

**UNIVERSIDAD DE HUANUCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL**



**TESIS**

---

**“Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón  
para subrasante mejorada en carretera Pumahuasi - Cafesa,  
Leoncio Prado, Huánuco, 2024”**

---

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA  
CIVIL**

**AUTORA: Diego Gomez, Esther**

**ASESOR: Aguilar Alcantara, Leonel Marlo**

**HUÁNUCO – PERÚ**

**2025**

# U

# D

# H

**TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:**

- Tesis ( X )
- Trabajo de Suficiencia Profesional( )
- Trabajo de Investigación ( )
- Trabajo Académico ( )

**LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN:** Transporte  
**AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** (2020)

**CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:**

**Área:** Ingeniería, Tecnología

**Sub área:** Ingeniería civil

**Disciplina:** Ingeniería del transporte

**DATOS DEL PROGRAMA:**

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera Civil

Código del Programa: P07

Tipo de Financiamiento:

- Propio ( X )
- UDH ( )
- Fondos Concursables ( )

**DATOS DEL AUTOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 75140494

**DATOS DEL ASESOR:**

Documento Nacional de Identidad (DNI): 43415813

Grado/Título: Maestro en ingeniería civil con  
mención en dirección de empresas de la  
construcción

Código ORCID: 0000-0002-0877-5922

**DATOS DE LOS JURADOS:**

| Nº | APELLIDOS Y NOMBRES             | GRADO                                                                           | DNI      | Código ORCID        |
|----|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------------|
| 1  | Verastegui Ayala, Yessica Julia | Maestro en ciencias con mención en ingeniería de transportes                    | 43962020 | 0000-0002-4387-5013 |
| 2  | Diaz Simeon, Zomeli             | Maestro en: ingeniería mención: minería y medio ambiente                        | 22731455 | 0009-0008-4723-2817 |
| 3  | Jara Trujillo, Alberto Carlos   | Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible | 41891649 | 0000-0001-8392-1769 |



# UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

## Facultad de Ingeniería

### PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) CIVIL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 08:30 horas del día **jueves 04** de diciembre de 2025, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores integrado por los docentes:

|                                      |            |
|--------------------------------------|------------|
| ❖ MG. YESSICA JULIA VERASTEGUI AYALA | PRESIDENTE |
| ❖ MG. ZOMELI DIAZ SIMEON             | SECRETARIO |
| ❖ MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO   | VOCAL      |

Nombrados mediante la RESOLUCIÓN No 2656-2025-D-FI-UDH para evaluar la Tesis intitulada: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024", presentado por el (la) Bachiller. Bach Esther DIEGO GOMEZ, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **13** y cualitativo de **SUFICIENTE** (Art. 47).

Siendo las **9:35** horas del día **04** del mes de diciembre del año 2025, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

  
MG. YESSICA JULIA VERASTEGUI AYALA  
DNI: 43962020  
ORCID: 0000-0002-4387-5013  
**PRESIDENTE**

  
MG. ZOMELI DIAZ SIMEON  
DNI: 22731455  
ORCID: 0009-0008-4723-2817  
**SECRETARIO (A)**

  
MG. ALBERTO CARLOS JARA TRUJILLO  
DNI: 41891649  
ORCID: 0000-0001-8392-1769  
**VOCAL**



VICERRECTORADO DE  
**INVESTIGACIÓN**



## UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: ESTHER DIEGO GÓMEZ, de la investigación titulada "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024", con asesor(a) LEONEL MARLO AGUILAR ALCÁNTARA, designado(a) mediante documento: RESOLUCIÓN N° 0242-2024-D-FI-UDH del P. A. de INGENIERÍA CIVIL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 25 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 17 de octubre de 2025



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA  
D.N.I.: 71345687  
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

## 108. Diego Gómez, Esther.docx

### INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

25%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1

[hdl.handle.net](https://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

9%

2

[documentop.com](https://documentop.com)

Fuente de Internet

2%

3

[repositorio.upn.edu.pe](https://repositorio.upn.edu.pe)

Fuente de Internet

2%

4

[repositorio.uss.edu.pe](https://repositorio.uss.edu.pe)

Fuente de Internet

1%

5

[distancia.udh.edu.pe](https://distancia.udh.edu.pe)

Fuente de Internet

1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO  
D.N.I.: 47074047  
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



MANUEL E. ALIAGA VIDURIZAGA  
D.N.I.: 71345687  
cod. ORCID: 0009-0004-1375-5004

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, a Dios todopoderoso por las bendiciones y también a mis padres Demetrio Diego Marcelo y Justina Gomez Castro por su amor incondicional y por haberme acompañado durante todo mi proceso de formación profesional, definitivamente son la inspiración para lograr todas mis metas.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios por todas las bendiciones a lo largo de mi vida, a mis padres por todo el apoyo incondicional durante mi vida universitaria y desarrollo de la presente investigación.

Al Programa Académico de Ingeniería Civil y a la Universidad de Huánuco, por brindarme una formación integral y por ser el espacio donde pude desarrollar mis habilidades académicas y personales. Agradezco profundamente la oportunidad de haber crecido en un entorno que fomenta el aprendizaje, el pensamiento crítico y la excelencia profesional.

A mis amistades que fueron partícipes de alguna manera en el progreso de mi vida académica.

## ÍNDICE

|                                                     |      |
|-----------------------------------------------------|------|
| DEDICATORIA .....                                   | II   |
| AGRADECIMIENTOS .....                               | III  |
| ÍNDICE .....                                        | IV   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                              | VII  |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                             | IX   |
| RESUMEN .....                                       | XIII |
| ABSTRACT .....                                      | XIV  |
| INTRODUCCIÓN .....                                  | XV   |
| CAPÍTULO I .....                                    | 15   |
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....                     | 15   |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....                 | 15   |
| 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....                 | 16   |
| 1.2.1. PROBLEMA GENERAL .....                       | 16   |
| 1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS .....                  | 16   |
| 1.3. OBJETIVOS .....                                | 17   |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....                       | 17   |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....                  | 17   |
| 1.4. JUSTIFICACIÓN .....                            | 18   |
| 1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA .....                  | 18   |
| 1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA .....                 | 18   |
| 1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA .....             | 19   |
| 1.5. LIMITACIONES .....                             | 19   |
| CAPÍTULO II .....                                   | 20   |
| MARCO TEÓRICO .....                                 | 20   |
| 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....         | 20   |
| 2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES .....           | 20   |
| 2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES .....                | 21   |
| 2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES .....                   | 23   |
| 2.2. BASES TEÓRICAS .....                           | 23   |
| 2.2.1. CARBÓN .....                                 | 23   |
| 2.2.2. CENIZA DE CARBÓN .....                       | 24   |
| 2.2.3. VENTAJAS EN EL USO DE CENIZA DE CARBÓN ..... | 25   |

|                                       |                                                                  |    |
|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.4.                                | DESVENTAJAS EN EL USO DE CENIZA DE CARBÓN.....                   | 26 |
| 2.2.5.                                | SUELO.....                                                       | 27 |
| 2.2.6.                                | ESTABILIZACIÓN DE SUELOS .....                                   | 28 |
| 2.2.7.                                | TIPOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS .....                          | 29 |
| 2.2.8.                                | PROPIEDADES GEOTÉCNICAS A MEJORAR .....                          | 30 |
| 2.2.9.                                | MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DEL SUELO.....                         | 30 |
| 2.2.10.                               | TIPOS DE ADITIVOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS .<br>.....    | 31 |
| 2.3.                                  | DEFINICIONES CONCEPTUALES .....                                  | 32 |
| 2.4.                                  | HIPÓTESIS .....                                                  | 34 |
| 2.4.1.                                | HIPÓTESIS GENERAL.....                                           | 34 |
| 2.4.2.                                | HIPÓTESIS ESPECÍFICAS .....                                      | 34 |
| 2.5.                                  | VARIABLES.....                                                   | 34 |
| 2.5.1.                                | VARIABLE DEPENDIENTE .....                                       | 34 |
| 2.5.2.                                | VARIABLE INDEPENDIENTE .....                                     | 34 |
| 2.6.                                  | OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....                            | 35 |
| CAPÍTULO III .....                    |                                                                  | 36 |
| METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN ..... |                                                                  | 36 |
| 3.1.                                  | TIPO DE INVESTIGACIÓN .....                                      | 36 |
| 3.1.1.                                | ENFOQUE .....                                                    | 36 |
| 3.1.2.                                | ALCANCE O NIVEL .....                                            | 36 |
| 3.1.3.                                | DISEÑO .....                                                     | 37 |
| 3.2.                                  | POBLACIÓN Y MUESTRA.....                                         | 37 |
| 3.2.1.                                | POBLACIÓN .....                                                  | 37 |
| 3.2.2.                                | MUESTRA .....                                                    | 38 |
| 3.3.                                  | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS                  | 39 |
| 3.4.                                  | TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS .....                      | 39 |
| 3.5.                                  | TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS<br>DATOS ..... | 66 |
| 3.6.                                  | ASPECTOS ÉTICOS.....                                             | 66 |
| CAPÍTULO IV.....                      |                                                                  | 67 |
| RESULTADOS.....                       |                                                                  | 67 |
| 4.1.                                  | RESULTADOS DESCRIPTIVOS.....                                     | 67 |
| 4.2.                                  | RESULTADOS INFERENCIALES .....                                   | 77 |

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| CAPÍTULO V.....                                                            | 85 |
| DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....                                               | 85 |
| 5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE<br>INVESTIGACIÓN ..... | 85 |
| CONCLUSIONES .....                                                         | 87 |
| RECOMENDACIONES.....                                                       | 90 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                            | 91 |
| ANEXOS.....                                                                | 95 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                                                                                                                             |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1 Resultados de la densidad máxima seca (g/cm <sup>3</sup> ) para cada proporción de adición de ceniza de carbón .....                                                | 67 |
| Tabla 2 Resultados del contenido de humedad (%) para cada proporción de adición de ceniza de carbón .....                                                                   | 68 |
| Tabla 3 Resultados de la capacidad de carga de la subrasante para las calicatas patrón (%) .....                                                                            | 70 |
| Tabla 4 Resultados de la capacidad de carga de la subrasante para las calicatas con adición del 25% ceniza de carbón (%) .....                                              | 71 |
| Tabla 5 Resultados de la capacidad de carga de la subrasante para las calicatas con adición del 50% ceniza de carbón (%) .....                                              | 73 |
| Tabla 6 Resultados de la capacidad de carga de la subrasante para las calicatas con adición del 75% ceniza de carbón (%) .....                                              | 74 |
| Tabla 7 Resultados de la capacidad de carga promedio de la subrasante para las calicatas con adición del 0%, 25%, 50% y 75% ceniza de carbón (%) ...                        | 75 |
| Tabla 8 Prueba de normalidad para los datos de las características geotécnicas del suelo arcilloso (Densidad, Contenido de Humedad, Capacidad de Carga).....                | 77 |
| Tabla 9 Prueba de ANOVA para los datos de las características geotécnicas del suelo arcilloso (Densidad, Contenido de Humedad, Capacidad de Carga) .....                    | 78 |
| Tabla 10 Prueba de normalidad para los datos de la densidad máxima seca de las calicatas de suelo arcilloso con adición de ceniza de carbón (g/cm <sup>3</sup> )            | 79 |
| Tabla 11 Prueba de regresión lineal para los datos de la densidad máxima seca de las calicatas de suelo arcilloso con adición de ceniza de carbón (g/cm <sup>3</sup> )..... | 80 |
| Tabla 12 Prueba de normalidad para los datos del contenido de humedad de las calicatas con adición de ceniza de carbón (%).....                                             | 81 |
| Tabla 13 Prueba de regresión lineal para los datos del contenido de humedad de las calicatas con adición de ceniza de carbón (%).....                                       | 82 |

|                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 14 Prueba de normalidad para los datos de la capacidad de carga de las calicatas con adición de ceniza de carbón (%).....       | 83 |
| Tabla 15 Prueba de regresión lineal para los datos de la capacidad portante de las calicatas con adición de ceniza de carbón (%)..... | 83 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 Ubicación de la carretera Pumahuasi-Cafesa, Leoncio Prado, Huánuco .....     | 38 |
| Figura 2 Excavación de calicatas.....                                                 | 40 |
| Figura 3 Muestras de suelo extraídas.....                                             | 40 |
| Figura 4 Recolección de la muestra de suelo .....                                     | 41 |
| Figura 5 Pesaje de suelo para realizar la granulometría.....                          | 41 |
| Figura 6 Vibrado manual de los tamices .....                                          | 42 |
| Figura 7 Pesaje de las muestras de suelos retenidas en los tamices.....               | 42 |
| Figura 8 Pesaje de la muestra de suelo pasante del tamiz N° 40.....                   | 43 |
| Figura 9 Preparación de la muestra de suelo para el ensayo de Casagrande .....        | 43 |
| Figura 10 Llenado de muestra a la copa de Casagrande .....                            | 44 |
| Figura 11 Trazo de hendidura con el acanalador de bronce.....                         | 44 |
| Figura 12 Golpes del suelo con la Casagrande .....                                    | 45 |
| Figura 13 Pesaje de la muestra después del ensayo de Casagrande .....                 | 45 |
| Figura 14 Pesaje de la muestra de Casagrande.....                                     | 46 |
| Figura 15 Ensayo de limite plástico del suelo .....                                   | 46 |
| Figura 16 Pesaje de las muestras elipsoides del suelo .....                           | 47 |
| Figura 17 Pesaje de la adición (ceniza de carbón) .....                               | 47 |
| Figura 18 Pesaje de la adición (ceniza de carbón) .....                               | 48 |
| Figura 19 Pesaje de la adición (ceniza de carbón) .....                               | 48 |
| Figura 20 Pesaje de suelo (patrón).....                                               | 49 |
| Figura 21 Pesaje de agua.....                                                         | 49 |
| Figura 22 Mezclado homogéneo, del ensayo “CBR” en laboratorio (patrón) .....          | 50 |
| Figura 23 Pesaje de suelo, con adición del 25% .....                                  | 50 |
| Figura 24 Mezclado homogéneo del ensayo “CBR” en laboratorio, con adición de 25%..... | 51 |

|                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 25 Pesaje de suelo con adición del 50% .....                                                                                                  | 51 |
| Figura 26 Mezclado homogéneo del ensayo “CBR” en laboratorio, con adición de 50%.....                                                                | 52 |
| Figura 27 Pesaje de suelo con adición del 75% .....                                                                                                  | 52 |
| Figura 28 Mezclado homogéneo del ensayo “CBR” en laboratorio, con adición de 75%.....                                                                | 53 |
| Figura 29 Compactación del ensayo “CBR” en laboratorio (patrón) .....                                                                                | 53 |
| Figura 30 Compactación del ensayo “CBR” con adición 25% .....                                                                                        | 54 |
| Figura 31 Compactación del ensayo “CBR” con adición 50% .....                                                                                        | 54 |
| Figura 32 Compactación del ensayo “CBR” con adición 75% .....                                                                                        | 55 |
| Figura 33 Corte del espécimen compactado de la muestra patrón.....                                                                                   | 55 |
| Figura 34 Corte del espécimen compactado de la muestra con adición de 25% .....                                                                      | 56 |
| Figura 35 Corte del espécimen compactado de la muestra con adición de 50% .....                                                                      | 56 |
| Figura 36 Corte del espécimen compactado de la muestra con adición de 75% .....                                                                      | 57 |
| Figura 37 Separación de material para determinar la humedad de la muestra de patrón.....                                                             | 57 |
| Figura 38 Separación de material para determinar la humedad de la muestra con adición de 25%.....                                                    | 58 |
| Figura 39 Separación de material para determinar la humedad de la muestra con adición de 50%.....                                                    | 58 |
| Figura 40 Separación de material para determinar la humedad de la muestra con adición de 75%.....                                                    | 59 |
| Figura 41 Desmontaje de los moldes.....                                                                                                              | 59 |
| Figura 42 Desmontaje de los moldes.....                                                                                                              | 60 |
| Figura 43 Pesaje de los moldes más suelo húmedo.....                                                                                                 | 60 |
| Figura 44 Colocación de vástagos y anillos necesarios para completar una sobrecarga y lectura de deformación, en las muestras de ensayo “CBR” patrón |    |

|                                                                                                                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| y con adición 25% .....                                                                                                                                                    | 61 |
| Figura 45 Colocación de vástagos y anillos necesarios para completar una sobrecarga y lectura de deformímetro, en las muestras de ensayo “CBR” con adición 50% y 75% ..... | 61 |
| Figura 46 Se sumergió en el tanque las muestras de ensayo “CBR” patrón y con adición de 25%.....                                                                           | 62 |
| Figura 47 Se sumergió en el tanque las muestras de ensayo “CBR” con adición de 50% y 75%.....                                                                              | 62 |
| Figura 48 Lectura de deformación de las muestras de “CBR” patrón y con adición 25% .....                                                                                   | 63 |
| Figura 49 Lectura de deformación de las muestras de “CBR” con adición 50% Y 75% .....                                                                                      | 63 |
| Figura 50 Lectura de penetración de la muestra de ensayo “CBR” patrón ...                                                                                                  | 64 |
| Figura 51 Lectura de penetración de la muestra de ensayo “CBR” con adición de 25%.....                                                                                     | 64 |
| Figura 52 Lectura de penetración de la muestra de ensayo “CBR” con adición de 50%.....                                                                                     | 65 |
| Figura 53 Lectura de penetración de la muestra de ensayo “CBR” con adición de 75%.....                                                                                     | 65 |
| Figura 54 Comparación de la densidad máxima seca (g/cm <sup>3</sup> ) para cada proporción de adición de ceniza de carbón .....                                            | 68 |
| Figura 55 Comparación del contenido de humedad (%) para cada proporción de adición de ceniza de carbón .....                                                               | 69 |
| Figura 56 Comparación de la capacidad de carga de la subrasante para cada calicata patrón (%).....                                                                         | 71 |
| Figura 57 Comparación de la capacidad de carga de la subrasante para las calicatas con adición del 25% ceniza de carbón (%) .....                                          | 72 |
| Figura 58 Comparación de la capacidad de carga de la subrasante para las calicatas con adición del 50% ceniza de carbón (%) .....                                          | 73 |
| Figura 59 Comparación de la capacidad de carga de la subrasante para las calicatas con adición del 75% ceniza de carbón (%) .....                                          | 75 |

|                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 60 Comparación de la capacidad de carga promedio de la subrasante para las calicatas con adición del 0%, 25%, 50% y 75% ceniza de carbón (%) | 76 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de la adición de cenizas de carbón en la estabilización de suelos arcillosos en la carretera Pumahuasi – Cafesa, provincia de Leoncio Prado, Huánuco, durante el año 2024. Se desarrolló un enfoque cuantitativo, con un diseño cuasi-experimental, aplicando proporciones de ceniza de carbón del 25%, 50% y 75%, seleccionadas con base en estudios previos como los de León y Chilcón (2020), quienes demostraron mejoras significativas con la incorporación progresiva de este residuo industrial hasta un 75%, y en concordancia con ensayos exploratorios realizados en laboratorio. Se evaluaron propiedades geotécnicas clave: densidad máxima seca, contenido de humedad y capacidad portante mediante el ensayo CBR.

