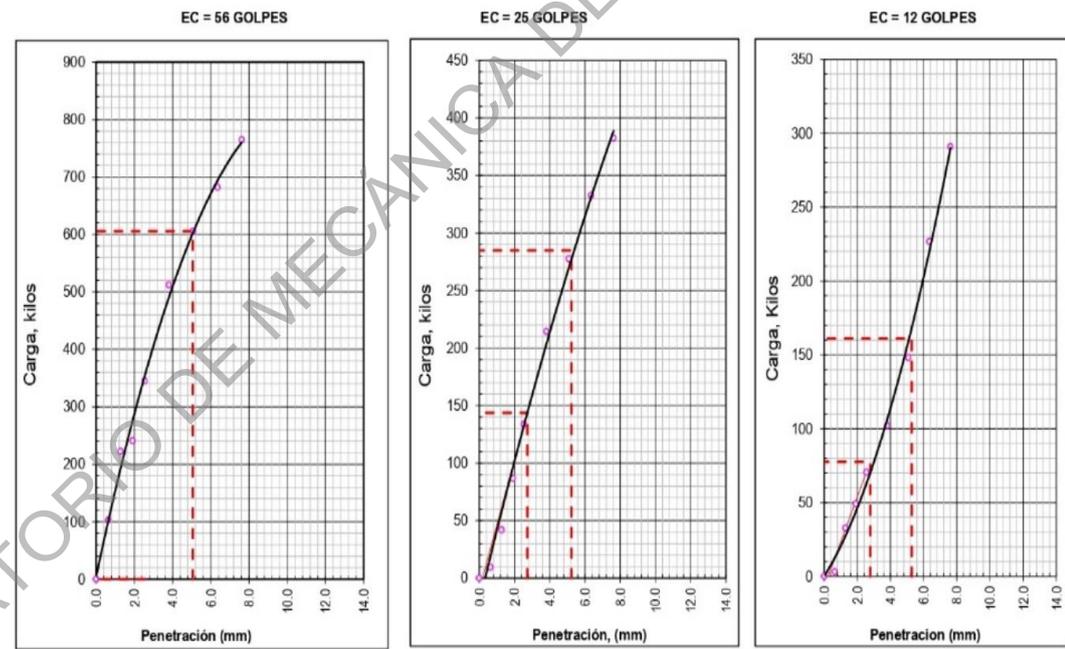
---



---



---



*Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.*

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
 Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio

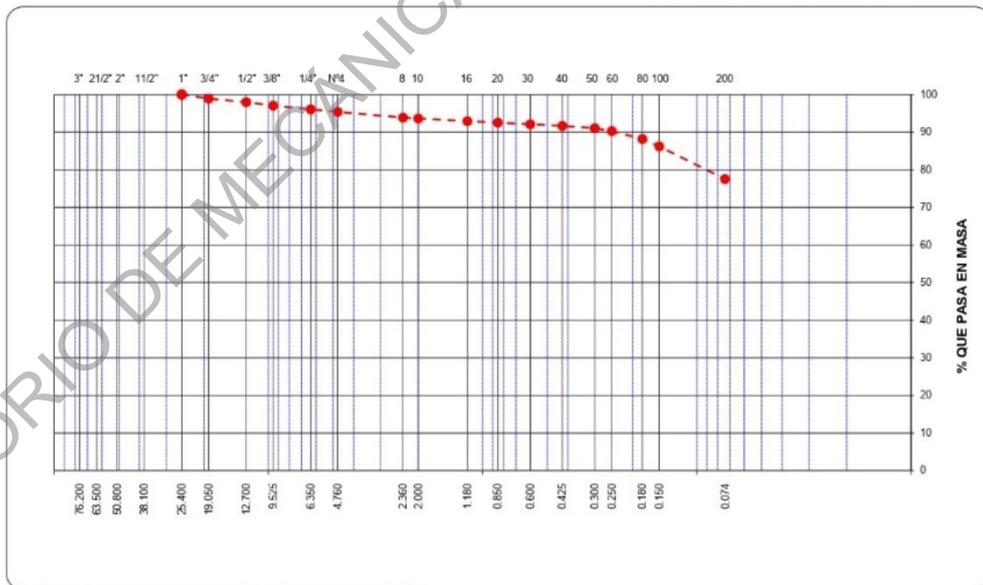


UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS							
FORMATO							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)							
<b>Tesis:</b> "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"						<b>Código Ensayo N°:</b> F-05 001 - 2023	
<b>Solicitante:</b> LENIN SALAZAR CHÁVEZ							
<b>Procedencia:</b> HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA			<b>Calicata:</b> CALICATA 02			<b>Tec. Responsable 1:</b> E.Ordoñez S.	
<b>Ceniza:</b> 0% (Natural)			<b>Profundidad:</b> 1.50 Mts			<b>Fecha:</b> 06/03/2023 <b>Tec. Responsable 2:</b> F.Gallardo M.	

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Masa Retenida	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Material sin Especificación	Descripción
4"	101.600						<b>1. Masa de Material</b>
3"	76.200						Masa Inicial Total (kg) <b>900,0</b>
2 1/2"	63.500						Masa Fracción Fina Para Lavar (g) <b>0,0</b>
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						<b>2. Características</b>
1"	25.400				100		Tamaño Máximo <b>1"</b>
3/4"	19.050	<b>10.22</b>	1.1	1	99		Tamaño Máximo Nominal <b>3/4"</b>
1/2"	12.700	<b>8.17</b>	0.9	2	98		Grava (%) <b>4.6</b>
3/8"	9.525	<b>8.36</b>	0.9	3	97		Arena (%) <b>17.9</b>
1/4"	6.350	<b>9.00</b>	1.0	4	96		Finos (%) <b>77.5</b>
N° 4	4.760	<b>6.15</b>	0.7	5	95		Modulo de Finezza (%)
N° 8	2.360	<b>13.62</b>	1.5	6.1	93.9		
N° 10	2.000	<b>2.22</b>	0.3	6.4	93.6		
N° 16	1.180	<b>6.32</b>	0.7	7.1	92.9		<b>3. Clasificación</b>
N° 20	0.850	<b>3.72</b>	0.4	7.5	92.5		Límite Líquido (%) <b>34.0</b>
N° 30	0.600	<b>3.69</b>	0.4	7.9	92.1		Límite Plástico (%) <b>19.0</b>
N° 40	0.425	<b>4.12</b>	0.5	8.4	91.6		Índice de Plasticidad (%) <b>15.0</b>
N° 50	0.300	<b>5.39</b>	0.6	9.0	91.0		Clasificación SUCS <b>CL</b>
N° 60	0.250	<b>6.70</b>	0.7	9.7	90.3		Clasificación AASHTO <b>A-6 (10)</b>
N° 80	0.180	<b>19.01</b>	2.1	11.8	88.2		
N° 100	0.150	<b>17.91</b>	2.0	13.8	86.2		
N° 200	0.074	<b>78.05</b>	8.7	22.5	77.5		
Pasante		<b>697.35</b>	77.5	100.0			<b>5. Observaciones (Fuente de Normalización)</b> Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (E-G-2013)



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
 Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
CONTENIDO DE HUMEDAD			
(MTC E-108 / ASTM D-2216)			
Tesis:	"APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"		Código Ensayo N° : F-05 001 - 2023
Solicitante:	LENIN SALAZAR CHÁVEZ		
Procedencia:	HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA	Calicata: CALICATA 02	Tec. Responsable 1: E.Ordoñez S.
Ceniza:	0% (Natural)	Profundidad : 1.50 Mts      Fecha : 06/03/2023	Tec. Responsable 2: F.Gallardo M.

**1. Contenido de Humedad Muestra Integral :**

Descripción	75	
Masa de tara (g)	669.3	
Masa de la tara + muestra húmeda (g)	6339.3	
Masa de la tara + muestra seca (g)	5336.8	
Masa del agua contenida (g)	1002.5	
Masa de la muestra seca (g)	4667.5	
Contenido de Humedad (%)	21.5	
Contenido de Humedad Promedio (%)		21.5

**2. Contenido de Humedad Muestra (Grava Mayor a 3/4") :**

Descripción	1	3
Masa de tara (g)		
Masa de la tara + muestra húmeda (g)		
Masa de la tara + muestra seca (g)		
Masa del agua contenida (g)		
Masa de la muestra seca (g)		
Contenido de Humedad (%)		
Contenido de Humedad Promedio (%)		

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
  
 Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio



<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>	
FORMATO	
<b>PESO VOLUMÉTRICO DE SUELO COHESIVO</b>	
(NTP - 339.139)	
<b>Proyecto:</b> "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022" <b>Solicitante:</b> LENIN SALAZAR CHÁVEZ	<b>Código Ensayo N°:</b> F-053 001 - 2021
<b>Procedencia:</b> HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA <b>Ceniza:</b> 0% (Natural)	<b>Calicata:</b> CALICATA 02 <b>Profundidad:</b> 1.50 Mts <b>Fecha:</b> 06/03/2023 <b>Tec. Responsable:</b> E.Ordoñez S. F.Gallardo M.