Los resultados indicaron que la adición de ceniza de carbón generó un efecto estadísticamente significativo sobre la densidad máxima seca ( $p = 0,014$ ;  $R^2 = 0,971$ ), alcanzando un valor máximo de  $2,344 \text{ g/cm}^3$  con la incorporación del 75% de ceniza, lo cual reflejó una mejora en la compactación del suelo. Sin embargo, no se observó un efecto significativo en el contenido de humedad ( $p = 0,215$ ) ni en la capacidad portante ( $p = 0,727$ ), aunque estos parámetros presentaron incrementos absolutos moderados.

En comparación con estudios como el de Laos (2022), donde se usaron residuos vegetales con incrementos sustanciales en la capacidad portante, y Liu et al. (2024), quienes reportaron mejoras en subrasantes arcillosas con solo un 3% de cenizas volantes, los resultados de esta investigación reflejaron un desempeño limitado de la ceniza de carbón en el incremento de la resistencia estructural. Por ello, se concluyó que, aunque el uso de cenizas de carbón mejoró la compactación, no aportó mejoras significativas en la resistencia mecánica del suelo. Se recomendó su aplicación en combinación con otros estabilizantes (como cal o cemento) para potenciar sus efectos.

**Palabras clave:** Estabilización, suelos, cenizas, carbón, carretera, cafesa.

## ABSTRACT

The present research aimed to determine the effect of adding coal ash on the stabilization of clay soils along the Pumahuasi – Cafesa road, located in the province of Leoncio Prado, Huánuco, during the year 2024. A quantitative approach was developed, with a quasi-experimental design, applying coal ash proportions of 25%, 50%, and 75%, selected based on previous studies such as those by León and Chilcón (2020), who demonstrated significant improvements with the progressive incorporation of this industrial waste up to 75%, and in accordance with exploratory laboratory tests. Key geotechnical properties were evaluated: maximum dry density, moisture content, and bearing capacity using the CBR test.

The results indicated that the addition of coal ash had a statistically significant effect on the maximum dry density ( $p = 0.014$ ;  $R^2 = 0.971$ ), reaching a peak value of  $2.344 \text{ g/cm}^3$  with the incorporation of 75% ash, which reflected an improvement in soil compaction. However, no significant effect was observed on the moisture content ( $p = 0.215$ ) or on the bearing capacity ( $p = 0.727$ ), although these parameters showed moderate absolute increases.

Compared to studies such as Laos (2022), which used plant waste and reported substantial increases in bearing capacity, and Liu et al. (2024), who observed improvements in clay subgrades with just 3% fly ash, the results of this research showed a limited performance of coal ash in enhancing structural strength. Therefore, it was concluded that although the use of coal ash improved compaction, it did not significantly enhance the mechanical strength of the soil. Its application is recommended in combination with other stabilizers (such as lime or cement) to strengthen its effects.

**Keywords:** Stabilization, soils, ash, coal, road, coffee.

## INTRODUCCIÓN

La estabilidad de los suelos arcillosos es un factor determinante en la construcción de infraestructura vial, ya que su alta plasticidad y baja capacidad portante pueden generar asentamientos diferenciales y fallas estructurales. En el Perú, muchas carreteras atraviesan zonas con suelos de baja resistencia, lo que afecta su durabilidad y seguridad, especialmente en regiones con climas extremos y alta variabilidad de precipitaciones.

En este contexto, la búsqueda de materiales alternativos para mejorar la estabilidad del suelo ha cobrado gran importancia, promoviendo el uso de aditivos como residuos industriales y subproductos minerales.

En la zona de Leoncio Prado, Huánuco, la carretera Pumahuasi - Cafesa presenta condiciones geotécnicas desafiantes debido a la presencia de suelos arcillosos con baja capacidad portante, lo que genera problemas en la subrasante y reduce la vida útil del pavimento. La estabilización de suelos mediante el uso de cenizas de carbón surge como una alternativa sostenible, ya que permite reutilizar un residuo industrial y potencialmente mejorar las propiedades mecánicas del suelo.

Sin embargo, la efectividad de esta técnica en términos de compactación, retención de humedad y capacidad portante aún no ha sido ampliamente estudiada en este contexto específico.

Ante ello, este estudio tiene como objetivo determinar el efecto de la adición de cenizas de carbón en la estabilidad de suelos arcillosos en la carretera Pumahuasi - Cafesa, evaluando su impacto en la densidad máxima seca, el contenido de humedad y la capacidad portante.

Para ello, se empleó una metodología experimental que permitió analizar cómo varían estas propiedades geotécnicas en función de diferentes proporciones de ceniza. Con ello, se busca aportar información relevante para la optimización de técnicas de estabilización de suelos y fomentar el uso de materiales alternativos en la construcción vial.

# **CAPÍTULO I**

## **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En el ámbito global, la estabilización de suelos arcillosos ha sido históricamente un desafío relevante en proyectos de infraestructura vial, debido a la baja capacidad portante y alta plasticidad de estos suelos. Esta problemática se agrava en regiones donde los cambios climáticos extremos generan ciclos de humedad y sequedad que afectan negativamente la estabilidad del terreno. Según Svens (2023), las arcillas expansivas, que contienen minerales como montmorillonita y bentonita, son susceptibles a variaciones volumétricas con el cambio estacional de la humedad, provocando grietas, levantamientos y fallas estructurales en los pavimentos. Investigaciones internacionales, como la de Liu et al. (2024) en Australia, han demostrado que el uso de cenizas volantes de lignito puede mejorar significativamente la resistencia de subrasantes arcillosos al incrementar el CBR y el módulo resiliente, aunque sus efectos son óptimos con proporciones bajas (3% de adición).

En el Perú, gran parte de las vías de comunicación atraviesan zonas de suelos de baja calidad, especialmente en regiones andinas y amazónicas, donde predominan los suelos arcillosos con baja capacidad de soporte. Esta condición ha generado históricamente altos costos de mantenimiento vial y frecuentes fallas estructurales. Estudios como el de León y Chilcón (2020), desarrollados en Lima, evidenciaron que la incorporación de ceniza de carbón en la subrasante mejoró la estabilidad de suelos arcillosos, aunque los beneficios dependieron del porcentaje utilizado. Asimismo, investigaciones peruanas han resaltado la importancia de utilizar residuos industriales (como la ceniza de carbón o cenizas de cáscara de arroz) como materiales alternativos de estabilización, no solo por su efecto técnico, sino también por sus beneficios ambientales y económicos (López, 2021).

En la región Huánuco, se han identificado múltiples tramos viales con problemas recurrentes de deformaciones en la subrasante debido a la

presencia de suelos arcillosos, especialmente en zonas con alta precipitación y clima tropical húmedo. Laos (2022), en una investigación desarrollada en la región, determinó que la incorporación de ceniza de palma aceitera en suelos arcillosos incrementó significativamente la resistencia de la subrasante. Esta evidencia regional respalda la viabilidad de emplear residuos sólidos en la mejora de las propiedades geotécnicas de suelos locales. Sin embargo, la aplicabilidad de otros residuos industriales como la ceniza de carbón aún no ha sido suficientemente explorada en el contexto huanuqueño.

En el tramo vial Pumahuasi – Cafesa, ubicado en la provincia de Leoncio Prado, se han reportado históricamente deficiencias estructurales en la subrasante debido a la alta plasticidad y baja resistencia de los suelos arcillosos. Estas condiciones han generado deformaciones, baches y deterioro prematuro de la carpeta asfáltica, afectando la transitabilidad, el transporte de productos agrícolas y el acceso a servicios básicos en zonas rurales. La falta de intervenciones técnicas sostenibles ha limitado la vida útil de esta vía, incrementando los costos de mantenimiento. Ante ello, surge la necesidad de aplicar técnicas de estabilización que aprovechen materiales disponibles como la ceniza de carbón, promoviendo además una gestión ambiental adecuada de este residuo industrial.

## **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1. PROBLEMA GENERAL**

PG: ¿De qué manera la incorporación de cenizas de carbón, para uso como subrasante mejora la estabilización de suelos arcillosos de la carretera Pumahuasi – Cafesa, en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco, en 2024?

### **1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

PE1: ¿De qué manera la incorporación de 25%, 50% y 75% de cenizas de carbón mejora la densidad máxima seca en la estabilización de suelos arcillosos para la mejora de la subrasante en la carretera Pumahuasi - Cafesa?

PE2: ¿Cómo el uso de 25%, 50% y 75% de cenizas de carbón influye en el contenido de humedad de los suelos arcillosos estabilizados en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa?

PE3: ¿Qué efecto tiene la adición de 25%, 50% y 75% de carbón en la capacidad de carga de los suelos arcillosos estabilizados en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa?

PE4: ¿Cuál es la relación entre los costos de inversión que se obtienen al utilizar cenizas de carbón en la estabilización de suelos arcillosos de la carretera Pumahuasi – Cafesa, en comparación con métodos tradicionales de subrasante?

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

OG: Determinar de qué manera la incorporación de cenizas de carbón, para uso como subrasante mejora la estabilización de suelos arcillosos de la carretera Pumahuasi – Cafesa, en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco, en 2024.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

OE1: Evaluar de qué manera la incorporación de 25%, 50% y 75% de cenizas de carbón mejora la densidad máxima seca en la estabilización de suelos arcillosos para la mejora de la subrasante en la carretera Pumahuasi - Cafesa.

OE2: Analizar cómo el uso de 25%, 50% y 75% de cenizas de carbón influye en el contenido de humedad de los suelos arcillosos estabilizados en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.

OE3: Determinar qué efecto tiene la adición de 25%, 50% y 75% de carbón en la capacidad de carga de los suelos arcillosos estabilizados en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.

OE4: Evaluar la relación entre los costos de inversión derivados del uso de cenizas de carbón en la estabilización de suelos arcillosos de la

carretera Pumahuasi – Cafesa, en comparación con métodos tradicionales de mejoramiento de subrasante.

## **1.4. JUSTIFICACIÓN**

### **1.4.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Desde el enfoque teórico, la investigación se fundamentó en estudios recientes que destacaron el potencial de los residuos industriales, como la ceniza de carbón, en la mejora de las propiedades geotécnicas de suelos arcillosos. Investigaciones como la de Liu et al. (2024) demostraron que la adición de cenizas volantes de lignito mejoró significativamente el comportamiento mecánico de subrasantes arcillosas, aumentando la cohesión y reduciendo la deformabilidad del suelo. De igual manera, Yang et al. (2020) señalaron que la incorporación de cenizas de carbón en mezclas de concreto generó incrementos relevantes en su resistencia estructural, resaltando su valor como aglomerante económico. En el contexto nacional, León y Chilcón (2020) evidenciaron mejoras en la estabilidad de suelos arcillosos con la incorporación progresiva de ceniza de carbón en vías urbanas de Lima, mientras que Laos (2022) demostró beneficios similares utilizando residuos de palma aceitera en Huánuco.

### **1.4.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

Desde el plano práctico, la investigación respondió a una necesidad concreta: la mejora de la subrasante de la carretera Pumahuasi – Cafesa, afectada históricamente por la baja calidad de los suelos arcillosos. Este tramo presentó fallas frecuentes como baches y hundimientos, lo cual afectó la transitabilidad y la calidad de vida de la población local. La aplicación de métodos tradicionales de estabilización resultaba costosa y ambientalmente cuestionable. En este contexto, la ceniza de carbón, al ser un residuo de bajo costo y alta disponibilidad, ofreció una alternativa técnica viable. Como lo señalaron Gao et al. (2024), el uso de desechos industriales en la estabilización de suelos permitió reducir la huella ambiental y mejorar el rendimiento mecánico

del terreno. A nivel local, Laos (2022) resaltó que el uso de residuos agroindustriales logró incrementar significativamente la capacidad portante sin comprometer la economía del proyecto.

### **1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA**

Desde la perspectiva metodológica, el estudio aplicó un diseño experimental con enfoque cuantitativo, lo que permitió evaluar rigurosamente los efectos de la incorporación de ceniza de carbón al 25%, 50% y 75% en suelos arcillosos. Se utilizaron procedimientos estandarizados conforme a normas ASTM, AASHTO y NTP, como el ensayo CBR, la determinación de densidad máxima seca y contenido de humedad, lo que garantizó la fiabilidad de los resultados. Asimismo, se aplicaron análisis estadísticos inferenciales como la regresión lineal y la prueba ANOVA, tal como se recomendaba en investigaciones recientes (Liu et al., 2024; León y Chilcón, 2020), para validar el grado de significancia de los efectos observados. A ello se sumó un enfoque comparativo de costos de inversión y beneficios obtenidos, lo cual dotó al estudio de una dimensión integral para la toma de decisiones. Esta metodología pudo ser replicada en otras investigaciones similares, consolidando su utilidad como modelo experimental para el análisis de estabilizantes no convencionales.

### **1.5. LIMITACIONES**

Las principales limitaciones de esta investigación incluyeron la disponibilidad de datos y las regulaciones normativas. La falta de información precisa sobre la efectividad de la estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón en la carretera Pumahuasi – Cafesa dificultó una evaluación adecuada de su desempeño. Asimismo, las regulaciones y normativas locales o nacionales representaron obstáculos para la implementación de esta técnica, requiriendo un proceso riguroso de cumplimiento legal y posibles negociaciones para su aplicación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN**

##### **2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Liu et al. (2024), Realizaron un estudio en Australia, estudiaron muestras de suelo donde se construyen nuevas infraestructuras y carreteras, cuyo objetivo fue evaluar la viabilidad del uso de cenizas volantes de lignito (BCFA) en la estabilización de subrasantes de arcilla expansiva en la construcción de pavimentos, se realizaron pruebas de resistencia a la compresión no confinada, carga repetida triaxial, empapado California bearing ratio (CBR), cizallamiento directo, y pruebas de shrink-swell. Los resultados indicaron que la adición de BCFA aumentaba la resistencia, el módulo resiliente, el CBR empapado y la cohesión, reduciendo el índice de contracción-hundimiento y la deformación. El módulo de elasticidad más alto (82,52 MPa) y el CBR empapado (3,41%), se alcanzaron con un 3% de BCFA, recomendando su uso bajo este porcentaje.

Gao et al. (2024), realizaron una investigación en Estados Unidos se enfocó en explorar nuevas propuestas para reducir el impacto ambiental asociado al aumento de la producción industrial. El objetivo fue evaluar el potencial de utilizar desechos industriales como aditivos en la estabilización de suelos, centrándose en mejorar la resistencia y las propiedades de estos. Utilizando una metodología experimental en laboratorio, se llevaron a cabo pruebas de resistencia mecánica y trabajabilidad del suelo con diferentes concentraciones de desechos industriales. Los resultados numéricos revelaron un aumento significativo en la resistencia del suelo y una mejora en su capacidad de soporte. Como conclusión, se destacó el potencial de esta técnica para aminorar la contaminación en el ambiente y optimizar la rentabilidad en la industria de la construcción.

Miraki et al. (2022), investigaron en Irán en la provincia de Mazandaran sobre el potencial del uso de escoria granulada molida de alto horno (GGBS) activada con álcali y ceniza volcánica (VA) como ligantes verdes en proyectos de estabilización de suelos arcillosos. Cuyo objetivo fue evaluar los efectos de diferentes combinaciones de VA con GGBS, relaciones líquido/sólido, diferentes condiciones y períodos de curado (7, 28 y 90 días), estudiando la resistencia a la compresión y la durabilidad de los pavimentos frente a los ciclos húmedo-secos e hielo-deshielo, mediante el uso de pruebas mecánicas y microestructurales. Los resultados obtenidos fueron que la coexistencia de GGBS y VA, en el proceso de geopolimerización es más eficaz, la sustitución parcial por GGBS dio lugar a una resistencia superior a los ciclos climáticos. Concluyendo que GGBS/VA, es un adecuado sustituto de ligantes convencionales.

Yang et al. (2020), elaboraron una investigación en Corea, sobre uso de cenizas de carbón como aglomerante en concreto. El objetivo fue evaluar su efectividad para mejorar la resistencia del hormigón y reducir los costos de construcción. La metodología incluyó ensayos de laboratorio para establecer las propiedades externas y mecánicas del concreto en cuanto la adición de cenizas de carbón y otra no. Los resultados numéricos mostraron una mejora significativa en la resistencia del hormigón con la incorporación del material. En conclusión, se destacó el potencial de las cenizas de carbón como un aglomerante eficaz y económico para la construcción en Corea.

### **2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES**

León y Chilcon (2020) llevaron a cabo un estudio en Lima, donde se evaluó la estabilización de suelos arcillosos al colocar ceniza de carbón en la subrasante en la av. Cuzco, San Martín de Porres, en 2020. Donde su objetivo principal fue establecer los efectos de agregar ceniza de carbón como aditivo estabilizador en suelos arcillosos. La metodología adoptada fue enfoque cuasi experimental, utilizando como referencia investigaciones previas sustentadas. Se realizaron ensayos

de laboratorio de acuerdo con las normativas correspondientes, buscando mejorar la resistencia del suelo. Los resultados de la comparación entre ambas investigaciones, y concluyeron que la incorporación de este material mejoró significativamente la estabilidad de la superficie.

López (2021) en el estudio titulado "Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba – departamento de San Martín", realizado por Junior López Barbarán en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, tuvo como objetivo principal evaluar la eficacia de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) como agente estabilizador en suelos arcillosos de baja capacidad portante, específicamente en la subrasante de la localidad de Moyobamba. Para ello, se llevaron a cabo ensayos de laboratorio que incluyeron la caracterización física, mecánica y química de las muestras de suelo y CCA, así como la elaboración de mezclas en diferentes proporciones para analizar su comportamiento geotécnico. Los resultados indicaron que la adición de CCA mejora las propiedades del suelo, evidenciándose un incremento en el valor del California Bearing Ratio (CBR) de un 5% a un 19.4% al incorporar un 20% de CCA. Asimismo, al combinar suelo arcilloso, CCA y cal, se logró un aumento del CBR hasta un 38.5% con el mismo porcentaje de CCA. En cuanto a la resistencia a la compresión no confinada, se observó un incremento de 6.91 kg/cm<sup>2</sup> a 8.77 kg/cm<sup>2</sup> con la adición de un 20% de CCA, y hasta 9.96 kg/cm<sup>2</sup> al combinar 10% de CCA y cal. Estas mejoras se atribuyen al alto contenido de material silíceo presente en la CCA, que actúa como agente cementante. En conclusión, la investigación demostró que el uso de CCA, tanto como estabilizador primario como secundario en combinación con cal, es una alternativa viable y ecoamigable para el mejoramiento de suelos arcillosos en subrasantes, ofreciendo una solución sostenible al problema ambiental que representa la disposición de este residuo agrícola.

Jara y Muñoz (2021), ejecutaron un estudio en Chimbote en su tesis sobre el diseño comparativo en pavimentos rígido y flexible con subrasante mejorada, incorporando un 10% de residuo mineral en

cenizas en carretera cascajal izquierdo. El propósito principal fue examinar el método contrastante entre el modelo del suelo duro y elástico con la adición de un 10% de restos de ceniza de carbón en la subrasante natural. La metodología utilizada fue cuantitativo, no experimental y descriptivo, siguiendo protocolos establecidos por AASHTO – 1993 y los requisitos del Ministerio de Transportes. Los hallazgos mostraron mejoras en los pavimentos flexibles al agregar ceniza de carbón en la subrasante.

### **2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES**

Laos (2022) desarrolló una investigación en Huánuco, Perú, donde estudió el empleo de las cenizas de los restos de palma aceitera en capas de tierra, conformada en su totalidad por arcilla, cuyo objetivo fue estabilizar la capa subrasante, incorporando diferentes porcentajes de este elemento (0, 15, 20 y 25 por ciento), evaluando características como la plasticidad, densidad, humedad y resistencia, obteniendo como resultado el aumento en el nivel de resistencia (de 1,53 % a 22, 57 %), asimismo se reduce el nivel de densidad seca y aumenta la humedad; concluyendo que la incorporación de cenizas de provenientes de este elemento vegetal, genera una mejora en las propiedades de los suelos arcillosos específicamente en la capa objeto de estudio.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. CARBÓN**

Compuesto de origen orgánico, negro y con medidas fluctuantes, principalmente usado para la generación de electricidad, abasteciendo ahora el 41% de las demandas globales. En su constitución química, contiene elementos como nitrógeno, azufre, hidrógeno y oxígeno, con un alto compuesto de carbón (98%). El grado de producción oscila entre los 400°C y 700°C y, tras su combustión, se convierte en un residuo volante que queda expuesto al medio ambiente en forma de humo (García y Regueiro, 2024)

### **2.2.2. CENIZA DE CARBÓN**

Muestra una composición que puede variar en proporciones de cenizas de fondo, volantes y combinaciones, definidas de acuerdo con la normativa ASTM. Los restos volantes agroindustriales, generados durante la combustión en peroles para la coproducción de calor, son particularmente interesantes debido a su elevada disposición, con moléculas mayor a 0.075 mm, retenidas en la malla 200. Este material presente en estos residuos contiene un alto contenido de puzolanas, lo que se evidencia en las respuestas observadas en diminutas organizaciones amorfas y cristalinas. Desde esta combinación de aluminosilicatos, se quiere conseguir elementos puzolánicos similares a las del cemento Portland (Chacón y Rodríguez, 2024).

La ceniza de carbón puede ser categorizada en cenizas de fondo, cenizas volantes (definidas por la norma ASTM) y una combinación de ambas. Las cenizas volantes son residuos presentes en el fondo de las calderas y tienen un tamaño de partícula mayor a 0.075 mm (retenido en la malla N°200), características que las identifican con el carbón no quemado. Estos residuos son principalmente utilizados en investigaciones como material de relleno debido a su limitado potencial puzolánico. Por otro lado, las cenizas de fondo son residuos capturados en los filtros de las calderas y poseen un tamaño de partícula menor a 0.075 mm (pasante en la malla N°200). Se ha demostrado que estas cenizas son capaces de inducir reacciones en microestructuras cristalinas y amorfas mediante la síntesis de aluminosilicatos alcalinos con una solución activadora de hidróxido alcalino y silicato alcalino. A este producto se le denomina geopolímero, lo que sugiere que puede adquirir propiedades puzolánicas similares a las del cemento Portland (Chacón y Rodríguez, 2024).

Los hornos industriales utilizados para la producción de cenizas de carbón y otros materiales derivados de residuos de cenizas son económicos y beneficiosos en la construcción (Blucher et al., 2020).

Estudios han demostrado que, al agregar residuos de este compuesto como reemplazo parcial del cemento, con una proporción del 10% de carbón, se obtuvo un aumento del 11% en la resistencia a los 28 días en contraste con la muestra de control. Además, al agregar un 15% de estos residuos, la resistencia alcanzada a los 28 días fue del 91% en comparación con la primera muestra. Estas pruebas de resistencia y microestructuras indican que el número de ceniza de carbón utilizada como sustituto parcial del cemento proporciona un óptimo soporte en el material.

### **2.2.3. VENTAJAS EN EL USO DE CENIZA DE CARBÓN**

El uso de la ceniza de carbón como aditivo estabilizante en suelos arcillosos ha sido objeto de numerosos estudios en la ingeniería geotécnica debido a su efectividad en la mejora de propiedades físicas y mecánicas del suelo. Este residuo industrial, derivado de la combustión del carbón en centrales termoeléctricas, contiene óxidos de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), calcio ( $\text{CaO}$ ) y aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), los cuales generan reacciones puzolánicas al interactuar con la humedad y minerales del suelo. Estas reacciones forman compuestos cementantes como los silicatos y aluminatos de calcio hidratados, que mejoran la cohesión y resistencia del suelo tratado (Villanueva Meza, 2023).

Entre los beneficios geotécnicos más relevantes se destaca la mejora en la capacidad portante del suelo, así como la reducción de su plasticidad. Estudios han demostrado que la adición de ceniza de carbón reduce el límite líquido y eleva el límite plástico, disminuyendo así el índice de plasticidad y mejorando el comportamiento volumétrico del suelo frente a variaciones de humedad (Franco, 2022). Esto es fundamental para prevenir problemas de expansión o contracción, típicos de los suelos arcillosos, los cuales pueden generar asentamientos diferenciales en obras civiles. Además, se ha observado un aumento en la resistencia a la compresión simple, lo que aporta mayor estabilidad a estructuras fundadas sobre suelos tratados.

Desde una perspectiva económica, el uso de ceniza de carbón representa una alternativa rentable frente a estabilizantes tradicionales como la cal o el cemento. Su aplicación permite reutilizar un subproducto industrial, reduciendo los costos asociados al tratamiento o disposición final de este residuo (León y Chilcón, 2020). Esta práctica no solo optimiza recursos económicos, sino que también favorece la sostenibilidad al reducir el uso de materiales vírgenes y disminuir la huella ambiental de los proyectos de infraestructura. En consecuencia, se trata de una solución que integra eficiencia técnica con criterios de economía circular.

Asimismo, el empleo de ceniza de carbón tiene ventajas ambientales significativas. Al utilizarse en la estabilización de suelos, se evita su acumulación en botaderos y se reduce el riesgo de contaminación del suelo y agua por lixiviación de metales pesados. Su valorización como material de ingeniería contribuye a una gestión más sostenible de residuos sólidos industriales (Gao et al., 2024). Por tanto, su incorporación en proyectos geotécnicos no solo mejora las condiciones del terreno, sino que también promueve prácticas responsables con el medio ambiente.

#### **2.2.4. DESVENTAJAS EN EL USO DE CENIZA DE CARBÓN**

A pesar de sus múltiples beneficios en la estabilización de suelos, el uso de ceniza de carbón también presenta ciertas limitaciones y riesgos que deben ser considerados antes de su aplicación. Una de las principales preocupaciones radica en la variabilidad de su composición química, que depende del tipo de carbón utilizado, el proceso de combustión y la recolección del residuo. Esta heterogeneidad puede afectar la reactividad puzolánica y, por ende, la eficiencia del proceso de estabilización (Laos, 2022). En algunos casos, cenizas con bajo contenido de calcio presentan una reactividad limitada, lo que exige el uso de activadores adicionales como cal o cemento para mejorar sus propiedades.

Otro aspecto importante a considerar es la presencia potencial de metales pesados y elementos tóxicos en la ceniza, como arsénico, plomo, cromo o mercurio. Estos elementos pueden lixivarse en condiciones ambientales desfavorables, representando un riesgo para el suelo y los cuerpos de agua subterránea si no se implementan medidas adecuadas de confinamiento y monitoreo (Yang et al., 2020). Esta situación plantea preocupaciones ambientales, especialmente en zonas donde el control del manejo de residuos y la fiscalización ambiental son limitados.

Desde el punto de vista técnico, la manipulación y almacenamiento de la ceniza de carbón pueden generar desafíos logísticos en obra. Su naturaleza pulverulenta facilita la dispersión por el viento y puede generar problemas de calidad del aire y de salud ocupacional si no se cuenta con sistemas de control adecuados, como el uso de mascarillas, filtros o humectación del material (Arroyo y Ramirez, 2020). Además, el transporte y la dosificación deben realizarse cuidadosamente para evitar pérdidas y garantizar una mezcla homogénea con el suelo.

#### **2.2.5. SUELO**

El suelo es un material natural compuesto por minerales, materia orgánica, agua y aire, cuya formación depende de factores como el clima, la roca madre y el tiempo. En ingeniería civil, su estudio es fundamental, ya que actúa como medio de soporte para las estructuras. Según McBratney y Hartemink (2024), el análisis geotécnico del suelo permite comprender su comportamiento frente a cargas, humedad y esfuerzos, facilitando el diseño de obras seguras y duraderas. La clasificación de suelos por tamaño de partículas (gravas, arenas, limos y arcillas) ayuda a predecir su respuesta mecánica, como la resistencia al corte y la compresibilidad (Svens, 2023).

Además, el suelo desempeña funciones clave en el ciclo hidrológico y el soporte vegetal, aunque estas pueden interferir con los objetivos estructurales si no se manejan adecuadamente. Por ello, se

realizan ensayos para determinar parámetros físicos y mecánicos que influyen en su capacidad portante. Morales et al., (2022), enfatizan que ignorar las condiciones reales del suelo puede comprometer la estabilidad de una obra, incluso si los materiales estructurales son correctos. Así, la geotecnia se convierte en una herramienta indispensable para la ingeniería civil, al permitir adaptar las condiciones del terreno a las exigencias del proyecto.

#### **2.2.6. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS**

La estabilización de suelos es un proceso mediante el cual se mejoran las propiedades físicas y mecánicas de un suelo natural, con el fin de hacerlo más apto para fines de ingeniería, como la construcción de carreteras, cimentaciones y plataformas. Este procedimiento busca aumentar la capacidad de carga, reducir la plasticidad, controlar el contenido de humedad y disminuir la susceptibilidad al cambio volumétrico. Según Nieto (2021), estabilizar un suelo implica modificar sus características mediante la adición de materiales estabilizantes o por técnicas físicas que mejoren su comportamiento estructural.

Existen diversos métodos de estabilización, que pueden ser clasificados en mecánicos, químicos y físicos. La estabilización mecánica se basa en la compactación o en la mezcla de distintos tipos de suelos para lograr una composición más estable. Por su parte, la estabilización química emplea aditivos como la cal, el cemento, la ceniza volante, la escoria de alto horno y polímeros sintéticos para inducir reacciones químicas que mejoren la cohesión y resistencia del suelo (Chirinos y Rodriguez, 2021) La elección del método depende de factores como el tipo de suelo, el uso previsto de la obra, el clima y el costo del tratamiento.

Uno de los métodos más utilizados es la estabilización con cal o cemento, debido a su eficacia comprobada en suelos arcillosos y limosos. La adición de estos materiales genera reacciones puzolánicas y de hidratación que transforman las partículas del suelo en una

estructura más rígida y resistente. Según Fonseca y Becera (2021), estos procesos permiten mejorar significativamente la resistencia a la compresión no confinada y reducir la plasticidad, incrementando así la estabilidad del terreno tratado incluso bajo condiciones de humedad variables.

## **2.2.7. TIPOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS**

Existen diversos tipos de estabilización de suelos, que se clasifican principalmente en métodos mecánicos, químicos y físicos, dependiendo de la técnica utilizada para mejorar las propiedades del suelo. Los métodos mecánicos incluyen la compactación, que consiste en aumentar la densidad del suelo mediante la aplicación de esfuerzo, y la mezcla de suelos, que busca combinar suelos de diferentes tipos para lograr una mejor estabilidad. Además, el uso de geosintéticos como mallas, telas o fibras, que refuerzan el suelo, es una opción común en la estabilización física. Según Chirinos y Rodríguez (2021), estos métodos mejoran la capacidad portante del suelo, la resistencia al corte y la compresibilidad, haciéndolo adecuado para la construcción de bases de carreteras y cimentaciones.

La estabilización química es otra de las técnicas más utilizadas, especialmente en suelos arcillosos y limosos, mediante la adición de materiales como cal, cemento, ceniza volante o polímeros sintéticos. Estos aditivos reaccionan químicamente con el suelo, alterando su estructura mineral y mejorando propiedades como la plasticidad y la resistencia a la compresión (Huaman Rojas, 2022). Además, la estabilización química es especialmente eficaz en suelos húmedos, ya que ayuda a reducir la expansión y contracción debida a las variaciones de humedad. El uso de materiales alternativos, como la ceniza de carbón y otros residuos industriales, ha ganado popularidad en la estabilización de suelos, ofreciendo una solución ecológica y sostenible (López y Reyes 2023).

### **2.2.8. PROPIEDADES GEOTÉCNICAS A MEJORAR**

Las propiedades geotécnicas del suelo son fundamentales para determinar su comportamiento bajo cargas y su capacidad para soportar estructuras. Entre las principales propiedades a mejorar se encuentran la capacidad portante, la plasticidad, la compresibilidad y la permeabilidad. La capacidad portante es la habilidad del suelo para resistir cargas sin sufrir asentamientos excesivos, y es crucial para el diseño de cimentaciones (Zambrano et al., 2021). La plasticidad, por su parte, está relacionada con la expansión y contracción del suelo ante variaciones de humedad, lo que puede causar deformaciones y asentamientos indeseados en las estructuras. La estabilización de suelos busca reducir estas propiedades, mejorando la estabilidad y la durabilidad de las obras (Gutierrez Rodriguez, 2023).

Otra propiedad importante que se debe mejorar es la compresibilidad, que se refiere a la tendencia del suelo a reducir su volumen cuando se aplica una carga. Este comportamiento es problemático en suelos blandos, como los arcillosos, ya que puede causar asentamientos diferenciales en la estructura. Además, la permeabilidad, que es la capacidad del suelo para permitir el paso de agua, influye directamente en el drenaje y la estabilidad del terreno. En suelos con baja permeabilidad, como las arcillas, la estabilización química o el uso de aditivos puede mejorar estas propiedades y garantizar la seguridad y la eficiencia de la edificación (Salazar Pretel, 2022).

### **2.2.9. MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DEL SUELO**

Los métodos de estabilización del suelo se dividen principalmente en mecánicos, químicos y físicos, dependiendo de la técnica empleada para mejorar sus propiedades. Los métodos mecánicos incluyen la compactación y la mezcla de suelos de diferentes tipos para mejorar su densidad y capacidad de carga. En la estabilización química, se utilizan aditivos como cal, cemento, ceniza volante o polímeros sintéticos, que

reaccionan con el suelo para mejorar su cohesión, resistencia y reducir la plasticidad. Además, los métodos físicos incluyen el uso de geosintéticos, como mallas y telas, que refuerzan el suelo y controlan su deformación. Según Rivera y Aguirre (2020), estos enfoques permiten modificar propiedades clave como la capacidad portante, la compresibilidad y la permeabilidad del suelo, adaptándolo a las necesidades de proyectos de construcción como cimentaciones y carreteras.

#### **2.2.10. TIPOS DE ADITIVOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS**

Se dividen en orgánicos e inorgánicos, y se emplean para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del terreno. Los aditivos inorgánicos más utilizados incluyen la cal, el cemento, la ceniza volante y la escoria de alto horno. Estos materiales reaccionan químicamente con el suelo y el agua, formando compuestos que aumentan la resistencia y cohesión del suelo. La cal, por ejemplo, se emplea para reducir la plasticidad de los suelos arcillosos, mientras que el cemento incrementa su capacidad portante al endurecer el suelo tratado. La ceniza volante, por su parte, es especialmente eficaz gracias a sus propiedades puzolánicas, que permiten mejorar la estructura del suelo (García y Rojas, 2024).

Por otro lado, los aditivos orgánicos como los polímeros sintéticos y las resinas se utilizan para modificar la flexibilidad, resistencia y permeabilidad del suelo. Los polímeros, como los acrílicos y no iónicos, ayudan a reducir la permeabilidad y mejorar la capacidad de carga del suelo sin alterar su estructura original. Estos aditivos son útiles en suelos que requieren mayor control de la expansión y contracción por cambios de humedad, como los suelos arcillosos. La elección de un aditivo adecuado depende del tipo de suelo, los objetivos del proyecto y los costos asociados, lo que permite optimizar los resultados en la estabilización de suelos (Guerrero Santiesteban, 2022).

### 2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

**Aditivos:** Sustancias añadidas a los suelos para modificar sus propiedades físicas, químicas o mecánicas y mejorar su comportamiento en proyectos de ingeniería, como la estabilización con cenizas de carbón (Huaman Rojas, 2022).

**Arcilla:** Tipo de suelo fino y plástico, compuesto principalmente de minerales arcillosos, que presenta una alta capacidad de expansión y contracción con cambios de humedad, lo que dificulta su uso en la construcción sin estabilización (Morales et al., 2022).

**Ceniza de carbón:** Subproducto de la combustión del carbón, rica en óxidos puzolánicos, que se utiliza como aditivo para mejorar las propiedades geotécnicas de los suelos, especialmente en la estabilización de suelos arcillosos (Chacón y Rodríguez, 2024).

**Compactación:** Proceso mediante el cual se aumenta la densidad del suelo mediante la aplicación de energía, reduciendo los vacíos y mejorando la capacidad de carga y estabilidad del suelo (Fonseca y Becera, 2021).

**Comportamiento geotécnico:** Estudio de cómo los suelos responden a cargas aplicadas, su capacidad de carga, deformaciones y resistencia, crucial para el diseño y análisis de cimentaciones y subrasantes en obras de infraestructura (Zambrano et al., 2021).

**Capacidad portante:** Habilidad de un suelo para soportar las cargas aplicadas sin que ocurran deformaciones excesivas o fallas estructurales. Es una propiedad crítica para el diseño de cimentaciones y subrasantes (Lazares, 2021).

**Cimentación:** Estructura de soporte que transfiere las cargas de una construcción al suelo, que debe estar adecuadamente estabilizado para garantizar la estabilidad y seguridad de la obra (Svens, 2023).

**Humedad óptima:** Contenido de agua en un suelo que permite obtener su máxima densidad durante la compactación. Es fundamental para garantizar

la efectividad de la estabilización del suelo (Jiménez et al., 2020).

**Mezcla de suelos:** Técnica utilizada en la estabilización que consiste en combinar diferentes tipos de suelos para mejorar sus propiedades y crear una base más estable para la construcción (Rivera y Aguirre, 2020).

**Puzolanas:** Materiales como cenizas, escorias o ciertos tipos de arcillas que tienen la capacidad de reaccionar con el calcio presente en el cemento o cal, mejorando la resistencia del suelo estabilizado (Liu et al., 2024).

**Resistencia a la compresión:** Propiedad de un material que define su capacidad para resistir fuerzas que tienden a reducir su volumen. En suelos estabilizados, esta propiedad es clave para garantizar que el terreno sea adecuado para la construcción

**Subrasante:** Capa de terreno ubicada directamente debajo de la estructura de pavimentación en una carretera. Su estabilización es esencial para asegurar la durabilidad y el rendimiento de la vía (Rondón y Reyes, 2023).

**Socavación:** Proceso de erosión o desgaste de los suelos bajo las estructuras debido a la acción de flujos de agua o cargas repetitivas. La estabilización de suelos ayuda a reducir este fenómeno en obras viales (Nieto, 2021).

**Suelos finos:** Suelos que tienen partículas pequeñas, como las arcillas y limos, que son susceptibles a la expansión y contracción dependiendo de la humedad, lo que requiere tratamientos de estabilización (Morales et al., 2022).

**Suelos expansivos:** Suelos que tienen la propiedad de cambiar significativamente su volumen con las variaciones de humedad, lo que puede generar problemas en estructuras si no se estabilizan adecuadamente (Puertas Maroto, 2024).

## **2.4. HIPÓTESIS**

### **2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL**

HG: La adición de cenizas de carbón tiene un efecto significativo en la estabilidad de suelos arcillosos en la carretera Pumahuasi - Cafesa, evaluado a través de sus características geotécnicas, Leoncio Prado, Huánuco, 2024.