**1.PESO VOLUMÉTRICO DE SUELO COHESIVO**

Descripción	Unidad	1	2
PESO DEL SUELO HÚMEDO	g	144.90	143.99
PESO DE LA PARAFINA MAS SUELO HUMEDO	g	150.68	149.22
PESO DE LA PARAFINA	g	5.78	5.23
PESO ESPECIFICO DE LA PARAFINA	g/cm <sup>3</sup>	0.89	0.89
VOLUMEN DE LA PARAFINA	cm <sup>3</sup>	6.49	5.88
PESO SUMERGIDO DE PARAFINA MÁS SUELO HÚMEDO	g	75.60	67.20
VOLUMEN DE PARAFINA MÁS SUELO HÚMEDO	cm <sup>3</sup>	75.08	82.02
VOLUMEN DE SUELO HÚMEDO	cm <sup>3</sup>	68.59	76.14
PESO VOLUMÉTRICO DE SUELO COHESIVO HÚMEDO	g/cm <sup>3</sup>	2.11	1.89
<b>PESO VOLUMÉTRICO DE SUELO COHESIVO PROMEDIO</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>2.000</b>	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	21.5	
<b>PESO VOLUMÉTRICO DE SUELO COHESIVO SECO</b>	<b>g/cm<sup>3</sup></b>	<b>1.65</b>	

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
  
 Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

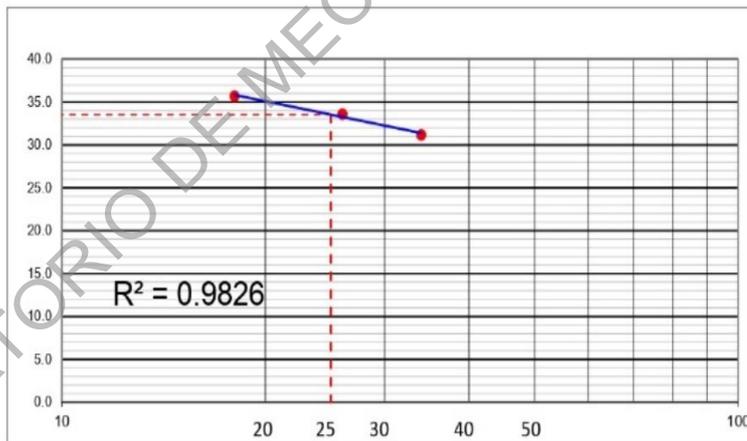
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>			
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)			
Tesis:	"APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"	Código Ensayo N°:	F-05 001 - 2023
Solicitante:	LENIN SALAZAR CHÁVEZ		
Procedencia:	HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA	Calicata:	CALICATA 02
Ceniza:	0% (Natural)	Profundidad:	1.50 Mts
		Fecha:	07/03/2023
		Tec. Responsable 1:	E.Ordoñez S.
		Tec. Responsable 2:	F.Gallardo M.

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO**

N° de Tarro		481	493	507	
Masa de Tarro + Suelo Humedo	g	30.43	31.09	32.19	
Masa de Tarro + Suelo Seco	g	27.95	28.56	29.53	
Masa de Tarro	g	21.00	21.03	21.00	
Masa de Agua	g	2.48	2.53	2.66	
Masa del Suelo Seco	g	6.95	7.53	8.53	<b>Límite Líquido</b>
Contenido de Humedad	%	35.68	33.60	31.18	<b>34.0</b>
Numero de Golpes		18	26	34	

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD**

N° de Tarro		190	167		
Masa de Tarro + Suelo Humedo	g	20.12	20.13		
Masa de Tarro + Suelo seco	g	18.73	18.80		
Masa de Tarro	g	11.47	11.51		
Masa de Agua	g	1.39	1.33		
Masa de Suelo seco	g	7.26	7.29		<b>Límite Plástico</b>
Contenido de Humedad	%	19.15	18.24		<b>19.0</b>



<b>Constantes Físicas de la Muestra</b>	
Límite Líquido	<b>34.0</b>
Límite Plástico	<b>19.0</b>
Índice de Plasticidad	<b>15.0</b>
<b>Observaciones</b>	
Pasante Tamiz N° 40	

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

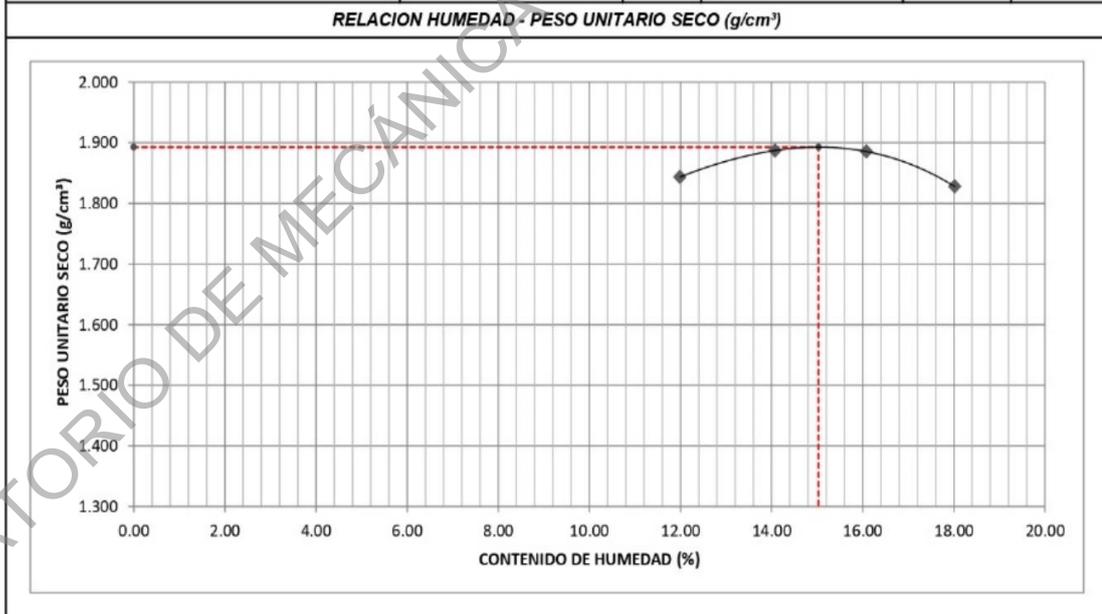
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
 Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Tesis: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"		Código Ensayo N° : F-05 001 - 2023	
Solicitante: LENIN SALAZAR CHÁVEZ			
Procedencia: HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA	Calicata: CALICATA 02	Tec. Responsable 1: E.Ordoñez S.	
Ceniza: 0% (Natural)	Profundidad : 1.50 Mts	Fecha : 16/03/2023	Tec. Responsable 2: F.Gallardo M.

Molde N° 1	Diametro Molde			Volumen Molde	935.43	cm³	N° de capas	5
	4"	6"						
Metodo	A	B	C	Masa de molde	1942.5	g	N° de golpes	25 GIp
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>				1	2	3	4	
Masa Suelo + Molde	g			3,876	3,956	3,990	3,950	
Masa Suelo Humedo Compactado	g			1,927	2,014	2,047	2,014	
Masa Volumetrico Humedo	g			2,065	2,153	2,189	2,157	
Recipiente Numero				25	14	32	47	
Masa Suelo Humedo + Tara	g			1,930.1	2,020.7	1,990.3	1,934.6	
Masa Suelo Seco + Tara	g			1,723.5	1,771.4	1,671.5	1,639.2	
Masa de la Tara	g			0.0	0.0	0.0	0.0	
Masa del agua	g			206.6	249.3	268.8	295.4	
Masa del suelo seco	g			1,724	1,771	1,672	1,639	
Contenido de agua	%			11.99	14.07	16.08	18.02	
Peso Unitario Seco (g/cm³)	(g/cm³)			1.844	1.887	1.886	1.828	

RESULTADOS			
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.893	(g/cm³)	Humedad óptima
			15.03 %