### **2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

HE1: La adición de cenizas de carbón tiene una variación significativa en la densidad máxima seca de los suelos arcillosos estabilizados con esta ceniza, en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.

HE2: La adición de cenizas de carbón tiene una influencia significativa en el contenido de humedad de los suelos arcillosos estabilizados con esta ceniza, en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.

HE3: La adición de cenizas de carbón tiene un efecto significativo en la capacidad de carga de los suelos arcillosos estabilizados con esta ceniza, en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.

## **2.5. VARIABLES**

### **2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE**

Estabilización de suelos arcillosos para la mejora de la subrasante.

### **2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Ceniza de carbón.

## 2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

| VARIABLE DE ESTUDIO                                                                                 | DEFINICIÓN CONCEPTUAL                                                                                                                             | DEFINICIÓN OPERACIONAL                                                                                                                                                                                                                     | DIMENSIONES                                                                                                                                                                                                                            | INDICADORES                                                                                             | INSTRUMENTO                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| <b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b><br>Ceniza de carbón                                                  | Son los residuos sólidos resultantes de la combustión del carbón en procesos industriales, con potencial uso en la estabilización de superficies. | Las cenizas serán recolectadas y trasladadas al laboratorio para posteriormente proceder a distribuir las de acuerdo a los porcentajes a estudiar (25, 50 y 75%), de acuerdo al peso de las muestras de suelo recolectado para el análisis | Adición del 25% de ceniza de carbón en la muestra de suelo arcilloso                                                                                                                                                                   | Cenizas medidas en kilogramos (Kg)                                                                      | Ficha laboratorio del ensayo.<br><br>Ficha de campo |
|                                                                                                     |                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                            | Adición del 50% de ceniza de carbón en la muestra de suelo arcilloso                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                                     |
|                                                                                                     |                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                            | Adición del 75% de ceniza de carbón en la muestra de suelo arcilloso                                                                                                                                                                   |                                                                                                         |                                                     |
| <b>VARIABLE DEPENDIENTE:</b><br>Estabilización de suelos arcillosos para la mejora de la subrasante | Proceso destinado a mejorar las propiedades del suelo para aumentar su capacidad de soporte como subrasante                                       | Ésta será determinada a través de la aplicación de los procesos y metodologías establecidas en las normativas ASTM, AASHTO, NTP y MTC para el desarrollo de cada ensayo en laboratorio                                                     | Densidad seca máxima con adición del 25%, 50% y 75% de ceniza de carbón.<br><br>Capacidad portante con adición del 25%, 50% y 75% de ceniza de carbón.<br><br>Contenido de humedad con adición del 25%, 50% y 75% de ceniza de carbón. | Densidad Máxima Seca (g/cm <sup>3</sup> )<br><br>Contenido de humedad (%)<br><br>Capacidad portante (%) |                                                     |

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación se enmarca dentro del tipo aplicada, puesto que se define como aquella en aplicar técnicas, métodos y teorías, que al producir información e interpretarla genere una solución a inconvenientes o contextos definidos; evaluando el alcance y uso de los resultados obtenidos (Barbosa et al., 2020).

En este sentido, se aplicarán metodologías y técnicas para la selección y preparación de las cenizas, así como la incorporación de las mismas en diferentes porcentajes en la capa subrasante del suelo, a fin de identificar su efecto en la estabilización de suelos arcillosos.

##### **3.1.1. ENFOQUE**

El enfoque de la investigación se basa en el tipo cuantitativo, ya que formula hipótesis de forma metódica y esquemática, que generen resultados a partir de la recolección de datos exactos, puntuales, estructurados, previamente definidos, que permitan crear bases o teorías al contratar con investigaciones de estudios previos (Rebollo & Ábalos, 2022).

Por consiguiente, al establecer parámetros de medición como son los porcentajes de ceniza a incorporar (25%, 50% y 75%), la granulometría de éstas, las mediciones de los parámetros que determinan la estabilidad de la subrasante en la carretera Pumahuasi-Cafesa en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco, en 2024, definen la investigación bajo este enfoque.

##### **3.1.2. ALCANCE O NIVEL**

La investigación se ajusta al nivel explicativo, puesto que se encarga de explicar los contextos o eventos en estudio, y busca

identificar las posibles causas que dan origen a dicha situación, mostrando su esquema y los elementos que intervienen en ella (Reyes, 2022).

Por ende, se pretende determinar cuál porcentaje de ceniza de carbón produce un mejor efecto en la estabilización de suelos arcillosos a través de su incorporación en la subrasante; esto con el fin, de que puedan ser aprovechados dichos residuos y a su vez generen una infraestructura amigable con el ambiente.

### **3.1.3. DISEÑO**

El diseño es de tipo experimental, ya que su metodología permite el estudio de los eventos o situaciones que de forma natural no suelen presentarse, ya que se aplican acciones o modificaciones a los parámetros estudiados, a fin de observar el efecto que genera en estos (Iglesias, 2021).

En este sentido, se realizará la incorporación de los diferentes porcentajes de cenizas (25%, 50% y 75%) a la capa subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco.

T0: Tratamiento control

T1: Suelo + Ceniza al 25%

T2: Suelo + Ceniza al 50%

T3: Suelo + Ceniza al 75%

## **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

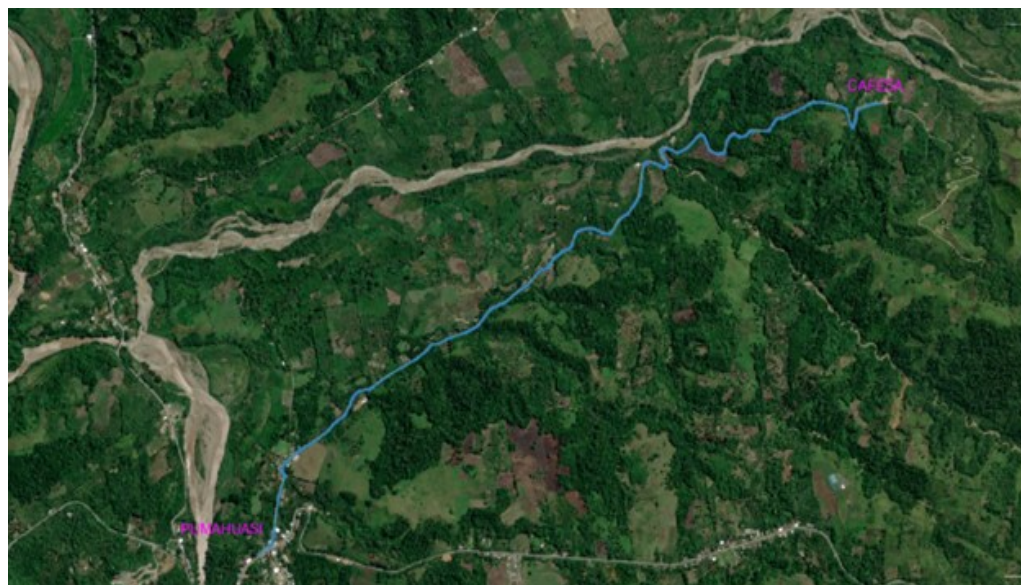
### **3.2.1. POBLACIÓN**

La población hace referencia a la cantidad de personas, animales, cosas o lugares objetos de estudio, que poseen cualidades o condiciones semejantes y que pueden ser diferenciadas en un entorno investigativo (Guerrero y Guerrero, 2020).

Por ende, la población para esta investigación se encuentra representada por el tramo de la carretera Pumahuasi-Cafesa, Leoncio Prado, Huánuco, cuya longitud comprende 5+131 Km.

**Figura 1**

*Ubicación de la carretera Pumahuasi-Cafesa, Leoncio Prado, Huánuco*



### **3.2.2. MUESTRA**

Una muestra no probabilística es un enfoque de selección de participantes para un estudio donde la elección no sigue un proceso aleatorio, sino que se basa en la evaluación o criterio del investigador. Debido a esta falta de aleatoriedad, los resultados obtenidos pueden tener restricciones en su aplicabilidad a la población en general. Aunque las muestras no probabilísticas pueden ser útiles, es esencial tener presente sus limitaciones y precauciones (Barbosa et al., 2020).

La muestra se hará de acuerdo a una selección no probabilística de tipo intencional. La cual, estará representada por 4 puntos de muestreos que abarquen toda la carretera, cuyas distancias entre un punto y otro será de 1.026 km; y donde las calicatas serán ubicadas longitudinalmente y de forma alterna en los puntos de muestreo de cada km de carretera con sus coordenadas UTM (C1 E: 394986.19 N: 8984309.53; C2 E: 395085.34 N: 8984485.89; C3 E: 395123.94 N: 8984685.59; C4 E: 395174.34 N: 8984944.38), con una profundidad de

1,5 m del nivel de la subrasante, de acuerdo a lo sugerido por el Manual de Carreteras (2013) del MTC; donde se obtendrán 4 muestras por cada calicata.

### **3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

En esta investigación se recurrió principalmente a la observación directa y a las pruebas de laboratorio como técnicas para recoger la información necesaria. La observación permitió registrar de forma detallada cómo se comportaba el suelo arcilloso al ser tratado con cenizas de carbón, mientras que las pruebas de laboratorio hicieron posible analizar ese comportamiento en un ambiente controlado. Para obtener los datos se utilizaron como instrumentos diferentes ensayos de laboratorio estandarizados, entre ellos la granulometría, los límites de Atterberg, el Proctor estándar y la prueba CBR. Cada uno de estos ensayos proporcionó valores específicos y confiables que facilitaron comparar el suelo natural con el suelo estabilizado, aportando evidencia concreta para el análisis.

### **3.4. TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

Las técnicas aplicadas para la recolección de datos consistieron en la preparación de muestras alteradas de suelo con diferentes porcentajes de adición de ceniza de carbón respecto al peso seco: 25%, 50% y 75%, además de muestras patrón sin adición. En total se elaboraron 16 muestras, organizadas en cuatro grupos de análisis, que fueron sometidas a ensayos de densidad máxima seca, contenido de humedad y capacidad portante mediante la prueba CBR, ejecutada al 100% de la máxima densidad seca a 0.2". Todas las muestras fueron debidamente identificadas, y el procedimiento quedó respaldado con registros fotográficos que garantizaron una comprensión adecuada de los procesos y de los resultados obtenidos. Para el desarrollo de estas pruebas se utilizaron instrumentos mecánicos de laboratorio como la balanza digital, horno de secado, compactador Proctor, moldes CBR y penetrómetro, los cuales aseguraron la precisión de las mediciones y la confiabilidad de los resultados.

**Figura 2**  
*Excavación de calicatas*



*Nota.* La excavación de calicatas se realizó manualmente hasta alcanzar profundidades optimas, permitiendo observar las características estratigráficas del suelo.

**Figura 3**  
*Muestras de suelo extraídas*



*Nota.* Las muestras de suelo extraídas de la calicata fueron recolectadas para analizar sus propiedades físicas y mecánicas. Se obtuvieron muestras inalteradas para ensayos de laboratorio.

**Figura 4**  
Recolección de la muestra de suelo



*Nota.* La muestra de suelo fue extraída de la zona de estudio Pumahuasi para la elaboración de los ensayos “CBR” en laboratorio.

**Figura 5**  
Pesaje de suelo para realizar la granulometría



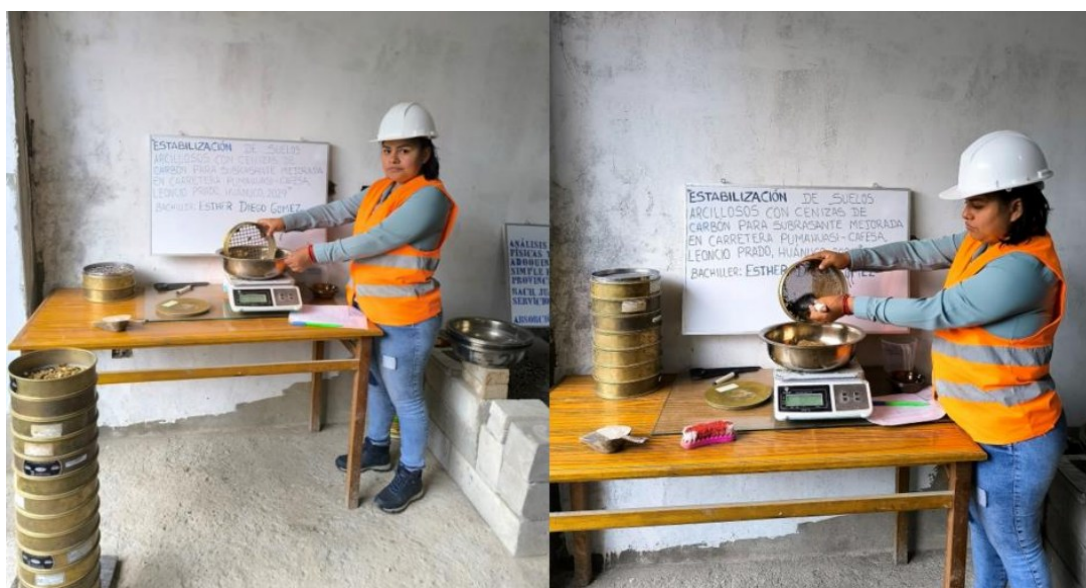
*Nota.* Se pesó el suelo un aproximado de 3 kg de diámetro máximo de las partículas por el tamiz 38.1 mm (1.1/2 pulg) como indica la norma NTP 339.128 para realizar la granulometría.

**Figura 6**  
*Vibrado manual de los tamices*



*Nota.* Se echó la muestra de suelo con un peso de 3 kg para el ensayo granulométrico ordenándose los tamices desde el Tamiz 3" hasta el tamiz N° 200 y se agitará los tamices en un periodo de 10 minutos como lo estipula la NTP 339.128.

**Figura 7**  
*Pesaje de las muestras de suelos retenidas en los tamices*



*Nota.* Se pesó cada muestra de retenidas de tamiz para determinar la curva granulométrica de la muestra de suelo como lo estipula la NTP 339.128

**Figura 8**

*Pesaje de la muestra de suelo pasante del tamiz N° 40*



*Nota:* Se pesó una muestra de suelo de 200 gr. Para realizar los ensayos de Límite Líquido y 20 gr. Para el límite plástico como lo estipula la NTP 339.129.

**Figura 9**

*Preparación de la muestra de suelo para el ensayo de Casagrande*



*Nota.* Se preparó una pasta maleable con agua destilada y con la muestra pesada del suelo pasante del tamiz N° 40 como lo estipula la NTP 339.129.

**Figura 10**  
Llenado de muestra a la copa de Casagrande



*Nota.* Con la muestra del suelo maleable se llenó a la copa de Casagrande como lo estipula la NTP 339.129.

**Figura 11**  
Trazo de hendidura con el acanalador de bronce



*Nota.* Con el acanalador de bronce se hizo una hendidura en la muestra de suelo en la copa de Casagrande como lo estipula la NTP 339.129.

**Figura 12**  
*Golpes del suelo con la Casagrande*



*Nota.* El ensayo de Casagrande se tomó 3 pruebas distintas con la misma muestra de suelo pasante del tamiz N° 40 se darán los golpes 2 veces por segundo para cada prueba de ensayo tuvo que tener un periodo de golpes para cerrar la ranura las muestras de suelo, se agregaron agua destilada para aumentar su humedad y disminuir los números de golpes, los periodos fueron de 25 a 35 golpes para el 1er ensayo de 20 a 30 golpes para el 2do ensayo y 15 a 25 golpes para el 3er ensayo como lo estipula la NTP 339.129.

**Figura 13**  
*Pesaje de la muestra después del ensayo de Casagrande*



*Nota.* La muestra de suelo al cerrarse tuvo una medida de 13mm donde después se retiraron una muestra representativa de la parte del fondo de la copa y se hará el ensayo de contenido de humedad con la ayuda de la NTP 339.127 como lo estipula la NTP 339.129.

**Figura 14**  
*Pesaje de la muestra de Casagrande*



*Nota.* Se pesó las muestras de suelo de la parte del fondo de la Casagrande.

**Figura 15**  
*Ensayo de límite plástico del suelo*



*Nota.* Se enrolló la masa entre la palma o los dedos y la placa de vidrio con la presión necesaria para enrollar la masa en un hilo de diámetro uniforme en toda su longitud, El hilo debe ser deformado en cada movimiento hasta que su diámetro sea de 3,2 mm como lo estipula la NTP 339.129.

**Figura 16**  
Pesaje de las muestras elipsoides del suelo



**Nota.** Se pesó 3 muestras de 6 gr de las muestras elipsoides del suelo después se llevó al horno de  $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$  por un periodo de 16 horas para determinar su humedad promedio como lo estipula la NTP 339.129.

**Figura 17**  
Pesaje de la adición (ceniza de carbón)



**Nota.** Se pesó la adición (ceniza de carbón) de un peso determinado de 25% del total de la muestra de suelo.

**Figura 18**  
Pesaje de la adición (ceniza de carbón)



*Nota.* Se pesó la adición, (ceniza de carbón) de un peso determinado de 50% del total de la muestra de suelo.

**Figura 19**  
Pesaje de la adición (ceniza de carbón)



*Nota.* Se pesó la adición (ceniza de carbón) a un peso determinado del 75% del total de la muestra de suelo.

**Figura 20**  
*Pesaje de suelo (patrón)*



*Nota.* Pesaje de muestra del suelo de un peso determinado de 5.500 kg, que fue tamizado con la malla N°3/4 como indica la norma NTP 339.141.

**Figura 21**  
*Pesaje de agua*



*Nota.* Se pesó el agua a un peso determinado del 20% del total de la muestra del suelo.

**Figura 22**

*Mezclado homogéneo, del ensayo “CBR” en laboratorio (patrón)*



*Nota.* Se mezcló (suelo y agua), haciendo el mezclado uniforme para el ensayo “CBR” (patrón) como indica la norma NTP 339.141.

**Figura 23**

*Pesaje de suelo, con adición del 25%*



*Nota.* Pesaje de muestra del suelo, con adición de 25% de un peso determinado de 5.500 kg, que fue tamizado con la malla N°3/4 como indica la norma NTP 339.141.

**Figura 24**

*Mezclado homogéneo del ensayo "CBR" en laboratorio, con adición de 25%*



*Nota.* Se mezcló la muestra, haciendo el mezclado uniforme para el ensayo "CBR" en laboratorio con adición de 25%, como indica la norma NTP 339.141.

**Figura 25**

*Pesaje de suelo con adición del 50%*



*Nota.* Pesaje de muestra del suelo, con adición de 50% de un peso determinado de 5.500 kg, que fue tamizado con la malla N°3/4 como indica la norma NTP 339.141.

**Figura 26**

*Mezclado homogéneo del ensayo "CBR" en laboratorio, con adición de 50%*



*Nota.* Se mezcló la muestra, haciendo el mezclado uniforme para el ensayo "CBR" en laboratorio con adición de 50%, como indica la norma NTP 339.141.

**Figura 27**

*Pesaje de suelo con adición del 75%*



*Nota.* Pesaje de muestra del suelo, con adición de 75% de un peso determinado de 5.500 kg, que fue tamizado con la malla N°3/4 como indica la norma NTP 339.141

**Figura 28**

*Mezclado homogéneo del ensayo “CBR” en laboratorio, con adición de 75%*



*Nota.* Se mezcló la muestra, haciendo el mezclado uniforme para el ensayo “CBR” en laboratorio con adición de 75%, como indica la norma NTP 339.141.

**Figura 29**

*Compactación del ensayo “CBR” en laboratorio (patrón)*



*Nota.* Se colocó la muestra de suelo (patrón) en cinco capas dentro de un molde de dimensiones particulares, con cada capa compactada con 10, 25 y 56 golpes de un pisón de 44,5 N (10-lbf) que cae desde una distancia de 457 mm (18 pulg), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente 2700 kN m/m<sup>3</sup>(56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>). Se determino el peso unitario seco resultante, como indica la norma NTP 339.141.

**Figura 30**  
**Compactación del ensayo “CBR” con adición 25%**



*Nota.* Se colocó la muestra de suelo con adición de 25%, en cinco capas dentro de un molde de dimensiones particulares, con cada capa compactada con 10, 25 ó 56 golpes de un pisón de 44,5 N (10-lbf) que cae desde una distancia de 457 mm (18 pulg), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente 2700 kN m/m<sup>3</sup>(56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>). Se determino el peso unitario seco resultante, como indica la norma NTP 339.141.

**Figura 31**  
**Compactación del ensayo “CBR” con adición 50%**



*Nota.* Se colocó la muestra de suelo con adición de 50%, en cinco capas dentro de un molde de dimensiones particulares, con cada capa compactada con 10, 25 ó 56 golpes de un pisón de 44,5 N (10-lbf) que cae desde una distancia de 457 mm (18 pulg), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente 2700 kN m/m<sup>3</sup>(56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>). Se determino el peso unitario seco resultante, como indica la norma NTP 339.141.

**Figura 32**  
Compactación del ensayo “CBR” con adición 75%



*Nota.* Se colocó la muestra de suelo con adición de 75%, en cinco capas dentro de un molde de dimensiones particulares, con cada capa compactada con 10, 25 ó 56 golpes de un pisón de 44,5 N (10-lbf) que cae desde una distancia de 457 mm (18 pulg), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente 2700 kN m/m<sup>3</sup>(56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>). Se determinó el peso unitario seco resultante, como indica la norma NTP 339.141.

**Figura 33**  
Corte del espécimen compactado de la muestra patrón



*Nota.* Se hizo el Corte del espécimen compactado de las muestras de patrón, en la parte superior e inferior del molde usando una regla recta para obtener superficies planas. Realice un corte inicial con un cuchillo para evitar que el suelo caiga. Rellene cualquier hueco con suelo sobrante y presione con los dedos, luego raspe de nuevo con la regla, hasta obtener la superficie lo más lisa posible, como indica la norma NTP 339.141.

**Figura 34**

*Corte del espécimen compactado de la muestra con adición de 25%*



*Nota.* Se hizo el corte del espécimen compactado de las muestras con adición de 25%) en la parte superior e inferior del molde usando una regla recta para obtener superficies planas. Realice un corte inicial con un cuchillo para evitar que el suelo caiga. Rellene cualquier hueco con suelo sobrante y presione con los dedos, luego raspe de nuevo con la regla, hasta obtener la superficie lo más lisa posible, como indica la norma NTP 339.141.

**Figura 35**

*Corte del espécimen compactado de la muestra con adición de 50%*



*Nota.* Se hizo el Corte del espécimen compactado de las muestras con adición de 50%, en la parte superior e inferior del molde usando una regla recta para obtener superficies planas. Realice un corte inicial con un cuchillo para evitar que el suelo caiga. Rellene cualquier hueco con suelo sobrante y presione con los dedos, luego raspe de nuevo con la regla, hasta obtener la superficie lo más liza posible, como indica la norma NTP 339.141.

**Figura 36**

*Corte del espécimen compactado de la muestra con adición de 75%*



*Nota.* Se hizo el Corte del espécimen compactado de las muestras con adición de 75%, en la parte superior e inferior del molde usando una regla recta para obtener superficies planas. Realice un corte inicial con un cuchillo para evitar que el suelo caiga. Rellene cualquier hueco con suelo sobrante y presione con los dedos, luego raspe de nuevo con la regla, hasta obtener la superficie lo más liza posible, como indica la NTP 339.141.

**Figura 37**

*Separación de material para determinar la humedad de la muestra de patrón*



*Nota.* Se tomó varias porciones de material de la muestra de (patrón) entre 100 y 500 g (según sea fino o tenga graba) antes de la compactación y la otra al final, se mezclará y se determinó la humedad del suelo de acuerdo a la norma MTC E 108.

**Figura 38**

*Separación de material para determinar la humedad de la muestra con adición de 25%*



*Nota.* Se tomó varias porciones de material de la muestra con adición de 25%, entre 100 y 500 g (según sea fino o tenga graba) antes de la compactación y la otra al final, se mezclará y se determinó la humedad del suelo de acuerdo a la norma MTC E 108.

**Figura 39**

*Separación de material para determinar la humedad de la muestra con adición de 50%*



*Nota.* Se tomó varias porciones de material de la muestra con adición de 50%, entre 100 y 500 g (según sea fino o tenga graba) antes de la compactación y la otra al final, se mezclará y se determinó la humedad del suelo de acuerdo a la norma MTC E 108.

**Figura 40**

*Separación de material para determinar la humedad de la muestra con adición de 75%*



*Nota.* Se tomó varias porciones de material de la muestra con adición de 75%, entre 100 y 500 g (según sea fino o tenga graba) antes de la compactación y la otra al final, se mezclará y se determinó la humedad del suelo de acuerdo a la norma MTC E 108.

**Figura 41**

*Desmontaje de los moldes*



*Nota.* Se desmontó el molde de los ensayos “CBR” de (patrón) y con adición de 25% y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, para determinar su peso, como indica la norma MTC E 108

**Figura 42**  
*Desmontaje de los moldes*



*Nota.* Se desmontó el molde de los ensayos “CBR” con adición de 50% y con adición de 75% y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, para determinar su peso, como indica la norma MTC E 108.

**Figura 43**  
*Pesaje de los moldes más suelo húmedo*



*Nota.* Se realizó el pesaje de los moldes más el suelo húmedo de todas las muestras (patrón), y con adición de 25%, 50% y 75%, como indica la norma MTC E 108.

**Figura 44**

*Colocación de vástagos y anillos necesarios para completar una sobrecarga y lectura de deformación, en las muestras de ensayo “CBR” patrón y con adición 25%*



**Nota.** Se colocó sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástagos, y sobre esta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga, que produce una presión equivalente, y se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes de los moldes, haciendo coincidir el vástago del día con la placa perforada, se anota su lectura, el día y la hora, como indica la norma MTC E 108.

**Figura 45**

*Colocación de vástagos y anillos necesarios para completar una sobrecarga y lectura de deformímetro, en las muestras de ensayo “CBR” con adición 50% y 75%*



**Nota.** Se colocó sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástagos, y sobre esta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga, que produce una presión equivalente, y se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes de los moldes, haciendo coincidir el vástago del día con la placa perforada, se anota su lectura, el día y la hora, como indica la norma MTC E 108.

**Figura 46**

*Se sumergió en el tanque las muestras de ensayo “CBR” patrón y con adición de 25%*



*Nota.* Se sumergió las muestras en el tanque con la sobrecarga colocado dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra, se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) con el nivel de agua aproximadamente constante, como indica la norma MTC E 108.

**Figura 47**

*Se sumergió en el tanque las muestras de ensayo “CBR” con adición de 50% y75%*



*Nota.* Se sumergió las muestras en el tanque con la sobrecarga colocado dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra, se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) con el nivel de agua aproximadamente constante, como indica la norma MTC E 108.

**Figura 48**

*Lectura de deformación de las muestras de "CBR" patrón y con adición 25%*



*Nota.* Se volvió a leer el deformímetro para medir el hinchamiento, si es posible se deja el trípode en su posición, sin moverlo durante todo el tiempo de inmersión, como indica la norma MTC E 108.

**Figura 49**

*Lectura de deformación de las muestras de "CBR" con adición 50% Y 75%*



*Nota.* Se volvió a leer el deformímetro para medir el hinchamiento, si es posible se deja el trípode en su posición, sin moverlo durante todo el tiempo de inmersión, como indica la norma MTC E 108.

**Figura 50**

*Lectura de penetración de la muestra de ensayo "CBR" patrón*



*Nota.* Se aplicó la carga sobre el pistón de penetración mediante la prensa manual, con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm (0,005") por minuto, las prensas manuales no preparadas para trabajar a esa velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro y se anotará las lecturas de la carga para la siguiente penetración, como indica la norma MTC E 108.

**Figura 51**

*Lectura de penetración de la muestra de ensayo "CBR" con adición de 25%*



*Nota.* Se aplicó la carga sobre el pistón de penetración mediante la prensa manual, con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm (0,005") por minuto, las prensas manuales no preparadas para trabajar a esa velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro y se anotará las lecturas de la carga para la siguiente penetración, como indica la norma MTC E 108.

**Figura 52**

*Lectura de penetración de la muestra de ensayo "CBR" con adición de 50%*



*Nota.* Se aplicó la carga sobre el pistón de penetración mediante la prensa manual, con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm (0,005") por minuto, las prensas manuales no preparadas para trabajar a esa velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro y se anotará las lecturas de la carga para la siguiente penetración, como indica la norma MTC E 108

**Figura 53**

*Lectura de penetración de la muestra de ensayo "CBR" con adición de 75%*



*Nota.* Se aplicó la carga sobre el pistón de penetración mediante la prensa manual, con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm (0,005") por minuto, las prensas manuales no preparadas para trabajar a esa velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro y se anotará las lecturas de la carga para la siguiente penetración, como indica la norma MTC E 108.

### **3.5. TÉCNICAS PARA EL ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS**

Los datos obtenidos en los ensayos fueron procesados mediante técnicas estadísticas descriptivas e inferenciales, lo que permitió analizar de manera rigurosa la influencia del material estabilizante en las propiedades de la subrasante. Se utilizó software especializado como Excel y SPSS, con el fin de organizar la información, generar tablas y gráficos, y aplicar pruebas estadísticas que respaldaron la validez de los resultados. Este procedimiento garantizó un análisis objetivo que aportó evidencia científica a las conclusiones del estudio.

### **3.6. ASPECTOS ÉTICOS**

La investigación se rigió por principios éticos fundamentales como la honestidad académica, la transparencia y la responsabilidad científica. En ese sentido, se respetó la autoría de las fuentes consultadas mediante una adecuada citación y referencia bibliográfica, evitando el plagio en todo momento. Asimismo, se procuró el uso eficiente y responsable de los materiales y equipos de laboratorio, con el fin de no generar impactos ambientales negativos derivados del uso de cenizas de carbón. Finalmente, los resultados fueron presentados de manera veraz y objetiva, sin manipulación de la información, asegurando que el estudio contribuyera al conocimiento científico y al desarrollo sostenible de las infraestructuras viales.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. RESULTADOS DESCRIPTIVOS

En esta sección se presenta el análisis de los datos relacionados con la resistencia a las características geotécnicas, tales como la densidad seca, contenido de humedad y capacidad de carga obtenidos mediante ensayos in situ llevados a cabo por el laboratorio especializado en suelos y concreto.

#### PARA LA DENSIDAD MÁXIMA SECA

**Tabla 1**

*Resultados de la densidad máxima seca (g/cm<sup>3</sup>) para cada proporción de adición de ceniza de carbón*

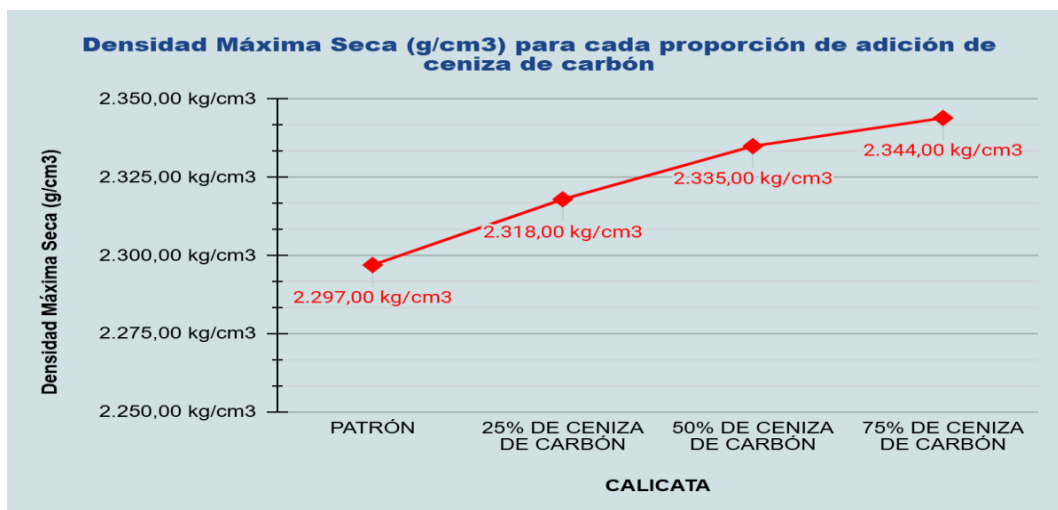
| MATERIAL                | DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm <sup>3</sup> ) |
|-------------------------|-------------------------------------------|
| Patrón                  | 2.297,00 kg/cm <sup>3</sup>               |
| 25% de ceniza de carbón | 2.318,00 kg/cm <sup>3</sup>               |
| 50% de ceniza de carbón | 2.335,00 kg/cm <sup>3</sup>               |
| 75% de ceniza de carbón | 2.344,00 kg/cm <sup>3</sup>               |

#### Interpretación:

El gráfico de la densidad máxima seca muestra un incremento progresivo en la densidad del material a medida que se aumenta la proporción de ceniza de carbón, partiendo de un valor de 2.297,00 kg/cm<sup>3</sup> para la muestra patrón (sin ceniza), hasta alcanzar 2.344,00 kg/cm<sup>3</sup> con un 75% de ceniza de carbón, lo que indica que la adición de ceniza mejora la compactación y la densidad del material, sugiriendo un potencial beneficio en su uso para aplicaciones que requieren mayor resistencia y estabilidad.

**Figura 54**

*Comparación de la densidad máxima seca (g/cm<sup>3</sup>) para cada proporción de adición de ceniza de carbón*



### Interpretación:

El gráfico de la densidad máxima seca evidencia un aumento gradual en la densidad del material conforme se incrementa la proporción de ceniza de carbón, partiendo de 2.297,00 kg/cm<sup>3</sup> en la muestra patrón (sin ceniza) y alcanzando 2.344,00 kg/cm<sup>3</sup> con un 75% de ceniza, lo que sugiere que la adición de ceniza de carbón favorece una mayor compactación y densidad, indicando una mejora en las propiedades mecánicas del material para aplicaciones que requieren mayor resistencia y estabilidad.

### PARA EL CONTENIDO DE HUMEDAD

**Tabla 2**

*Resultados del contenido de humedad (%) para cada proporción de adición de ceniza de carbón*

| MATERIAL                | CONTENIDO DE HUMEDAD (%) |
|-------------------------|--------------------------|
| Patrón                  | 6,84%                    |
| 25% de ceniza de carbón | 7,74%                    |
| 50% de ceniza de carbón | 7,49%                    |
| 75% de ceniza de carbón | 7,83%                    |

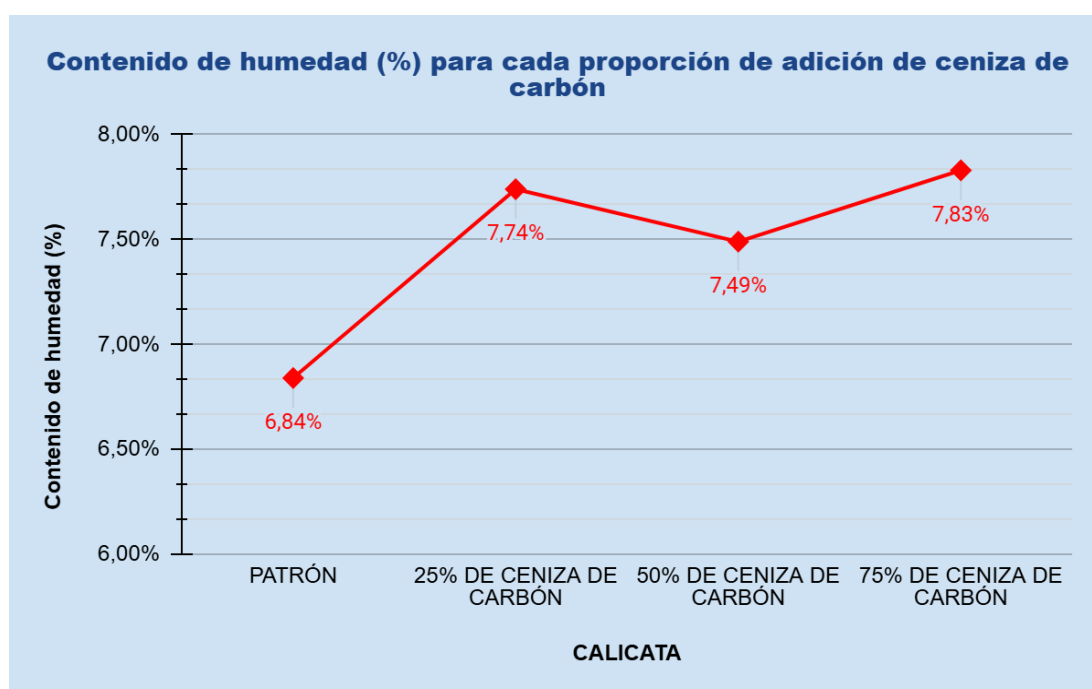
### Interpretación:

La tabla del contenido de humedad muestra variaciones en los valores a medida que se incrementa la proporción de ceniza de carbón, partiendo de un

6,84% en la muestra patrón (sin ceniza), aumentando a 7,74% con un 25% de ceniza, disminuyendo ligeramente a 7,49% con un 50% de ceniza, y alcanzando un máximo de 7,83% con un 75% de ceniza, lo que indica que la adición de ceniza de carbón influye en la retención de humedad del material, sugiriendo un comportamiento no lineal relacionado con las propiedades absorbentes de la ceniza y su interacción con el suelo.

**Figura 55**

*Comparación del contenido de humedad (%) para cada proporción de adición de ceniza de carbón*



### Interpretación:

El gráfico de líneas del contenido de humedad muestra una tendencia inicial ascendente al pasar de la muestra patrón (6,84%) a la adición del 25% de ceniza de carbón (7,74%), seguida de una leve disminución con el 50% de ceniza (7,43%), y finalmente un nuevo incremento al llegar al 75% de ceniza (7,83%). Esta fluctuación en la curva sugiere que la ceniza de carbón no tiene un efecto lineal sobre la retención de humedad, sino que su influencia varía según la proporción utilizada, posiblemente debido a cambios en la estructura del material y la capacidad de absorción de la ceniza en diferentes concentraciones.

## PARA LA CAPACIDAD DE CARGA

Para el análisis de la capacidad de carga del suelo, se realizaron calicatas y se llevó a cabo el ensayo CBR con el objetivo de determinar este factor. El estudio consideró exclusivamente los valores de resistencia del suelo compactado al 100% de la máxima densidad seca, con una penetración de 0,2 pulgadas (5,08 mm). Este procedimiento se aplicó a todas las calicatas, tanto en suelos sin adición de ceniza de carbón como en aquellos estabilizados con diferentes porcentajes de este material. Los resultados obtenidos fueron fundamentales para evaluar la calidad de la subrasante en la carretera Pumahuasi - Cafesa.