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
 Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>															
FORMATO															
<b>RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>															
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)															
<b>Tesis:</b> "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"								<b>Código Ensayo N°:</b> F-05 001 - 2023							
<b>Solicitante:</b> LENIN SALAZAR CHÁVEZ															
<b>Procedencia:</b> HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA			<b>Calicata:</b> CALICATA 02			<b>Tec. Responsable 1</b> E.Ordoñez S.									
<b>Ceniza:</b> 0% (Natural)			<b>Profundidad:</b> 1.50 Mts		<b>Fecha:</b> 03/04/2023		<b>Tec. Responsable 2</b> F.Gallardo M.								
<b>CALCULO DEL CBR</b>															
Molde N°	4			5			6								
Capas N°	5			5			5								
Golpes por capa N°	56			25			12								
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO				
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	9180.2		9260.6		8583.1		8695.1		8301.0		8487.5				
Masa de molde (g)	4553.5		4553.5		4194.9		4194.9		4193.0		4193.0				
Masa del suelo húmedo (g)	4626.7		4707.1		4388.3		4500.3		4108.0		4294.5				
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2123.0		2123.0		2123.0		2123.0		2096.0		2096.0				
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.179		2.217		2.067		2.120		1.960		2.049				
Tara (N°)	163		17		666		22		48		330				
Masa suelo húmedo + tara (g)	1,717.6		4,635.0		1,668.3		4,607.2		4,635.0		4,236.8				
Masa suelo seco + tara (g)	1,522.1		4,010.2		1,480.4		3,964.5		4,061.2		3,531.5				
Masa de tara (g)	222.4		0.0		229.1		0.0		244.0		0.0				
Masa de agua (g)	195.5		624.8		187.9		642.7		573.8		705.3				
Masa de suelo seco (g)	1299.7		4010.2		1251.3		3964.5		3817.2		3531.5				
Contenido de humedad (%)	15.04		15.58		15.02		16.21		15.03		19.97				
Peso Unitario Seco (g/cm <sup>2</sup> )	1.894		1.918		1.797		1.824		1.704		1.708				
<b>EXPANSIÓN</b>															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				mm	%		mm	%		mm	%				
30/03/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000				
31/03/23	12:30	24	204	5.182	4.506	297	7.544	6.560	304	7.722	6.714				
01/04/23	12:30	48	234	5.944	5.168	300	7.620	6.626	361	9.169	7.973				
02/04/23	12:30	72	272	6.909	6.008	366	9.296	8.084	387	9.830	8.548				
03/04/23	12:30	96	295	7.493	6.516	390	9.906	8.614	425	10.795	9.387				
<b>PENETRACIÓN</b>															
PENETRACIÓN		CARGA		MOLDE N°		M-04		MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-06	
		STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
mm	pulg.	kg/cm <sup>2</sup>													
0.000	0.000			0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025			39.8	39.9			23.5	23.5			8.2	8.2		
1.270	0.050			70.4	70.4			45.9	46.0			31.6	31.7		
1.905	0.075			93.8	93.9			64.2	64.3			50.0	50.1		
2.540	0.100	70.455		115.2	115.3	-	8.2	81.6	81.7	-	5.8	72.4	72.5	-	5.1
3.810	0.150			150.9	151.0			109.1	109.2			93.8	93.9		
5.080	0.200	105.68		183.6	183.6	-	8.7	156.0	156.1	-	7.4	122.4	122.4	-	5.8
6.350	0.250			212.1	212.2			180.5	180.6			142.8	142.8		
7.620	0.300			240.7	240.7			200.9	201.0			165.2	165.3		
10.160	0.400			283.5	283.6			236.6	236.7			184.6	184.7		
12.700	0.500			303.9	304.0			262.1	262.1			213.1	213.2		

*Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.*

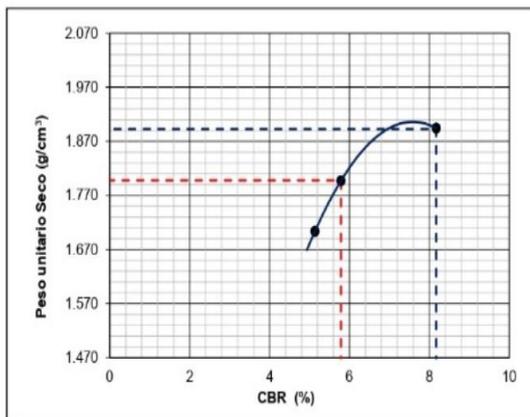
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Edgar Leonardo Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Freddy Luis Gallardo Melendez**  
 Técnico en Laboratorio



<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1983 / AASTHO T-193)			
Tesis: <b>"APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"</b>		Código Ensayo N°: <b>F-05 001 - 2023</b>	
Solicitante: <b>LENIN SALAZAR CHÁVEZ</b>			
Procedencia: <b>HUAYLLA BELEN - COLCABAR - LUYA</b>	Calicata: <b>CALICATA 02</b>	Tec. Responsable 1: <b>E.Ordoñez S.</b>	
Ceniza: <b>0% (Natural)</b>	Profundidad: <b>1.50 Mts</b>	Fecha: <b>03/04/2023</b>	Tec. Responsable 2: <b>F.Gallardo M.</b>

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**



<b>METODO DE COMPACTACION</b>	<b>AASHTO T-180</b>
PESO UNITARIO SECO	<b>1.893</b>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	<b>15.03</b>
95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)	<b>1.798</b>

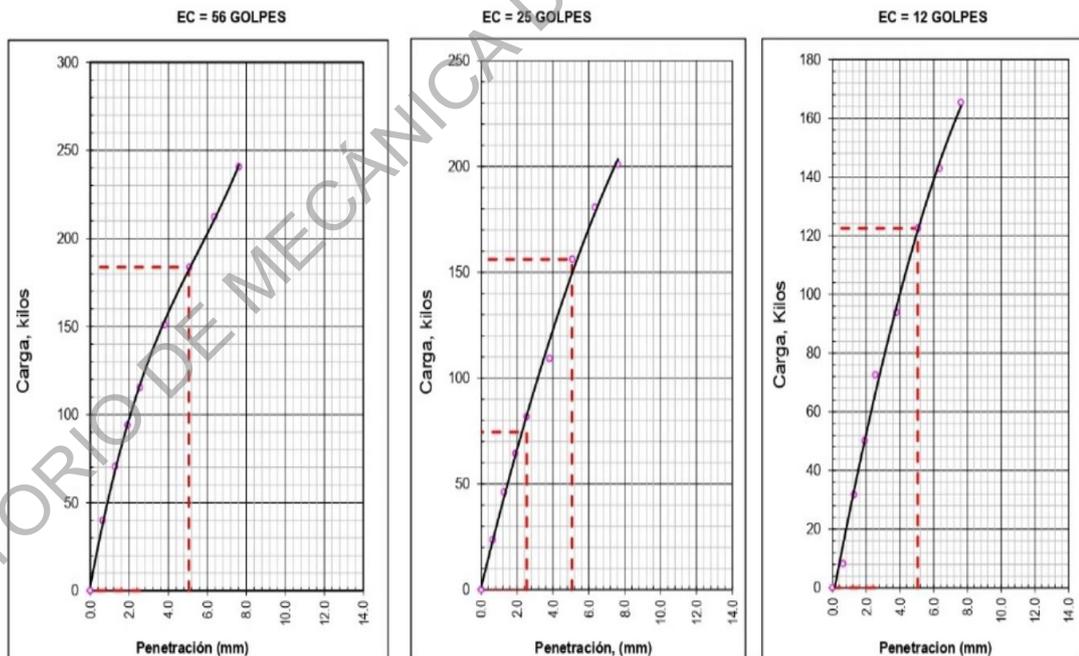
<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	<b>= 8.2 %</b>
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	<b>= 5.8 %</b>

OBSERVACIONES:

---



---



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Edgar Leonardo Ordoñez Serván*  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Freddy Luis Gallardo Melendez*  
 Técnico en Laboratorio

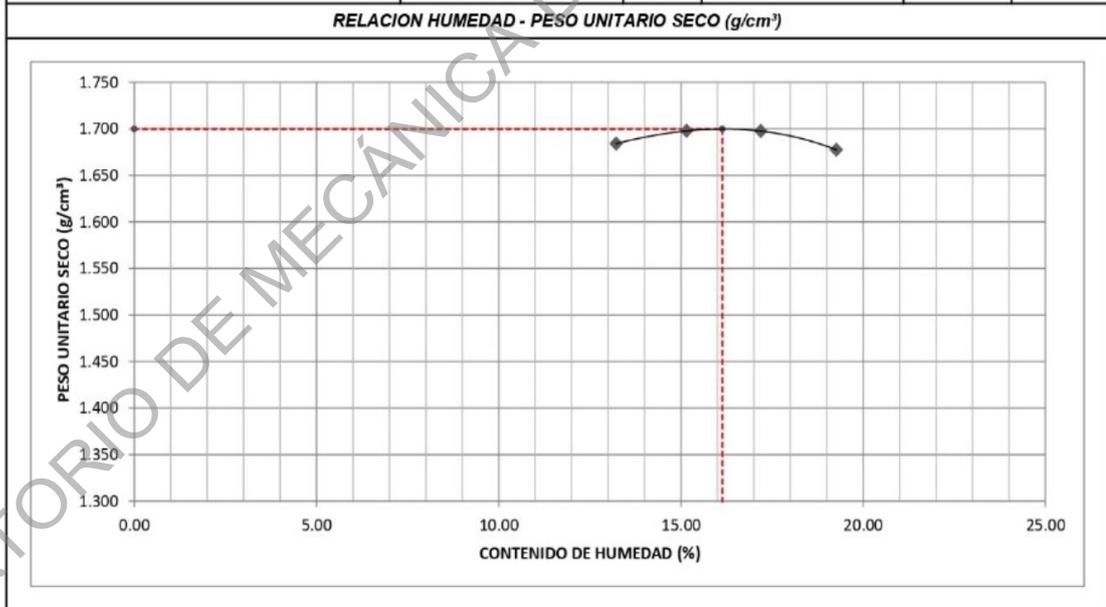


**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Tesis: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"		Código Ensayo N° :	F-06 001 - 2023
Solicitante: LENIN SALAZAR CHÁVEZ			
Procedencia: HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA	Calicata: CALICATA 02	Tec. Responsable 1: E.Ordoñez S.	
Ceniza: 15%	Profundidad : 1.50 Mts	Fecha : 16/03/2023	Tec. Responsable 2: F.Gallardo M.

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	935.43	cm³	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Masa de molde	1942.5	g	N° de golpes	25 GIp
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>					1	2	3	4	
Masa Suelo + Molde					g	3,728.4	3,771.3	3,803.4	3,803.9
Masa Suelo Humedo Compactado					g	1,780	1,829	1,861	1,867
Masa Volumetrico Humedo					g	1,907	1,955	1,989	2,001
Recipiente Numero									
Masa Suelo Humedo + Tara					g	1,832.8	1,834.5	1,923.8	1,878.3
Masa Suelo Seco + Tara					g	1,647.6	1,625.8	1,682.5	1,625.0
Masa de la Tara					g	247.2	248.7	278.9	310.3
Masa del agua					g	185.2	208.7	241.3	253.3
Masa del suelo seco					g	1,400	1,377	1,404	1,315
Contenido de agua					%	13.22	15.16	17.19	19.27
Peso Unitario Seco (g/cm³)					(g/cm³)	1.684	1.698	1.698	1.677

<b>RESULTADOS</b>					
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.700	(g/cm³)	Humedad óptima	16.14	%



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Edgar Leonardo Ordoñez Serván*  
Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Freddy Luis Gallardo Melendez*  
Técnico en Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>															
FORMATO															
<b>RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>															
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)															
Tesis: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"										Código Ensayo N° : F-06 001 - 2023					
Solicitante: LENIN SALAZAR CHÁVEZ															
Procedencia: HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA				Calicata: CALICATA 02				Tec. Responsable 1: E. Ordoñez S.							
Ceniza: 15%				Profundidad : 1.50 Mts		Fecha : 03/04/2023				Tec. Responsable 2: F. Gallardo M.					
CALCULO DEL CBR															
Molde N°	7			8			9								
Capas N°	5			5			5								
Golpes por capa N°	56			25			12								
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO				
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8379.0		8584.1		8150.1		8404.6		7961.6		8269.6				
Masa de molde (g)	4187.1		4187.1		4182.5		4182.5		4190.6		4190.6				
Masa del suelo húmedo (g)	4191.9		4397.0		3967.6		4222.1		3771.0		4079.0				
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2123.0		2123.0		2115.0		2115.0		2123.0		2123.0				
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.975		2.071		1.876		1.996		1.776		1.921				
Tara (N°)	163		17		666		22		48		330				
Masa suelo húmedo + tara (g)	2.400.0		4.312.1		2.417.6		4.205.9		4.635.0		4.236.8				
Masa suelo seco + tara (g)	2.098.1		3.635.3		2.112.9		3.515.8		4.025.2		3.521.1				
Masa de tara (g)	228.4		0.0		222.4		0.0		244.0		0.0				
Masa de agua (g)	301.9		676.8		304.7		690.1		609.8		715.7				
Masa de suelo seco (g)	1869.7		3635.3		1890.5		3515.8		3781.2		3521.1				
Contenido de humedad (%)	16.15		18.62		16.12		19.63		16.13		20.33				
Peso Unitario Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.700		1.746		1.616		1.669		1.530		1.597				
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				mm	%		mm	%		mm	%				
30/03/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000	0.000		
31/03/23	12:30	24	27	0.686	0.596	45	1.143	0.994	48	1.219	1.060				
01/04/23	12:30	48	29	0.737	0.641	52	1.321	1.149	56	1.422	1.237				
02/04/23	12:30	72	32	0.813	0.707	59	1.499	1.303	63	1.600	1.391				
03/04/23	12:30	96	35	0.889	0.773	63	1.600	1.391	72	1.829	1.590				
PENETRACIÓN															
PENETRACIÓN		CARGA		MOLDE N°		M-07		MOLDE N°		M-08		MOLDE N°		M-09	
		STAND.	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN	CARGA	CORRECCIÓN					
mm	pulg.	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		54.0	54.1			39.8	39.9			18.4	18.4			
1.270	0.050		114.1	114.2			75.2	75.2			44.0	44.0			
1.905	0.075		213.1	213.2			167.2	167.3			100.9	100.9			
2.540	0.100	70.455	305.7	305.8	-	21.7	239.2	239.3	-	17.0	145.1	145.2	-	10.3	
3.810	0.150		397.7	397.8			364.6	364.7			189.8	189.9			
5.080	0.200	105.68	470.9	471.0	-	22.3	452.1	452.2	-	21.4	256.4	256.4	-	12.1	
6.350	0.250		548.8	548.9			519.4	519.5			304.8	304.9			
7.620	0.300		625.9	626.0			554.0	554.1			330.5	330.6			
10.160	0.400		757.5	757.6			598.1	598.1			405.3	405.4			
12.700	0.500		815.8	815.8			668.0	668.1			445.4	445.5			

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**

*[Firma]*  
**Edgar Leonardo Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

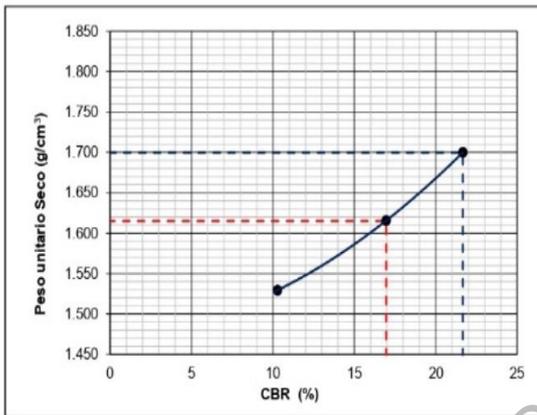
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**

*[Firma]*  
**Freddy Luis Gallardo Melendez**  
 Técnico en Laboratorio



<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Tesis: <b>"APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"</b>		Código Ensayo N° : <b>F-06 001 - 2023</b>	
Solicitante: <b>LENIN SALAZAR CHÁVEZ</b>			
Procedencia: <b>HUAYLLA BELEN - COLCACAMAR - LUYA</b>	Calicata: <b>CALICATA 02</b>	Tec. Responsable 1: <b>E.Ordoñez S.</b>	
Ceniza: <b>15%</b>	Profundidad : <b>1.50 Mts</b>	Fecha : <b>03/04/2023</b>	Tec. Responsable 2: <b>F.Gallardo M.</b>