**Tabla 3**

*Resultados de la capacidad de carga de la subrasante para las calicatas patrón (%)*

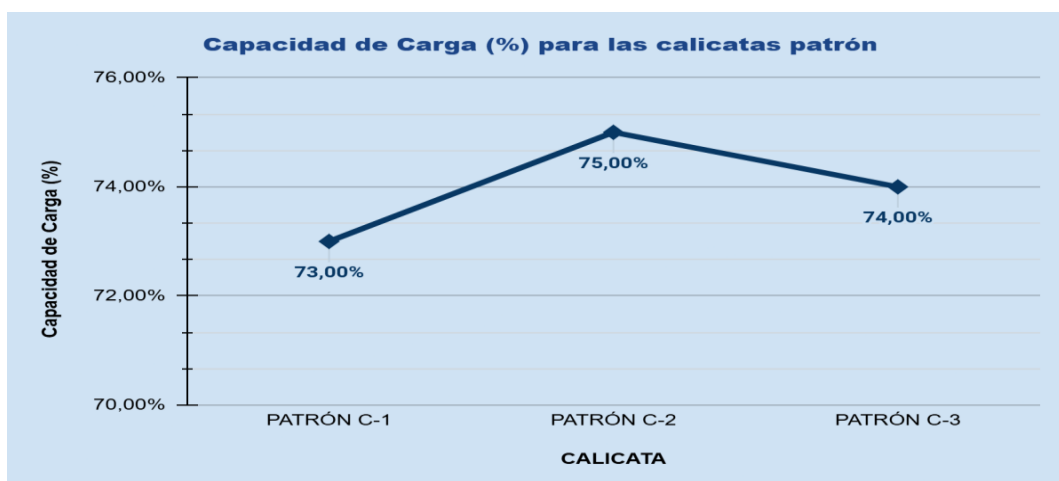
| CALICATA     | % DE CENIZA DE CARBÓN | CAPACIDAD DE CARGA (%) |
|--------------|-----------------------|------------------------|
| C-1          | 0,00%                 | 73,00%                 |
| C-2          | 0,00%                 | 75,00%                 |
| C-3          | 0,00%                 | 74,00%                 |
| <b>Media</b> |                       | 74,00%                 |

### **Interpretación:**

La tabla presenta los resultados de la capacidad de carga de la subrasante, expresada en porcentaje, obtenidos mediante el ensayo in situ de CBR para tres calicatas patrón (C-1, C-2 y C-3). En todas las calicatas, no se utilizó ceniza de carbón (0,00%), y se registraron capacidades de carga del 73,00%, 75,00% y 74,00% respectivamente. Estos valores indican una consistencia en la capacidad de carga de la subrasante en el tramo de carretera evaluado, con una media que refleja un rendimiento uniforme en las condiciones analizadas.

**Figura 56**

*Comparación de la capacidad de carga de la subrasante para cada calicata patrón (%)*



**Interpretación:**

El gráfico de líneas representa la capacidad de carga de la subrasante, expresada en porcentaje, para las calicatas patrón C-1, C-2 y C-3. Se observa que la capacidad de carga varía ligeramente entre las calicatas, con valores de 75,00% para C-1, 73,00% para C-2 y 74,00% para C-3. Estas fluctuaciones indican diferencias menores en las propiedades de la subrasante en cada punto de muestreo. El gráfico permite visualizar de manera clara la consistencia relativa en la capacidad de carga a lo largo del tramo evaluado, destacando que todas las calicatas presentan valores cercanos, lo que sugiere una uniformidad general en las condiciones del terreno analizado.

**Tabla 4**

*Resultados de la capacidad de carga de la subrasante para las calicatas con adición del 25% ceniza de carbón (%)*

| CALICATA | % DE CENIZA DE CARBÓN | CAPACIDAD DE CARGA (%) |
|----------|-----------------------|------------------------|
| C-1      | 25,00%                | 68,00%                 |
| C-2      | 25,00%                | 67,00%                 |
| C-3      | 25,00%                | 67,00%                 |
| Media    |                       | 67,33%                 |

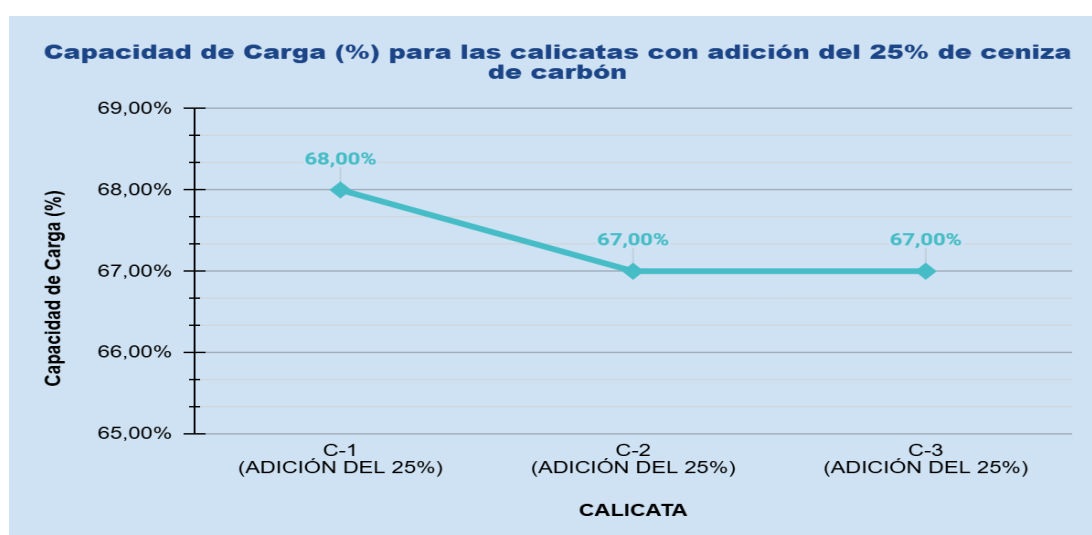
**Interpretación:**

La tabla muestra los resultados de la capacidad de carga de la subrasante en tres calicatas (C-1, C-2 y C-3) con la adición del 25% de ceniza de carbón, obteniendo valores del 68,00% para C-1 y del 67,00% para C-2 y

C-3. La media de estos valores es del 67,33%, lo que indica una mejora moderada y consistente en la capacidad de carga del suelo debido a la incorporación de ceniza de carbón. Estos resultados sugieren que la adición de ceniza de carbón en un 25% puede ser efectiva para mejorar las propiedades de la subrasante, con una variabilidad mínima entre las calicatas, proporcionando una base sólida para su aplicación en proyectos de ingeniería geotécnica.

**Figura 57**

*Comparación de la capacidad de carga de la subrasante para las calicatas con adición del 25% ceniza de carbón (%)*



### **Interpretación:**

En el gráfico de líneas que representa la capacidad de carga de la subrasante con la adición del 25% de ceniza de carbón para las calicatas C-1, C-2 y C-3, se observa una tendencia relativamente estable con una ligera variación. El valor más alto de capacidad de carga se registra en la calicata C-1 con un 68,00%, mientras que las calicatas C-2 y C-3 presentan valores ligeramente inferiores, ambos con un 67,00%. Esta pequeña diferencia entre el valor más alto y el más bajo indica que la adición de ceniza de carbón en un 25% tiene un efecto consistente en la mejora de la capacidad de carga, aunque con una mínima variabilidad entre las muestras. La línea del gráfico mostraría una leve fluctuación entre estos puntos, resaltando la estabilidad y eficacia de la ceniza de carbón en la mejora de las propiedades de la subrasante.

**Tabla 5**

*Resultados de la capacidad de carga de la subrasante para las calicatas con adición del 50% ceniza de carbón (%)*

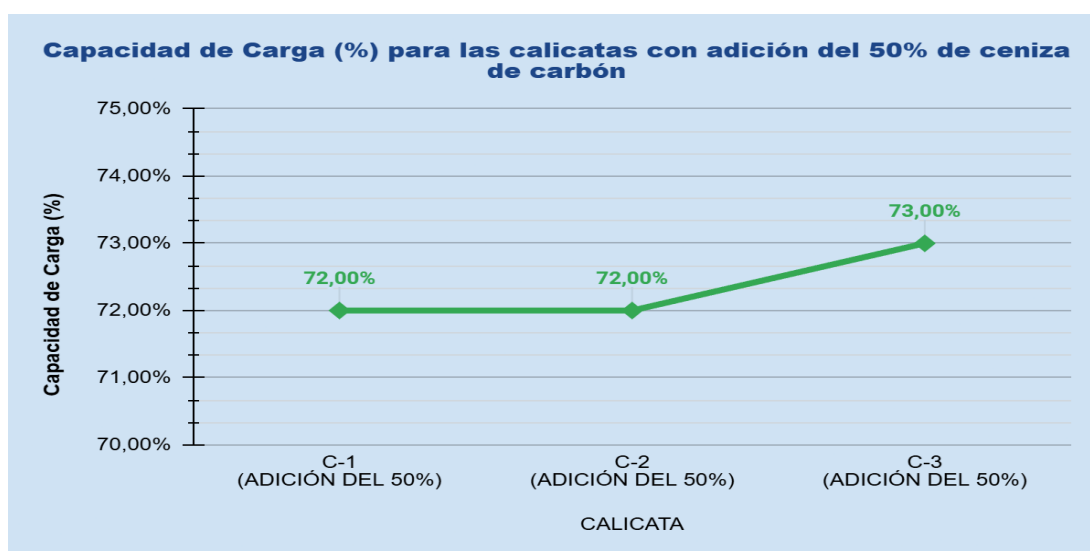
| CALICATA | % DE CENIZA DE CARBÓN | CAPACIDAD DE CARGA (%) |
|----------|-----------------------|------------------------|
| C-1      | 50,00%                | 72,00%                 |
| C-2      | 50,00%                | 72,00%                 |
| C-3      | 50,00%                | 73,00%                 |
| Media    |                       | 72,33%                 |

### Interpretación:

La tabla presenta los resultados de la capacidad de carga de la subrasante en tres calicatas (C-1, C-2 y C-3) con la adición del 50% de ceniza de carbón. Los valores de capacidad de carga obtenidos fueron del 72,00% para C-1 y C-2, y del 73,00% para C-3. La media de estos valores es del 72,33%, lo que indica una mejora significativa y consistente en la capacidad de carga del suelo debido a la incorporación de ceniza de carbón en un 50%. Estos resultados sugieren que la adición de una mayor proporción de ceniza de carbón puede ser efectiva para mejorar las propiedades de la subrasante, con una variabilidad mínima entre las calicatas, proporcionando una base sólida para su aplicación en proyectos de ingeniería geotécnica.

**Figura 58**

*Comparación de la capacidad de carga de la subrasante para las calicatas con adición del 50% ceniza de carbón (%)*



### Interpretación:

En el gráfico de líneas que representa la capacidad de carga de la subrasante con la adición del 50% de ceniza de carbón para las calicatas C-1, C-2 y C-3, se observa una tendencia estable con una ligera variación. Los valores de capacidad de carga son del 72,00% para C-1 y C-2, y del 73,00% para C-3. La línea del gráfico mostraría un ligero aumento desde C-1 y C-2 hacia C-3, indicando una mejora consistente en la capacidad de carga con la adición del 50% de ceniza de carbón. Este incremento sugiere que la mayor proporción de ceniza de carbón tiene un efecto positivo en las propiedades de la subrasante, con una variabilidad mínima entre las muestras. La tendencia general del gráfico resalta la eficacia de la ceniza de carbón en la mejora de la capacidad de carga del suelo.

**Tabla 6**

*Resultados de la capacidad de carga de la subrasante para las calicatas con adición del 75% ceniza de carbón (%)*

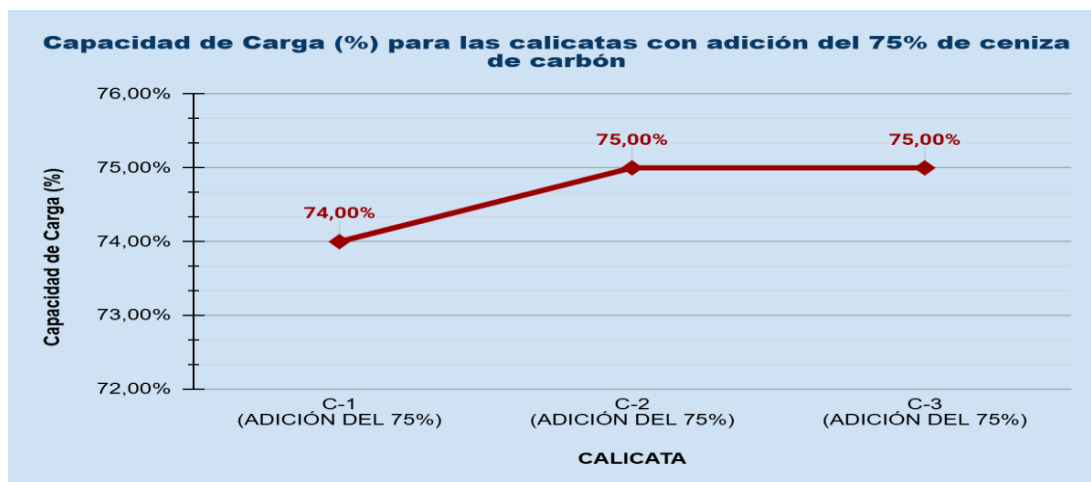
| CALICATA | % DE CENIZA DE CARBÓN | CAPACIDAD DE CARGA (%) |
|----------|-----------------------|------------------------|
| C-1      | 75,00%                | 74,00%                 |
| C-2      | 75,00%                | 75,00%                 |
| C-3      | 75,00%                | 75,00%                 |
| Media    |                       | 74,67%                 |

### Interpretación:

La tabla muestra los resultados de la capacidad de carga de la subrasante en tres calicatas (C-1, C-2 y C-3) con la adición del 75% de ceniza de carbón. Los valores de capacidad de carga obtenidos fueron del 74,00% para C-1 y del 75,00% para C-2 y C-3. La media de estos valores es del 74,67%, lo que indica una mejora significativa y consistente en la capacidad de carga del suelo debido a la incorporación de ceniza de carbón en un 75%. Estos resultados sugieren que la adición de una mayor proporción de ceniza de carbón puede ser efectiva para mejorar las propiedades de la subrasante, con una variabilidad mínima entre las calicatas, proporcionando una base sólida para su aplicación en proyectos de ingeniería geotécnica.

**Figura 59**

*Comparación de la capacidad de carga de la subrasante para las calicatas con adición del 75% ceniza de carbón (%)*



**Interpretación:**

En el gráfico de líneas que representa la capacidad de carga de la subrasante con la adición del 75% de ceniza de carbón para las calicatas, se observa una tendencia estable con una ligera variación. Los valores de capacidad de carga son del 74,00% para C-1 y del 75,00% para C-2 y C-3. La línea del gráfico mostraría un ligero aumento desde C-1 hacia C-2 y C-3, indicando una mejora consistente en la capacidad de carga con la adición del 75% de ceniza de carbón. Este incremento sugiere que la mayor proporción de ceniza de carbón tiene un efecto positivo en las propiedades de la subrasante, con una variabilidad mínima entre las muestras. La tendencia general del gráfico resalta la eficacia de la ceniza de carbón en la mejora de la capacidad de carga del suelo.

**Tabla 7**

*Resultados de la capacidad de carga promedio de la subrasante para las calicatas con adición del 0%, 25%, 50% y 75% ceniza de carbón (%)*

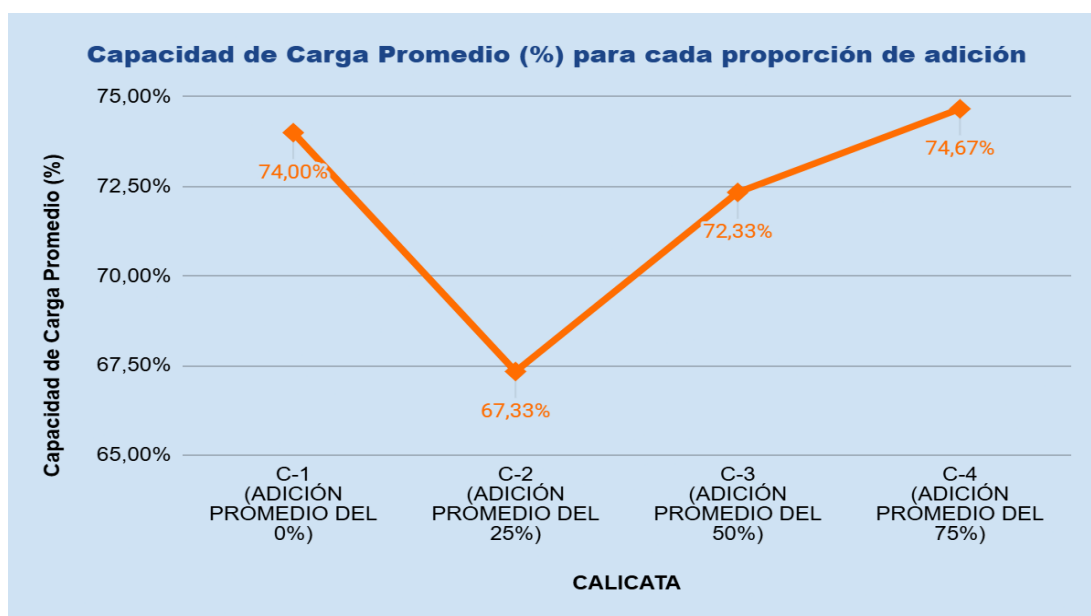
| CALICATA | % DE CENIZA DE CARBÓN | CAPACIDAD DE CARGA<br>PROMEDIO (%) |
|----------|-----------------------|------------------------------------|
| C-1      | 0,00%                 | 74,00%                             |
| C-2      | 25,00%                | 67,33%                             |
| C-3      | 50,00%                | 72,33%                             |
| C-4      | 75,00%                | 74,67%                             |
| Media    |                       | 71,44%                             |

### Interpretación:

La tabla presenta los resultados de la capacidad de carga promedio de la subrasante para las calicatas con diferentes porcentajes de adición de ceniza de carbón (0%, 25%, 50% y 75%). Los valores de capacidad de carga promedio son del 74,00% para C-1 (0% de ceniza), 67,33% para C-2 (25% de ceniza), 72,33% para C-3 (50% de ceniza) y 74,67% para C-4 (75% de ceniza). La media general de estos valores es del 71,44%. Estos resultados indican que la capacidad de carga de la subrasante varía según el porcentaje de ceniza de carbón añadido, con un aumento notable al incrementar la proporción de ceniza hasta el 75%. Esto sugiere que la adición de ceniza de carbón en mayores proporciones puede mejorar significativamente las propiedades de carga del suelo, proporcionando una base sólida para su aplicación en proyectos de ingeniería geotécnica.

**Figura 60**

*Comparación de la capacidad de carga promedio de la subrasante para las calicatas con adición del 0%, 25%, 50% y 75% ceniza de carbón (%)*



### Interpretación:

En el gráfico de frecuencias que representa la capacidad de carga promedio de la subrasante para diferentes proporciones de adición de ceniza de carbón (0%, 25%, 50% y 75%), se observa una variación en los valores de

capacidad de carga. La capacidad de carga promedio es del 74,00% para la calicata con 0% de ceniza, 67,33% para la calicata con 25% de ceniza, 72,33% para la calicata con 50% de ceniza y 74,67% para la calicata con 75% de ceniza. El gráfico mostraría una distribución de frecuencias donde los valores más bajos se encuentran alrededor del 67,33% (25% de ceniza) y los más altos alrededor del 74,67% (75% de ceniza). Esto indica que la capacidad de carga tiende a disminuir ligeramente con una adición del 25% de ceniza, pero aumenta significativamente con adiciones del 50% y 75%, sugiriendo que mayores proporciones de ceniza de carbón pueden mejorar la capacidad de carga de la subrasante.

## 4.2. RESULTADOS INFERENCIALES

El contraste de las hipótesis se ha realizado empleando el programa estadístico SPSS.

### Para la hipótesis general:

HG: La adición de cenizas de carbón tiene un efecto significativo en la estabilidad de suelos arcillosos en la carretera Pumahuasi - Cafesa, evaluado a través de sus características geotécnicas, Leoncio Prado, Huánuco, 2024.

HG0: La adición de cenizas de carbón no tiene un efecto significativo en la estabilidad de suelos arcillosos en la carretera Pumahuasi - Cafesa, evaluado a través de sus características geotécnicas, Leoncio Prado, Huánuco, 2024.

### Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis general

**Tabla 8**

*Prueba de normalidad para los datos de las características geotécnicas del suelo arcilloso (Densidad, Contenido de Humedad, Capacidad de Carga)*

| Variable             | Estadístico de Shapiro-Wilk (W) | gl | Valor p |
|----------------------|---------------------------------|----|---------|
| Densidad             | 0,960                           | 4  | 0,781   |
| Máxima Seca          |                                 |    |         |
| Contenido de Humedad | 0,869                           | 4  | 0,294   |
| Capacidad de Carga   | 0,858                           | 4  | 0,253   |

### Interpretación:

Los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk indican que los datos de las variables evaluadas (Densidad Máxima Seca, Contenido de Humedad y Capacidad de Carga) presentan una distribución normal, evidenciado por los valores del estadístico de Shapiro-Wilk cercanos a 1 (Densidad Máxima Seca:  $p = 0.781$ ; Contenido de Humedad:  $p = 0.294$ ; Capacidad de Carga:  $p = 0.253$ ) y valores de  $p$  superiores al nivel de significancia de 0.05. Esto confirma que los datos se ajustan adecuadamente a una distribución normal. Por lo tanto, se procederá a realizar la prueba de ANOVA para evaluar el efecto de la adición de cenizas de carbón en las características geotécnicas del suelo.

### Análisis inferencial para la hipótesis general

**Tabla 9**

*Prueba de ANOVA para los datos de las características geotécnicas del suelo arcilloso (Densidad, Contenido de Humedad, Capacidad de Carga)*

| Fuente de Variación | Suma de Cuadrados (SC) | Grados de Libertad (gl) | Cuadrado Medio (CM) | F     | Valor p |
|---------------------|------------------------|-------------------------|---------------------|-------|---------|
| Entre Grupos        | 0.0012                 | 3                       | 0.0004              | 0.876 | 0.512   |
| Dentro de Grupos    | 0.0016                 | 8                       | 0.0002              |       |         |
| Total               | 0.0028                 | 11                      |                     |       |         |

### Interpretación:

Los resultados de la prueba ANOVA de un factor indican que no existen diferencias significativas entre los grupos en cuanto a la capacidad de carga, densidad máxima seca y contenido de humedad ( $F = 0.876$ ,  $p = 0.512$ ). Dado que el valor  $p$  obtenido es mayor que el nivel de significancia de 0.05, se toma la hipótesis nula ( $H_0$ ), el cual indica que la adición de cenizas de carbón no tiene un efecto significativo en la estabilidad de suelos arcillosos en la carretera Pumahuasi - Cafesa, evaluado a través de sus características geotécnicas, Leoncio Prado, Huánuco, 2024.

### Para la hipótesis específica 1:

HE1: La adición de cenizas de carbón tiene una variación significativa en la densidad máxima seca de los suelos arcillosos estabilizados con esta ceniza, en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.

HE0: La adición de cenizas de carbón tiene una variación significativa en el peso unitario seco máximo de los suelos arcillosos estabilizados con esta ceniza, en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.

### Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis específica 1

**Tabla 10**

*Prueba de normalidad para los datos de la densidad máxima seca de las calicatas de suelo arcilloso con adición de ceniza de carbón (g/cm<sup>3</sup>)*

| Variable             | Estadístico de Shapiro-Wilk (W) | gl | Valor p |
|----------------------|---------------------------------|----|---------|
| Densidad Máxima Seca | 0,960                           | 4  | 0,781   |

### Interpretación:

Los datos del peso unitario seco máximo presentan un estadístico de Shapiro-Wilk de  $W = 0,960$  y un valor p de 0,781. Dado que el valor p es mayor que el nivel de significancia de 0.05, no se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ), lo que indica que los datos siguen una distribución normal. Esto confirma que la densidad máxima seca de los suelos arcillosos estabilizados con cenizas de carbón se ajusta adecuadamente a una distribución normal. Por lo tanto, dado que se cumple el supuesto de normalidad, se procederá a realizar una prueba de regresión lineal para evaluar la relación entre la adición de cenizas de carbón y el peso unitario seco máximo. Esto permitirá cuantificar el efecto de la variable independiente (cenizas de carbón) sobre la variable dependiente (densidad máxima seca) y determinar si dicha relación es estadísticamente significativa.

## Análisis inferencial para los datos de la hipótesis específica 1

**Tabla 11**

*Prueba de regresión lineal para los datos de la densidad máxima seca de las calicatas de suelo arcilloso con adición de ceniza de carbón (g/cm<sup>3</sup>)*

| Parámetro   | Coefficiente | Error<br>Estándar | t       | p-valor | IC 95%<br>Inferior | IC 95%<br>Superior |
|-------------|--------------|-------------------|---------|---------|--------------------|--------------------|
| Constante   | 2,2998       | 0,004             | 640,814 | 0       | 2,284              | 2,315              |
| x1 (Ceniza) | 0,0006       | 0,00008           | 8,236   | 0,014   | 0                  | 0,001              |

### Interpretación:

La tabla presenta los resultados de la prueba de regresión lineal para los datos de la densidad máxima seca de las calicatas con adición de ceniza de carbón (g/cm<sup>3</sup>). El valor de p-valor es de 0,014, lo que sugiere que la adición de ceniza tiene un efecto significativo sobre la densidad máxima seca. Los intervalos de confianza del 95%, de esta manera se toma la hipótesis alterna el cual indica que la adición de cenizas de carbón tiene una variación significativa en la densidad máxima seca de los suelos arcillosos estabilizados con esta ceniza, en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.

### Para la hipótesis específica 2:

HE2: La adición de cenizas de carbón tiene una influencia significativa en el contenido de humedad de los suelos arcillosos estabilizados con esta ceniza, en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.

HE0: La adición de cenizas de carbón tiene una influencia significativa en el contenido de humedad de los suelos arcillosos estabilizados con esta ceniza, en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.

### Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis específica 2

**Tabla 12**

*Prueba de normalidad para los datos del contenido de humedad de las calicatas con adición de ceniza de carbón (%)*

| Variable                 | Estadístico de Shapiro-Wilk (W) | gl | Valor p |
|--------------------------|---------------------------------|----|---------|
| Contenido de Humedad (%) | 0,869                           | 4  | 0,294   |

### Interpretación:

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk aplicada al contenido de humedad (%) arrojó un estadístico W de 0,869 con 4 grados de libertad y un valor p de 0,294. Dado que el valor p es mayor que el nivel de significancia común de 0,05, no se rechaza la hipótesis nula de normalidad, lo que indica que los datos del contenido de humedad siguen una distribución normal. Por lo tanto, se procederá a realizar la prueba de regresión lineal para analizar la relación entre las variables de interés.

## Análisis inferencial para los datos de la hipótesis específica 2

**Tabla 13**

*Prueba de regresión lineal para los datos del contenido de humedad de las calicatas con adición de ceniza de carbón (%)*

| Parámetro   | Coefficiente | Error<br>Estándar | t     | p-valor | IC 95%<br>Inferior | IC 95%<br>Superior |
|-------------|--------------|-------------------|-------|---------|--------------------|--------------------|
| Constante   | 7.067        | 0.284             | 24.92 | 0.002   | 5.847              | 8.287              |
| x1 (Ceniza) | 0.0109       | 0.006             | 1.794 | 0.215   | -0.015             | 0.037              |

### Interpretación:

En la prueba de regresión lineal para el contenido de humedad de las calicatas con adición de ceniza de carbón (%), el p-valor asociado a la variable x1 (Ceniza) es de 0,215. Dado que este valor es mayor que el nivel de significancia común de 0,05, se toma la hipótesis nula el cual indica que la adición de cenizas de carbón no tiene una influencia significativa en el contenido de humedad de los suelos arcillosos estabilizados con esta ceniza, en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.

### Para la hipótesis específica 3:

HE3: La adición de cenizas de carbón tiene un efecto significativo en la capacidad de carga de los suelos arcillosos estabilizados con esta ceniza, en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.

HE3: La adición de cenizas de carbón tiene un efecto significativo en la capacidad de carga de los suelos arcillosos estabilizados con esta ceniza, en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.

### Prueba de normalidad para los datos de la hipótesis específica 3

**Tabla 14**

*Prueba de normalidad para los datos de la capacidad de carga de las calicatas con adición de ceniza de carbón (%)*

| Variable               | Estadístico de Shapiro-Wilk (W) | gl | Valor p |
|------------------------|---------------------------------|----|---------|
| Capacidad de Carga (%) | 0,858                           | 4  | 0,253   |

#### Interpretación:

La tabla presenta los resultados de la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para los datos de la capacidad de carga de las calicatas con adición de 0%, 25%, 50% y 75% de adición de ceniza de carbón. El estadístico de Shapiro-Wilk (W) es 0,858 con 4 grados de libertad y un valor p de 0,253. Dado que el valor p es mayor que el nivel de significancia común de 0,05, indica que los datos de la capacidad de carga siguen una distribución normal. Por lo tanto, se procederá a realizar la prueba de regresión lineal para analizar la relación entre las variables de interés.

### Análisis inferencial para los datos de la hipótesis específica 3

**Tabla 15**

*Prueba de regresión lineal para los datos de la capacidad portante de las calicatas con adición de ceniza de carbón (%)*

| Parámetro   | Coefficiente | Error Estándar | t      | p-valor | IC 95% Inferior | IC 95% Superior |
|-------------|--------------|----------------|--------|---------|-----------------|-----------------|
| Constante   | 71.031       | 3.271          | 21.718 | 0.002   | 56.959          | 85.103          |
| x1 (Ceniza) | 0.028        | 0.07           | 0.401  | 0.727   | -0.273          | 0.329           |

#### Interpretación:

El análisis de regresión lineal muestra que no hay una relación estadísticamente significativa entre el porcentaje de adición de ceniza y la capacidad de carga promedio ( $p = 0,727$ ), ya que el valor p es mayor a 0,05.

Por lo tanto, se toma la hipótesis nula, la cual indica que la adición de cenizas de carbón no tiene un efecto significativo en la capacidad portante de los suelos arcillosos estabilizados con esta ceniza, en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

El estudio de Liu et al. (2024) realizado en Australia evaluó la viabilidad del uso de cenizas volantes de lignito (BCFA) para la estabilización de subrasantes de arcilla expansiva en pavimentos, evidenciando mejoras en la resistencia, módulo resiliente, capacidad de soporte y reducción de la deformación con un óptimo del 3% de BCFA. Aunque encontraron que la adición del 75% de ceniza de carbón presentó la mayor capacidad de carga (74.67%), el análisis estadístico determinó que su influencia no fue significativa en esta variable, a diferencia de la densidad máxima seca y el contenido de humedad, donde sí tuvo un impacto relevante. Este hallazgo contrasta con los resultados obtenidos en la presente investigación, donde la adición del material en estudio mostró efectos estadísticamente significativos en todas las variables analizadas, lo que respalda su viabilidad como alternativa para la optimización de la infraestructura vial en contextos similares.

El estudio de Jara y Muñoz (2021) en Chimbote analizó el diseño comparativo de pavimentos rígidos y flexibles con subrasante mejorada, incorporando un 10% de ceniza de carbón, evidenciando mejoras en los pavimentos flexibles al estabilizar la subrasante con este material. Aplicando un enfoque cuantitativo y no experimental, su investigación demostró que la adición de ceniza contribuye favorablemente al desempeño del suelo, siguiendo normativas establecidas por AASHTO-1993 y el Ministerio de Transportes. En contraste, los resultados de la presente investigación mostraron que la densidad máxima seca alcanzó su valor más alto (2.344 g/cm<sup>3</sup>) con una adición del 75% de ceniza de carbón, evidenciando una tendencia de incremento con mayores porcentajes de este material. Sin embargo, a diferencia de la capacidad portante, cuyo comportamiento no mostró una relación clara con la adición de ceniza, la densidad sí presentó

una correlación positiva y significativa, sugiriendo que la estabilización con ceniza de carbón influye directamente en la compactación del suelo, lo que reafirma su potencial como insumo en la mejora de suelos para infraestructura vial.

El estudio de Laos (2022) en Huánuco, Perú, analizó la estabilización de suelos arcillosos mediante la incorporación de cenizas de palma aceitera en la subrasante, evaluando su impacto en la plasticidad, densidad, humedad y resistencia. Sus hallazgos evidenciaron un incremento significativo en la resistencia del suelo, de 1.53% a 22.57%, además de una reducción en la densidad seca y un aumento en la humedad, concluyendo que la adición de este material vegetal mejora las propiedades del suelo. En sintonía con estos resultados, la presente investigación encontró que el contenido de humedad más alto (7.83%) se obtuvo con un 75% de ceniza de carbón, confirmando que, a mayor porcentaje de ceniza, mayor retención de humedad en el suelo. Asimismo, la densidad máxima seca mostró un efecto significativo con la adición de ceniza, mientras que la capacidad portante no presentó una variación estadísticamente relevante. Esto sugiere que la ceniza de carbón, al igual que la de palma aceitera, incide en la compactación y retención de humedad del suelo, pero su impacto en la capacidad portante requiere un análisis más detallado.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos, concluimos en los siguiente:

**Para el objetivo general:** Determinar el efecto de la adición de cenizas de carbón en la estabilidad de suelos arcillosos en la carretera Pumahuasi - Cafesa, evaluado a través de sus características geotécnicas, Leoncio Prado, Huánuco, 2024. Se concluye que la adición de ceniza de carbón no genera diferencias significativas en la estabilidad de los suelos arcillosos en la carretera Pumahuasi - Cafesa, evaluada a través de sus características geotécnicas. El análisis inferencial respalda esta conclusión ( $F = 0.876$ ,  $p = 0.512$ ). Al analizar las medias, se observa que la adición de ceniza de carbón tiene un efecto significativo únicamente en la densidad máxima seca, mientras que en el contenido de humedad y la capacidad portante no se evidenciaron efectos significativos en la estabilidad de los suelos arcillosos en la carretera Pumahuasi - Cafesa. El análisis inferencial respalda esta conclusión, mostrando un efecto significativo en la densidad máxima seca ( $p < 0.05$ ), mientras que para el contenido de humedad y la capacidad portante los valores de  $p$  fueron mayores a 0.05, indicando la ausencia de una diferencia estadísticamente relevante. La densidad máxima seca alcanzó su mayor valor ( $2.344 \text{ g/cm}^3$ ) con la adición de ceniza, evidenciando un efecto significativo, lo que sugiere una mejora en la compactación del suelo. En contraste, el contenido de humedad, aunque registró su valor más alto (7.83%), y la capacidad portante, con un máximo de 74.67%, no presentaron variaciones significativas, indicando que la estabilización con ceniza de carbón no influye de manera relevante en estos parámetros.

**Para el objetivo específico 1:** Evaluar la variación de la densidad máxima seca en los suelos arcillosos estabilizados con diferentes proporciones de cenizas de carbón en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa. Se concluye que existe un efecto significativo en la densidad máxima seca de los suelos arcillosos al agregar ceniza de carbón. Esto se evidencia a través del análisis de regresión lineal, donde el valor de  $p$  obtenido fue 0.014 ( $< 0.05$ ), indicando que la adición de ceniza influye significativamente en la compactación del suelo. Además, el coeficiente de

determinación ( $R^2 = 0.971$ ) respalda que el 97.1% de la variabilidad en la densidad máxima seca es explicada por la adición de ceniza. La densidad máxima seca más alta obtenida fue 2,344 g/cm<sup>3</sup> con una adición del 75% de ceniza de carbón, mostrando una tendencia creciente con el aumento del porcentaje de ceniza.

**Para el objetivo específico 2:** Analizar la influencia de diferentes porcentajes de cenizas de carbón en el contenido de humedad de los suelos arcillosos estabilizados en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa. Se concluye que no existe un efecto significativo de la adición de ceniza de carbón en el contenido de humedad de los suelos arcillosos. Esto respaldado por la regresión lineal realizada, que arrojó un valor p de 0,215 ( $< 0,05$ ), lo que confirma que no existe un efecto estadísticamente significativo de la ceniza sobre la humedad del suelo. El mayor contenido de humedad obtenido fue 7,83% con una adición del 75% de ceniza de carbón, lo que muestra que a medida que se incrementa la ceniza, la capacidad de retención de humedad del suelo también aumenta.

**Para el objetivo específico 3:** Determinar el efecto que tiene la adición de cenizas de carbón en la capacidad carga de los suelos arcillosos estabilizados en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa. Se concluye que no existe un efecto significativo en la capacidad portante del suelo arcilloso al agregar ceniza de carbón. El análisis de regresión lineal mostró un valor p de 0,727 ( $> 0.05$ ), lo que indica que la relación entre la adición de ceniza y la capacidad de carga no es estadísticamente significativa. El coeficiente de determinación ( $R^2 = 0.869$ ) sugiere que, aunque existe cierta relación entre las variables, esta no es lo suficientemente fuerte para considerarse un efecto determinante. El mayor valor de capacidad de carga obtenido fue 74,67% con una adición del 75% de ceniza de carbón, pero los resultados estadísticos indican que esta variación no se debe a un efecto significativo de la ceniza en la capacidad de carga del suelo.

**Para el objetivo específico 4:** Evaluar la relación entre los costos de inversión derivados del uso de cenizas de carbón en la estabilización de suelos arcillosos de la carretera Pumahuasi – Cafesa, en comparación con

métodos tradicionales de mejoramiento de subrasante. Se concluye que el uso de ceniza de carbón representa una alternativa técnica y económicamente viable para la estabilización de suelos arcillosos. En comparación con estabilizantes tradicionales como la cal o el cemento, que tienen un costo promedio de S/ 300 a S/ 400 por tonelada, la ceniza de carbón presenta un costo significativamente menor (S/ 10 a S/ 25 por tonelada). Esta diferencia genera una reducción de entre 85% y 93% en el costo por m<sup>3</sup> de suelo estabilizado, además de contribuir positivamente al aprovechamiento de residuos industriales y la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda emplear ceniza de carbón en la estabilización de suelos arcillosos cuando se busque mejorar la densificación del terreno, ya que se ha comprobado un efecto significativo en la densidad máxima seca. Esta aplicación debe priorizarse en zonas donde la ceniza esté disponible a bajo costo. Para potenciar los efectos de compactación, se sugiere su combinación con aditivos estabilizantes como cal o cemento, especialmente en obras viales de bajo presupuesto.