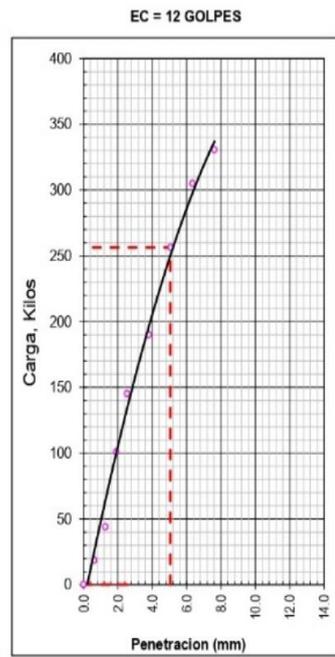
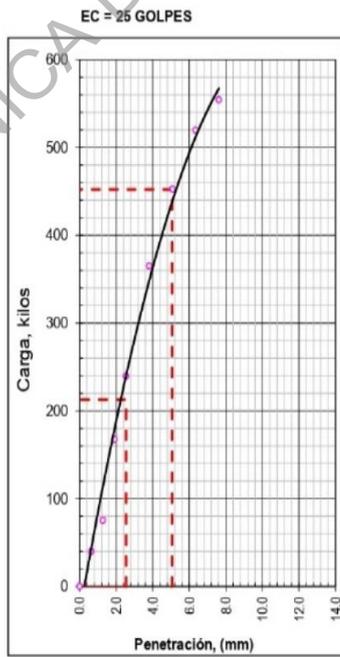
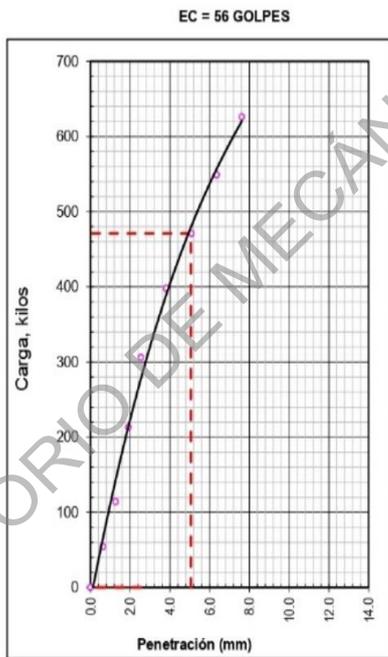
**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**



<b>METODO DE COMPACTACION</b>	<b>AASHTO T-180</b>
PESO UNITARIO SECO	: <b>1.700</b>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: <b>16.14</b>
95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)	: <b>1.615</b>

<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= <b>21.7 %</b>
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= <b>17.0 %</b>

**OBSERVACIONES:**  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



*Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.*

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*[Signature]*  
**Edgar Leonardo Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

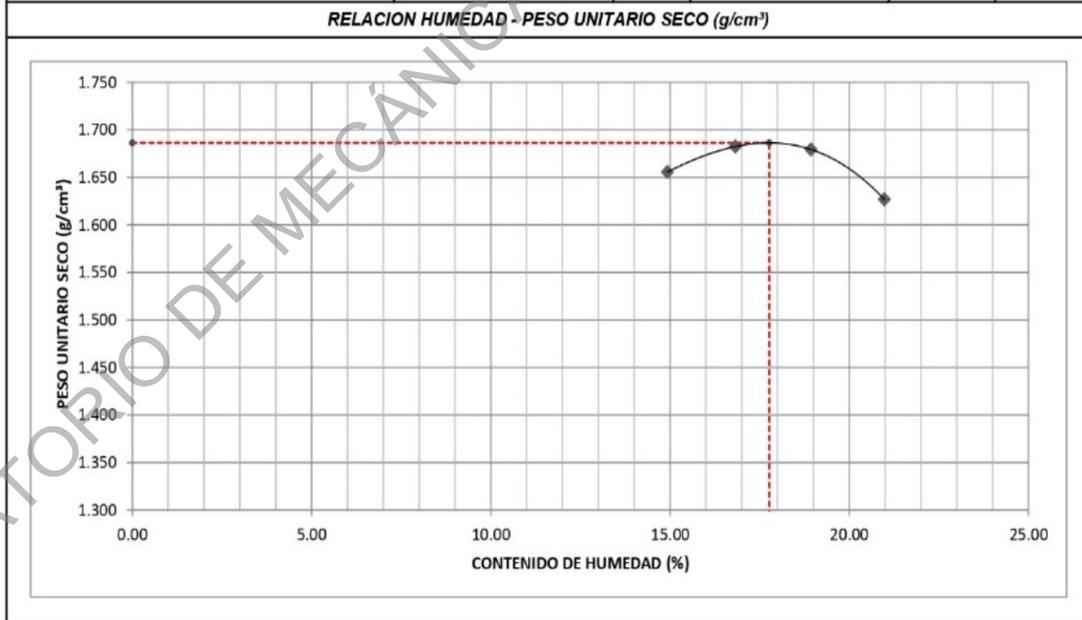
*[Signature]*  
**Freddy Luis Gallardo Melendez**  
 Técnico en Laboratorio



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
FORMATO			
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>			
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Tesis: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"		Código Ensayo N° : F-07 001 - 2023	
Solicitante: <b>LENIN SALAZAR CHÁVEZ</b>			
Procedencia: HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA	Calicata: CALICATA 02	Tec. Responsable 1: E.Ordoñez S.	
Ceniza: 20%	Profundidad : 1.50 Mts	Fecha : 16/03/2023	Tec. Responsable 2: F.Gallardo M.

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	935.43	cm³	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Masa de molde	1942.5	g	N° de golpes	25 GIp
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>					1	2	3	4	
Masa Suelo + Molde				g	3,725	3,781	3,811	3,774	
Masa Suelo Humedo Compactado				g	1,776	1,839	1,868	1,837	
Masa Volumetrico Humedo				g	1,903	1,966	1,997	1,968	
Recipiente Numero									
Masa Suelo Humedo + Tara				g	1,804.9	1,829.5	1,857.2	1,828.0	
Masa Suelo Seco + Tara				g	1,570.5	1,566.0	1,556.5	1,511.0	
Masa de la Tara				g	0.0	0.0	0.0	0.0	
Masa del agua				g	234.4	263.5	294.7	317.0	
Masa del suelo seco				g	1,571	1,566	1,557	1,511	
Contenido de agua				%	14.93	16.83	18.93	20.98	
Peso Unitario Seco (g/cm³)				(g/cm³)	1.656	1.682	1.679	1.627	

RESULTADOS				
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.686	(g/cm³)	Humedad óptima	17.77 %



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM  
  
 Freddy Luis Gallardo Meléndez  
 Técnico en Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>															
FORMATO															
<b>RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>															
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)															
<b>Tesis:</b> "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"								<b>Código Ensayo N°:</b> F-07 001 - 2023							
<b>Solicitante:</b> LENIN SALAZAR CHÁVEZ															
<b>Procedencia:</b> HUAYLLA BELEN - COLCAMA - LUYA				<b>Calicata:</b> CALICATA 02				<b>Tec. Responsable 1</b> E.Ordoñez S.							
<b>Ceniza:</b> 20%				<b>Profundidad:</b> 1.50 Mts		<b>Fecha:</b> 10/04/2023			<b>Tec. Responsable 2</b> F.Gallardo M.						
<b>CALCULO DEL CBR</b>															
<b>Molde N°</b>	1				2				3						
<b>Capas N°</b>	5				5				5						
<b>Golpes por capa N°</b>	56				25				12						
<b>Condición de la muestra</b>	<b>NO SATURADO</b>		<b>SATURADO</b>		<b>NO SATURADO</b>		<b>SATURADO</b>		<b>NO SATURADO</b>		<b>SATURADO</b>				
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8773.8		8866.5		8566.2		8798.8		8281.0		8519.1				
Masa de molde (g)	4557.6		4557.6		4606.0		4606.0		4497.2		4497.2				
Masa del suelo húmedo (g)	4216.2		4308.9		3960.2		4192.8		3783.9		4022.0				
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2125.0		2125.0		2098.0		2098.0		2118.0		2118.0				
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.984		2.028		1.888		1.998		1.787		1.899				
Tara (N°)	162		17		666		22		48		330				
Masa suelo húmedo + tara (g)	2.289.2		4.283.7		2.632.9		4.057.7		4.635.0		4.236.8				
Masa suelo seco + tara (g)	1.977.1		3.625.2		2.269.5		3.355.6		3.972.7		3.452.9				
Masa de tara (g)	222.3		0.0		222.4		0.0		244.0		0.0				
Masa de agua (g)	312.1		658.5		363.4		702.1		662.3		783.9				
Masa de suelo seco (g)	1754.8		3625.2		2047.1		3355.6		3728.7		3452.9				
Contenido de humedad (%)	17.78		18.16		17.75		20.92		17.76		22.70				
Peso Unitario Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.685		1.716		1.603		1.653		1.517		1.548				
<b>EXPANSION</b>															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
06/04/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000				
07/04/23	12:30	24	7	0.178	0.155	33	0.838	0.729	34	0.864	0.751				
08/04/23	12:30	48	7	0.178	0.155	34	0.864	0.751	37	0.940	0.817				
09/04/23	12:30	72	8	0.203	0.177	34	0.864	0.751	43	1.092	0.950				
10/04/23	12:30	96	9	0.229	0.199	35	0.889	0.773	51	1.295	1.126				
<b>PENETRACION</b>															
PENETRACION		CARGA		MOLDE N°		M-01		MOLDE N°		M-02		MOLDE N°		M-03	
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION					
mm	pulg.	kg/cm <sup>2</sup>	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	kg	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		40.7	40.8			38.0	38.1			12.2	12.3			
1.270	0.050		75.3	75.3			67.1	67.2			36.7	36.8			
1.905	0.075		168.6	168.6			133.5	133.6			74.9	74.9			
2.540	0.100	70.455	300.4	300.5	-	21.3	232.0	232.1	-	16.4	118.1	118.2	-	8.4	
3.810	0.150		379.5	379.6			361.7	361.8			177.6	177.7			
5.080	0.200	105.68	509.4	509.5	-	24.1	442.0	442.1	-	20.9	220.8	220.9	-	10.4	
6.350	0.250		640.1	640.2			563.5	563.6			283.6	283.7			
7.620	0.300		746.2	746.3			609.4	609.5			322.0	322.1			
10.160	0.400		765.7	765.8			642.2	642.3			392.2	392.3			
12.700	0.500		781.6	781.7			701.4	701.4			435.2	435.3			

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

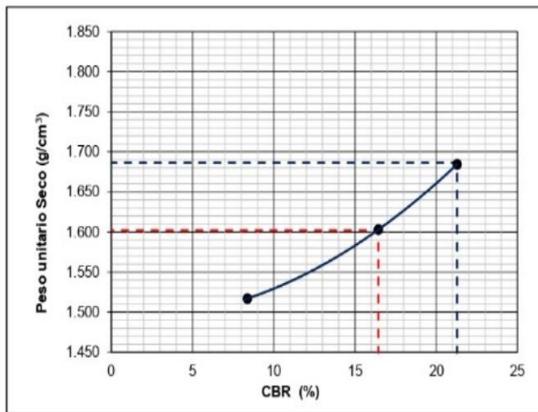
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Edgar Leonardo Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Freddy Luis Gallardo Melendez**  
 Técnico en Laboratorio



<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Tesis: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"		Código Ensayo N° : F-07 001 - 2023	
Solicitante: <b>LENIN SALAZAR CHÁVEZ</b>			
Procedencia: HUAYLLA BELEN - COLCACAMA - LUYA	Calicata: CALICATA 02	Tec. Responsable 1: E.Ordoñez S.	
Ceniza: 20%	Profundidad: 1.50 Mts	Fecha: 10/04/2023	Tec. Responsable 2: F.Gallardo M.

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**



<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASTHO T-180
PESO UNITARIO SECO	: 1.686
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 17.77
95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)	: 1.602

<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 21.3 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 16.4 %

**OBSERVACIONES:**

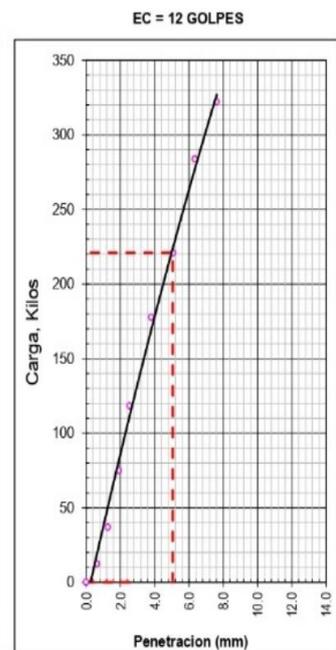
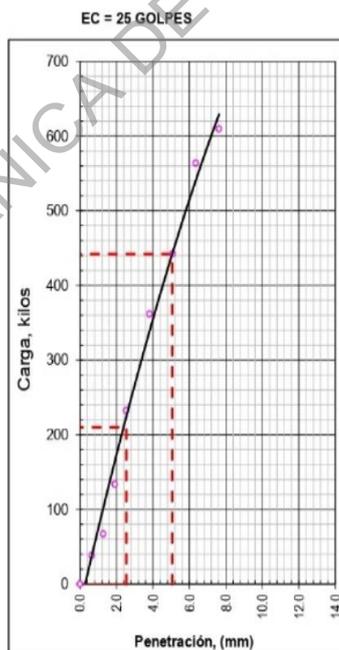
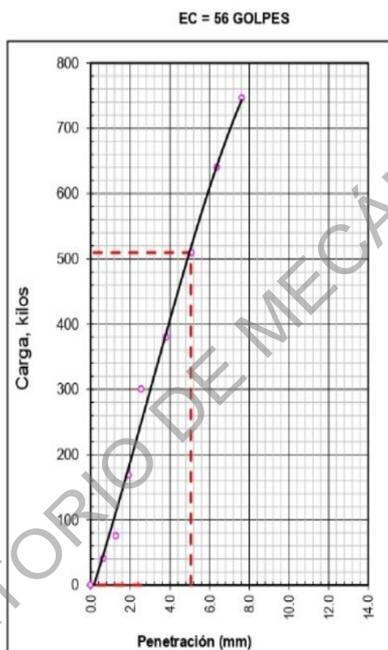
---



---



---



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*Edgar*  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

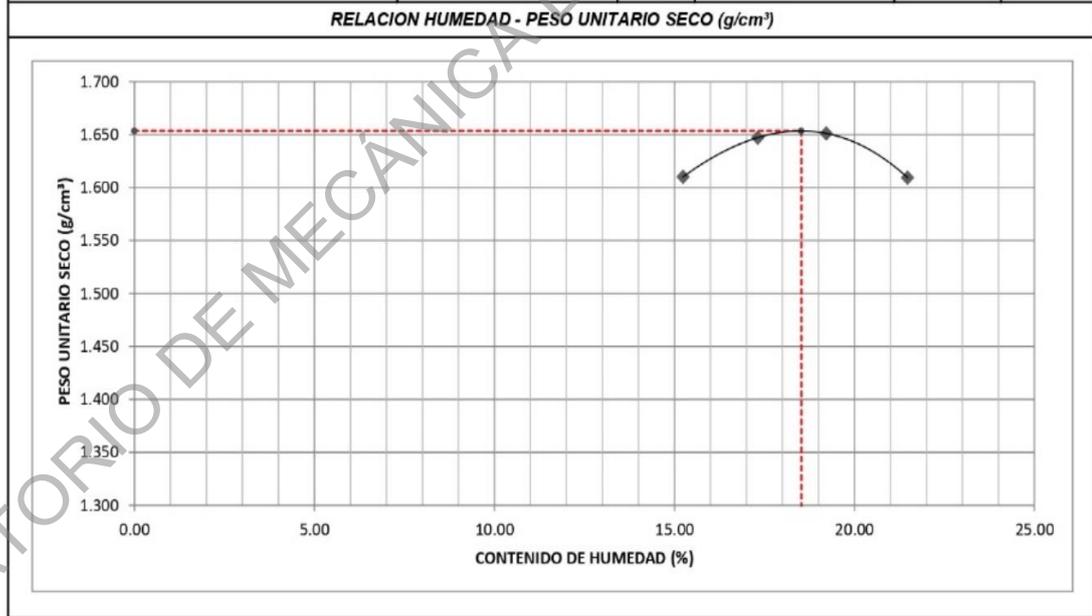
*Freddy*  
 Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio



<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>PROCTOR MODIFICADO</b>			
(MTC E-116, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)			
Tesis: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"		Código Ensayo N° : F-07 001 - 2023	
Solicitante: LENIN SALAZAR CHÁVEZ			
Procedencia: HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA	Calicata: CALICATA 02	Tec. Responsable 1: E.Ordoñez S.	
Ceniza: 25%	Profundidad : 1.50 Mts	Fecha : 16/03/2023	Tec. Responsable 2: F.Gallardo M.

Molde N° 1	Diametro Molde	4"	6"		Volumen Molde	935.43	cm³	N° de capas	5
	Metodo	A	B	C	Masa de molde	1942.5	g	N° de golpes	25 G/p
<b>NUMERO DE ENSAYOS</b>					1	2	3	4	
Masa Suelo + Molde					g	3,680.5	3,750.1	3,783.9	3,761.4
Masa Suelo Humedo Compactado					g	1,732	1,808	1,841	1,825
Masa Volumetrico Humedo					g	1,856	1,932	1,969	1,955
Recipiente Numero									
Masa Suelo Humedo + Tara					g	1,774.9	1,791.6	1,789.2	1,795.8
Masa Suelo Seco + Tara					g	1,540.2	1,527.2	1,500.8	1,478.3
Masa de la Tara					g	0.0	0.0	0.0	0.0
Masa del agua					g	234.7	264.4	288.4	317.5
Masa del suelo seco					g	1,540	1,527	1,501	1,478
Contenido de agua					%	15.24	17.31	19.22	21.48
Peso Unitario Seco (g/cm³)					(g/cm³)	1.610	1.647	1.651	1.609

RESULTADOS				
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.654	(g/cm³)	Humedad óptima	18.53
				%



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*[Signature]*  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*[Signature]*  
 Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>															
FORMATO															
<b>RELACIÓN DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>															
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)															
Tesis: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"										Código Ensayo N° : F-07 001 - 2023					
Solicitante: <b>LENIN SALAZAR CHÁVEZ</b>										Tec. Responsable 1 <b>E. Ordoñez S.</b>					
Procedencia: <b>HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA</b>				Calicata: <b>CALICATA 02</b>				Tec. Responsable 2 <b>F. Gallardo M.</b>							
Ceniza: <b>25%</b>				Profundidad : <b>1.50 Mts</b>		Fecha : <b>10/04/2023</b>									
<b>CALCULO DEL CBR</b>															
Molde N°	4			5			6								
Capas N°	5			5			5								
Golpes por capa N°	56			25			12								
Condición de la muestra	<b>NO SATURADO</b>		<b>SATURADO</b>		<b>NO SATURADO</b>		<b>SATURADO</b>		<b>NO SATURADO</b>		<b>SATURADO</b>				
Masa de molde + Suelo húmedo (g)	8714.6		8846.0		8148.0		8268.8		7886.0		8063.4				
Masa de molde (g)	4553.5		4553.5		4194.9		4194.9		4193.0		4193.0				
Masa del suelo húmedo (g)	4161.1		4292.5		3953.2		4073.9		3693.0		3870.4				
Volumen del molde (cm3)	2123.0		2123.0		2123.0		2123.0		2096.0		2096.0				
Densidad húmeda (g/cm3)	1.960		2.022		1.862		1.919		1.762		1.847				
Tara (N°)	162		17		666		22		48		330				
Masa suelo húmedo + tara (g)	2.733.9		4.228.5		2.362.1		4.107.2		4.635.0		4.236.8				
Masa suelo seco + tara (g)	2.340.6		3.555.3		2.028.0		3.397.0		3.949.0		3.443.3				
Masa de tara (g)	218.7		0.0		222.4		0.0		244.0		0.0				
Masa de agua (g)	393.3		673.2		334.1		710.2		686.0		793.5				
Masa de suelo seco (g)	2121.9		3555.3		1805.6		3397.0		3705.0		3443.3				
Contenido de humedad (%)	18.54		18.94		18.51		20.91		18.52		23.05				
Peso Unitario Seco (g/cm³)	1.654		1.700		1.571		1.587		1.487		1.501				
<b>EXPANSIÓN</b>															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN					
				mm	%		mm	%		mm	%				
06/04/23	12:30	0	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0.000			
07/04/23	12:30	24	8	0.203	0.177	16	0.406	0.353	18	0.457	0.398				
08/04/23	12:30	48	10	0.254	0.221	17	0.432	0.375	19	0.483	0.420				
09/04/23	12:30	72	12	0.305	0.265	22	0.559	0.486	23	0.584	0.508				
10/04/23	12:30	96	15	0.381	0.331	25	0.635	0.552	32	0.813	0.707				
<b>PENETRACIÓN</b>															
PENETRACIÓN		CARGA		MOLDE N°		M-04		MOLDE N°		M-05		MOLDE N°		M-06	
		STAND.	CARGA	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
mm	pulg.	kg/cm2													
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		38.9	38.9			34.6	34.7			14.5	14.6			
1.270	0.050		79.9	80.0			62.7	62.8			33.9	33.9			
1.905	0.075		205.0	205.0			142.5	142.5			89.2	89.3			
2.540	0.100	70.455	308.2	308.2	-	21.8	238.9	239.0	-	16.9	137.2	137.2	-	9.7	
3.810	0.150		401.0	401.0			322.5	322.6			205.4	205.5			
5.080	0.200	105.68	489.4	489.4	-	23.1	399.0	399.1	-	18.9	230.6	230.6	-	10.9	
6.350	0.250		644.1	644.2			526.9	527.0			303.7	303.8			
7.620	0.300		847.6	847.7			659.0	659.1			386.4	386.4			
10.160	0.400		982.3	982.4			713.6	713.7			424.7	424.8			
12.700	0.500		1142.1	1142.1			751.3	751.4			535.0	535.1			

Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

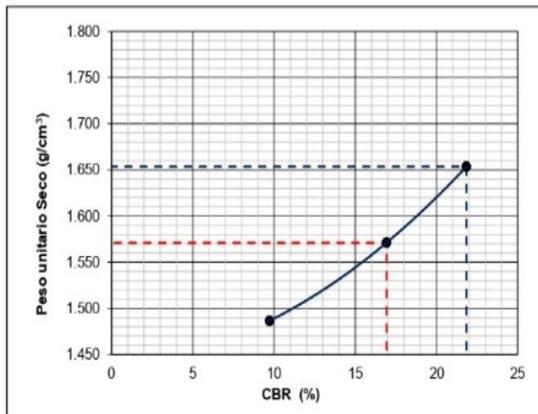
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Edgar Leonardo Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Freddy Luis Gallardo Meléndez**  
 Técnico en Laboratorio



<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR</b>			
(MTC E-132 / ASTM D-1883 / AASTHO T-193)			
Tesis: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"		Código Ensayo N°: F-07 001 - 2023	
Solicitante: LENIN SALAZAR CHÁVEZ			
Procedencia: HUAYLLA BELEN - COLCAMA - LUYA	Calicata: CALICATA 02	Tec. Responsable 1: E.Ordoñez S.	
Ceniza: 25%	Profundidad: 1.50 Mts	Fecha: 10/04/2023	Tec. Responsable 2: F.Gallardo M.

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**



<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASTHO T-180
PESO UNITARIO SECO	: 1.654
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 18.53
95% MAXIMO PESO UNITARIO SECO (g/cm3)	: 1.571

<b>RESULTADOS:</b>	
Valor de C.B.R. al 100% de la P.U.S. a 1"	= 21.8 %
Valor de C.B.R. al 95% de la P.U.S. a 1"	= 16.9 %

OBSERVACIONES:

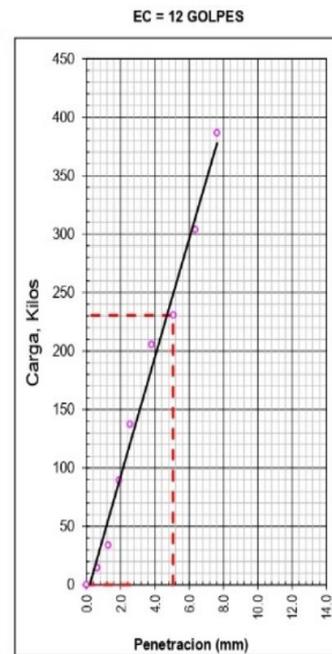
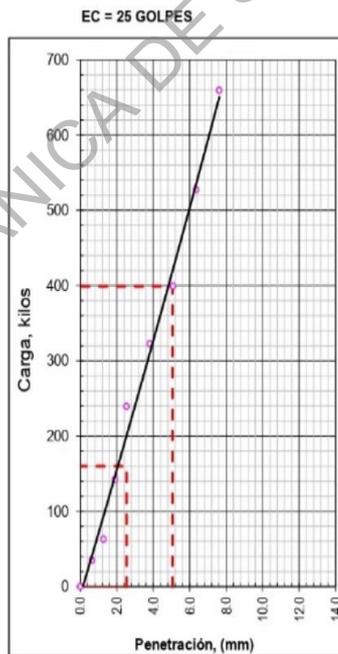
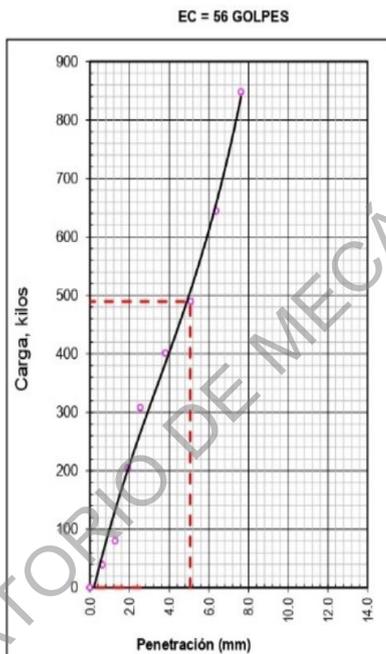
---



---



---



Observaciones: Muestra extraída e identificada por el SOLICITANTE.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*[Signature]*  
 Edgar Leonardo Ordoñez Serván  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)  
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM

*[Signature]*  
 Freddy Luis Gallardo Melendez  
 Técnico en Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>	
FORMATO	
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b>	
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)	
<b>Tesis:</b> "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022" <b>Solicitante:</b> LENIN SALAZAR CHÁVEZ	<b>Código Ensayo N°:</b> EST-C-01
<b>Procedencia:</b> HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA <b>Calicata:</b> CALICATA 01 <b>Ceniza:</b> 0% (Natural)	<b>Tec. Responsable 1:</b> E.Ordoñez S. <b>Tec. Responsable 2:</b> F.Gallardo M.
<b>Profundidad:</b> 1.50 Mts	<b>Fecha:</b> 06/03/2023

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCIÓN	Suics
			Relleno. Arcilla limosa, arenosa, gravosa, de plasticidad media, medianamente compacta, seca, marrón; con gravas redondeadas de 2 pulg de tamaño máximo. Restos de desmonte y basura (restos de ladrillos, plásticos y maderas).	CL
			Arcilla limosa, de plasticidad media, compacta, seca, marrón claro.	CL
1.00			Arena fina, limosa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón plomizo. Finos de plasticidad baja.	CL
1.50			Arcilla arenosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón plomizo; con piedras y bolones redondeados de 9 pulg de tamaño máximo.	CL

**TIPOS DE MUESTRAS**

<input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bloque	<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby
<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Bloque	<input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo
<input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	

**OBSERVACIONES:**

---



---



---

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Edgar Leonardo Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA)**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Freddy Luis Gallardo Melendez**  
 Técnico en Laboratorio



**UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA  
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL**

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>			
FORMATO			
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b>			
(MTC E-107 / ASTM D-422, C-117 / AASHTO T-27, T-88)			
<b>Tesis:</b> <i>"APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PARA MEJORAR LA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE DEL KM 30+000 – KM 31+000 DE LA VÍA LUYA OCUMAL, AMAZONAS, 2022"</i>		<b>Código Ensayo N°:</b> EST-C-02	
<b>Solicitante:</b> <b>LENIN SALAZAR CHÁVEZ</b>			
<b>Procedencia:</b> <b>HUAYLLA BELEN - COLCAMAR - LUYA</b>	<b>Calicata:</b> <b>CALICATA 02</b>	<b>Tec. Responsable 1:</b> <b>E.Ordoñez S.</b>	
<b>Ceniza:</b> <b>0% (Natural)</b>	<b>Profundidad:</b> <b>1.50 Mts</b>	<b>Fecha:</b> <b>06/03/2023</b>	<b>Tec. Responsable 2:</b> <b>F.Gallardo M.</b>

Prof. (m)	Tipo de Muestra	Símbolo	DESCRIPCIÓN	SUCS
		[Hatched Pattern]	Relleño afirmado. Grava arenosa, limosa, medianamente densa, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón claro, con gravas sub redondeadas de 2 pulg de tamaño máximo. Finos de plasticidad baja.	CL
		[Dotted Pattern]	Arcilla limosa, de plasticidad media, compacta, ligeramente húmeda, marrón claro. Concreciones.	CL
1.00		[Dotted Pattern]	Arcilla arenosa, mal graduada, medianamente densa, ligeramente húmeda, marrón plumizo, con piedras y bolones redondeados de 8 pulg de tamaño máximo.	CL
1.50	[Box]			
	[Box]			

© Verónica Trujillo / MCHT - Formas (Escuela Lameca) - LAMECA\_2 - 21.jpg

<b>TIPOS DE MUESTRAS</b> <input type="checkbox"/> Muestra Alterada en Bolsa <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Shelby <input checked="" type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Bloque <input type="checkbox"/> Muestra Inalterada en Tubo <input type="checkbox"/> Muestra de Agua Subterránea	<b>OBSERVACIONES:</b>   
---	-----------------------------------

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Edgar Leonardo Ordoñez Serván**  
 Asistente Técnico Académico del Laboratorio

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO (LAMECA) ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL - UNTRM**  
  
**Freddy Luis Gallardo Melendez**  
 Técnico en Laboratorio

### 8.3. Análisis estadístico de los resultados

Statistix 8.0

10/07/2023, 22:12:19

#### Analysis of Variance Table for MDS

Source	DF	SS	MS	F	P
CONCENTRA	3	0.08430	0.02810	54.37	0.0041
REPETICIO	1	0.00281	0.00281	5.44	0.1019
Error	3	0.00155	0.00052		
Total	7	0.08866			

**Grand Mean 1.7145 CV 1.33**

#### Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	7.190E-04	7.190E-04	1.73	0.3190
Remainder	2	8.315E-04	4.158E-04		

#### Analysis of Variance Table for CBR

Source	DF	SS	MS	F	P
CONCENTRA	3	184.860	61.6200	4.05	0.1403
REPETICIO	1	0.405	0.4050	0.03	0.8807
Error	3	45.615	15.2050		
Total	7	230.880			

**Grand Mean 13.800 CV 28.26**

#### Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	3.3351	3.3351	0.16	0.7296
Remainder	2	42.2799	21.1399		

#### Analysis of Variance Table for LL

Source	DF	SS	MS	F	P
CONCENTRA	3	17.5000	5.83333	4.7E+30	0.0000
REPETICIO	1	8.00000	8.00000	6.5E+30	0.0000
Error	3	3.717E-30	1.239E-30		

Total 7 25.5000

**Grand Mean 36.750**

WARNING: The model error mean square is too small to continue.

The model may fit the data exactly.

Analysis of Variance Table for LP

Source	DF	SS	MS	F	P
CONCENTRA	3	81.3750	27.1250	59.18	0.0036
REPETICIO	1	10.1250	10.1250	22.09	0.0182
Error	3	1.3750	0.4583		
Total	7	92.8750			

**Grand Mean 23.875 CV 2.84**

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	0.26286	0.26286	0.47	0.5628
Remainder	2	1.11214	0.55607		

Analysis of Variance Table for OCH

Source	DF	SS	MS	F	P
CONCENTRA	3	40.9591	13.6530	5.51	0.0973
REPETICIO	1	2.2578	2.2578	0.91	0.4101
Error	3	7.4310	2.4770		
Total	7	50.6480			

**Grand Mean 17.464 CV 9.01**

Tukey's 1 Degree of Freedom Test for Nonadditivity

Source	DF	SS	MS	F	P
Nonadditivity	1	7.08790	7.08790	41.31	0.0234
Remainder	2	0.34314	0.17157		

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of MDS for CONCENTRA

CONCENTRA Mean Homogeneous Groups

CONCENTRA	Mean	Homogeneous Groups
1	1.8855	A
2	1.6970	B
3	1.6580	B
4	1.6175	B

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.0227

Critical Q Value 6.827 Critical Value for Comparison 0.1097

Error term used: CONCENTRA\*REPETICIO, 3 DF

There are 2 groups (A and B) in which the means are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of CBR for CONCENTRA

CONCENTRA Mean Homogeneous Groups

CONCENTRA	Mean	Homogeneous Groups
3	19.550	A
2	15.750	A
4	13.550	A
1	6.350	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 3.8994

Critical Q Value 6.827 Critical Value for Comparison 18.824

Error term used: CONCENTRA\*REPETICIO, 3 DF

There are no significant pairwise differences among the means.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of LP for CONCENTRA

CONCENTRA Mean Homogeneous Groups

CONCENTRA	Mean	Homogeneous Groups
4	28.000	A
3	25.500	AB
2	22.500	BC
1	19.500	C

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 0.6770  
Critical Q Value 6.827 Critical Value for Comparison 3.2682  
Error term used: CONCENTRA\*REPETICIO, 3 DF  
There are 3 groups (A, B, etc.) in which the means  
are not significantly different from one another.

Tukey HSD All-Pairwise Comparisons Test of OCH for CONCENTRA

CONCENTRA	Mean	Homogeneous Groups
4	20.400	A
3	18.795	A
2	16.030	A
1	14.630	A

Alpha 0.05 Standard Error for Comparison 1.5739  
Critical Q Value 6.827 Critical Value for Comparison 7.5976  
Error term used: CONCENTRA\*REPETICIO, 3 DF  
There are no significant pairwise differences among the means.