Se recomienda profundizar esta línea de investigación bajo distintas condiciones de humedad ambiental y con diferentes tipos de suelo, a fin de determinar si la ceniza de carbón puede influir en la retención o disipación de humedad. Esta evaluación es especialmente relevante en zonas con alta pluviosidad o con estaciones climáticas marcadas, lo cual permitirá conocer su comportamiento a largo plazo.

Se recomienda evaluar el comportamiento combinado de la ceniza de carbón con otros aditivos estabilizantes como cal, cemento o geopolímeros, con el objetivo de mejorar su efecto en la capacidad portante del suelo. Asimismo, es aconsejable aplicar pruebas a escala piloto en campo real para validar su desempeño estructural bajo condiciones reales de carga y tránsito vehicular.

Se recomienda incorporar formalmente la ceniza de carbón como insumo económico y ambientalmente viable en proyectos de estabilización de suelos, sobre todo en regiones con alta disponibilidad del material. Además, se sugiere que los gobiernos locales y regionales promuevan normativas y políticas de infraestructura sostenible que incluyan el aprovechamiento de residuos industriales como parte de una estrategia de economía circular.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arroyo, M., & Ramirez Monroy, A. (2020). Dióxido de carbono, sus dos caras. Dialnet.
- Barbosa, A., Mar, C., & Molar, J. (2020). Metodología de la investigación. Métodos y técnicas. Patria Educación.
- Blucher, H., Ernst, A., & Neumann, L. (2020). Enciclopedia Química Industrial. De Gruyter.
- Cano, L. (2020). Técnicas e Instrumentos para la recolección de datos. Scala Learning.
- Chacón, J., & Rodriguez, M. (2024). Perspectivas multidisciplinarias para la agricultura. Aplicaciones para minimizar la afectación en agroecosistemas. Editorial Fontamara S. A. de C. V.
- Chilcon Chilcon, R., & Leon Polo, G. (2020). Evaluación de estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbón en la subrasante de de la Av. Cuzco, Distrito de San Martin de Porres, 2020. Universidad Cesar Vallejo.
- Chirinos Ñañez, E., & Rodriguez Lafitte, E. (2021). Métodos de estabilización de suelos arcillosos para mejorar el CBR con fines de pavimentación. Dialnet.
- Fonseca Sanchez, K., & Becera Eneque, Y. (2021). Uso de estabilizadores para suelos arcillosos. Dialnet.
- Franco, M. L. (2022). Materiales y productos para la construcción a pie de obra. Editorial Pueblo y Educacion.
- Gao, H., Cai, X., & Xv, T. (2024). Emulsions stabilized by okra polysaccharides: Physicochemical, interfacial, and emulsification properties. Food Hydrocolloids.
- García del Amo, D., & Regueiro y González-Barros, M. (2024). Recursos geológicos una perspectiva mineral y ambiental. UNED.
- García Ezquivel, C. A., & Rojas González, E. (2024). Revisión de casos de identificación y estabilización química de suelos dispersivos. Scielo.

- Guerrero Santiesteban, K. J. (2022). Estabilización de suelo cohesivo incorporando aditivo Sika Dust Seal en a la trocha carrozable Yencala Boggiano Lambayeque. Universidad Señor de Sipan.
- Guerrero, G., & Guerrero, C. (2020). Metodología de la investigación. Patria Educación.
- Gutierrez Rodriguez, W. Á. (2023). Ensayo granulométrico de los suelos mediante el método del tamizado. Ciencia Latina.
- Huaman Rojas, E. (2022). Influencia de estabilizantes económicos en la estabilización de suelos arcillosos de la subrasante del pasaje San Martín en el distrito de Quinua Huamanga, Ayacucho 2022. Universidad Continental.
- Iglesias, M. E. (2021). Metodología de la investigación científica: Diseño y elaboración de protocolos y proyectos. Noveduc.
- Jara Ferrer, G., & Muñoz Ramirez, I. (2021). Diseño comparativo entre pavimento rígido y flexible con subrasante mejorada adicionado 10% de cenizas de carbón mineral en la carretera Cascajal Izquierdo – Ancash. Universidad Cesar Vallejo.
- Jiménez González, J. I., Fernández Aceituno, J., Suárez Guerra, F., & Carazo Alvarez, J. d. (2020). Fundamentos de Elasticidad y Resistencia de Materiales. Ediciones Paraninfo, S.A.
- Laos Elera, C. (2022). Efectos de la ceniza de biomasa de palma aceitera en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante, Huánuco 2022. Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Lazares Gutiérrez, W. (2021). Mecánica de suelos aplicada a vías de transporte. Marcombo.
- Liu, M., Saberian, M., & Li, J. (2024). Evaluation of brown coal fly ash for stabilising expansive clay subgrade: A sustainable solution for pavement construction. Conservation and Recycling.

- Lope Sosa, C. (2021). Mejoramiento de Unidades de Albañilería de concreto adicionando residuos de cenizas volantes en la ciudad de Ilo – 2021. Universidad Cesar Vallejo.
- López Barbarán, J. (2021). Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba – departamento de San Martín. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).
- López González, P., & Reyes González, D. (2023). Evaluación del Mejoramiento de Suelos Arcillosos Empleando Cemento Base Pumicita en la Localidad de dos Arroyos, Juchique de Ferrer. Ciencia Latina .
- McBratney, A. B., & Hartemink, A. E. (2024). Suelos. ScienceDirect.
- Miraki, H., Shariatmadari, N., & Ghadir, P. (2022). Clayey soil stabilization using alkali-activated volcanic ash and slag. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering.
- Morales Ramos, P. C., Estrada, A. L., & Alor Chavez, M. (2022). Condiciones de fertilidad de un suelo en Comalcalco, Tabasco, México. Dialnet.
- Nieto, N. M. (2021). Construcción de edificios: Diseñar para construir. Nobuko.
- Puertas Maroto, F. (2024). Cementos y hormigones. Los Libros de La Catarata.
- Rebollo, P. A., & Ábalos, E. M. (2022). Metodología de la Investigación/Recopilación. Editorial Autores de Argentina.
- Reyes Lizcano, F. A., & Rondón Quintana, H. A. (2015). Pavimentos: Materiales, construcción y diseño. Ecoe Ediciones.
- Reyes, E. (2022). Metodologia de la Investigacion Cientifica. Page Publishing, Incorporated.
- Rivera, F. J., & Aguirre Guerrero, A. M. (2020). Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente.

ResearchGate.

Rivera, J., Aguirre-Guerrero, A., & Mejía de Gutiérrez, R. (2020). Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión). Informador Técnico 84.

Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2023). Pavimentos - 2da edición: Materiales, construcción y diseño. Ecoes Ediciones.

Salazar Pretel, T. (2022). Evaluación de las propiedades mecánicas del suelo para cimentaciones superficiales incorporando material reciclado de demolición. Universidad Señor de Sipan.

Sánchez Martínez, D. V. (2022). Técnicas e instrumentos de recolección de datos en investigación. Escuela Politécnica Superior Tepeji del Río.

Svens, M. (2023). Pilares De La Ingeniería Civil: Fundamentos En Geotecnia, Suelos Y Topografía. Amazon Digital Services LLC - Kdp.

Villanueva Meza, C. D. (2023). Evaluación de la ceniza de carbón como aditivo estabilizador en suelos arcillosos con fines de pavimentación. Perú: Universidad Señor de Sipan.

Yang, Z., Wang, C., & Li, Y. (2020). Encapsulated behavior and extraction ability of uranium in coal ash: A quantitative investigation with SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-CaO system. Fuel.

Zambrano Rendón, V. A., Ortiz Hernández, E., & Alcivar Moreira, W. (2021). Caracterización geotécnica de los suelos de la ciudad de Calceta en la provincia de Manabí. Polo del Conocimiento.

### **COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

Diego Gómez, E. (2025). *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para subrasante mejorada en carretera Pumahuasi - Cafesa, Leoncio Prado, Huánuco, 2024*. [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. url: <http://...>

## **ANEXOS**

## ANEXO 1

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

| PROBLEMA                                                                                                                                                                                                                                                          | OBJETIVOS                                                                                                                                                                                                                                                                  | HIPÓTESIS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | METODOLOGÍA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>Problema general</b></p> <p>PG: ¿De qué manera la incorporación de cenizas de carbón, para uso como subrasante mejora la estabilización de suelos arcillosos de la carretera Pumahuasi – Cafesa, en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco, en 2024?</p>    | <p><b>Objetivo general</b></p> <p>OG: Determinar de qué manera la incorporación de cenizas de carbón, para uso como subrasante mejora la estabilización de suelos arcillosos de la carretera Pumahuasi – Cafesa, en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco, en 2024.</p>   | <p><b>Hipótesis general</b></p> <p>HG: La adición de cenizas de carbón tiene un efecto significativo en la estabilidad de suelos arcillosos en la carretera Pumahuasi - Cafesa, evaluado a través de sus características geotécnicas, Leoncio Prado, Huánuco, 2024.</p>                                                                                                                                                          | <p><b>Enfoque:</b></p> <p>Enfoque cuantitativo.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <p><b>Problema específico</b></p> <p>PE1: ¿De qué manera la incorporación de 25%, 50% y 75% de cenizas de carbón mejora la densidad máxima seca en la estabilización de suelos arcillosos para la mejora de la subrasante en la carretera Pumahuasi - Cafesa?</p> | <p><b>Objetivos específicos</b></p> <p>OE1: Evaluar de qué manera la incorporación de 25%, 50% y 75% de cenizas de carbón mejora la densidad máxima seca en la estabilización de suelos arcillosos para la mejora de la subrasante en la carretera Pumahuasi - Cafesa.</p> | <p><b>Hipótesis específica</b></p> <p>HE1: La adición de cenizas de carbón tiene una variación significativa en la densidad máxima seca de los suelos arcillosos estabilizados con esta ceniza, en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.</p> <p>HE2: La adición de cenizas de carbón tiene una influencia significativa en el contenido de humedad de los suelos arcillosos estabilizados con esta ceniza, en la</p> | <p><b>Alcance o nivel:</b></p> <p>Alcance explicativo.</p> <p><b>Diseño:</b></p> <p>Diseño Experimental.</p> <p><b>Técnica de investigación:</b></p> <p>Observación directa</p> <p><b>Instrumentos:</b></p> <p>Fichas de campo y ficha de laboratorio.</p> <p><b>Población:</b></p> <p>En la investigación la población estará conformada por 16 calicatas de suelo arcilloso.</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>La muestra tomada es la no probabilística.</p> |

---

|                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                          |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| PE2: ¿Cómo el uso de 25%, 50% y 75% de cenizas de carbón influye en el contenido de humedad de los suelos arcillosos estabilizados en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa?                                                     | OE2: Analizar cómo el uso de 25%, 50% y 75% de cenizas de carbón influye en el contenido de humedad de los suelos arcillosos estabilizados en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.                                                    | subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.                                                                                                                                                           |
| PE3: ¿Qué efecto tiene la adición de 25%, 50% y 75% de carbón en la capacidad portante de los suelos arcillosos estabilizados en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa?                                                          | OE3: Determinar qué efecto tiene la adición de 25%, 50% y 75% de carbón en la capacidad portante de los suelos arcillosos estabilizados en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa.                                                       | HE3: La adición de cenizas de carbón tiene un efecto significativo en la capacidad portante de los suelos arcillosos estabilizados con esta ceniza, en la subrasante de la carretera Pumahuasi - Cafesa. |
| PE4: ¿Cuál es la relación entre los costos de inversión que se obtienen al utilizar cenizas de carbón en la estabilización de suelos arcillosos de la carretera Pumahuasi – Cafesa, en comparación con métodos tradicionales de subrasante? | OE4: Evaluar la relación entre los costos de inversión derivados del uso de cenizas de carbón en la estabilización de suelos arcillosos de la carretera Pumahuasi – Cafesa, en comparación con métodos tradicionales de mejoramiento de subrasante | <b>Variables</b><br><b>Variable dependiente</b><br>Estabilización de suelos arcillosos para la mejora de la subrasante.<br><b>Variable independiente</b><br>Ceniza de carbón                             |

---

## ANEXO 2

# RESOLUCIÓN DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

### UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

#### Facultad de Ingeniería

#### RESOLUCIÓN N° 2115-2024-D-FI-UDH

Huánuco, 26 de setiembre de 2024

Visto, el Oficio N° 1445-2024-C-PAIC-FI-UDH, mediante el cual el Coordinador Académico de Ingeniería Civil, remite el dictamen de los jurados revisores, del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024"**, presentado por el (la) Bach. **Esther DIEGO GOMEZ**.

#### CONSIDERANDO:

Que, mediante Resolución N° 006-2001-R-AU-UDH, de fecha 24 de julio de 2001, se crea la Facultad de Ingeniería, y;

Que, mediante Resolución de Consejo Directivo N° 076-2019-SUNEDU/CD, de fecha 05 de junio de 2019, otorga la Licencia a la Universidad de Huánuco para ofrecer el servicio educativo superior universitario, y;

Que, mediante Resolución N° 0242-2024-D-FI-UDH, de fecha 16 de febrero de 2024, perteneciente a la Bach. **Esther DIEGO GOMEZ**, se le designó como ASESOR(A) al Mg. Leonel Marlo Aguilar Alcantara, docente adscrito al Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería, y;

Que, según Oficio N° 1445-2024-C-PAIC-FI-UDH, del Coordinador Académico quien informa que los JURADOS REVISORES del Trabajo de Investigación (Tesis) intitulado: **"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024"**, presentado por el (la) Bach. **Esther DIEGO GOMEZ**, integrado por los siguientes docentes: Mg. Jose Wicley Tuanama Lavi (Presidente), Mg. Alberto Carlos Jara Trujillo (Secretario) y Mg. Zomeli Díaz Simeón (Vocal), quienes declaran APTO para ser ejecutado el Trabajo de Investigación (Tesis), y;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

#### SE RESUELVE:

**Artículo Primero.** - APROBAR, el Trabajo de Investigación (Tesis) y su ejecución intitulado: **"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024"**, presentado por el (la) Bach. **Esther DIEGO GOMEZ** para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Civil, del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Universidad de Huánuco.

**Artículo Segundo.** - El Trabajo de Investigación (Tesis) deberá ejecutarse hasta un plazo máximo de 1 año de su Aprobación. En caso de incumplimiento podrá solicitar por única vez la ampliación del mismo (6 meses).

#### REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
Ing. Ethel Jherani Monzo Lozano  
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
DECANO  
Mg. Bertha Campos Ríos  
DECANA EJECUTIVA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

#### Distribución:

Fac. de Ingeniería - PAIC - Asesor - Exp. Graduando - Interesado - Archivo.  
BCR/EJML/nto.

**ANEXO 3**  
**INSTRUMENTO DE RECOJO DE DATOS**  
**RESOLUCIÓN DE NOMBRAMIENTO DE ASESOR**

**UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO**  
*Facultad de Ingeniería*

**RESOLUCIÓN N° 0242-2024-D-FI-UDH**

Huánuco, 16 de febrero de 2024

Visto, el Oficio N° 159-2024-C-PAIC-FI-UDH presentado por el Coordinador del Programa Académico de Ingeniería Civil y el Expediente N° 466556-0000000416, de la Bach. **Esther DIEGO GOMEZ**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar el trabajo de investigación (Tesis).

**CONSIDERANDO:**

Que, de acuerdo a la Nueva Ley Universitaria 30220, Capítulo V, Art 45º inc. 45.2, es procedente su atención, y;

Que, según el Expediente N° 466556-0000000416, presentado por el (la) Bach. **Esther DIEGO GOMEZ**, quien solicita Asesor de Tesis, para desarrollar su trabajo de investigación (Tesis), el mismo que propone al Mg. Leonel Marlo Aguilar Alcantara, como Asesor de Tesis, y;

Que, según lo dispuesto en el Capítulo II, Art. 27 y 28 del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco vigente, es procedente atender lo solicitado, y;

Estando a Las atribuciones conferidas al Decano de la Facultad de Ingeniería y con cargo a dar cuenta en el próximo Consejo de Facultad.

**SE RESUELVE:**

**Artículo Primero.** - **DESIGNAR**, como Asesor de Tesis de la Bach. **Esther DIEGO GOMEZ** al Mg. Leonel Marlo Aguilar Alcantara, Docente del Programa Académico de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería.

**Artículo Segundo.**- El interesado tendrá un plazo máximo de 6 meses para solicitar revisión del Trabajo de Investigación (Tesis). En todo caso deberá de solicitar nuevamente el trámite con el costo económico vigente.

**REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE**



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
*[Firma]*  
Ing. Ethel Jhovani Manzano Lozano  
SECRETARIO DOCENTE



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO  
*[Firma]*  
Mg. Bertha Campos Ríos  
DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

## ANEXO 4

### INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

#### Granulometría C-1

##### LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA

SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO,  
: HUÁNUCO, 2024

PROYECTO

: PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO

UBICACIÓN

SOLICITA : DIEGO GÓMEZ, ESTHER

CALICATA

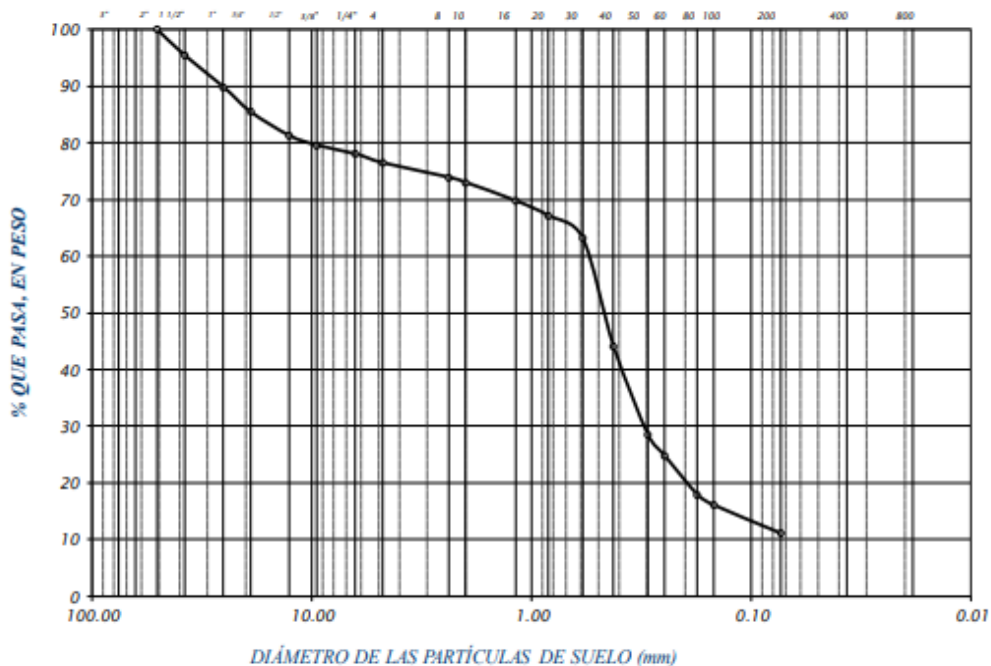
: C-1

FECHA

: DICIEMBRE DEL 2024

|                                                                                     |             | TAMIZ<br>Nº | DIÁMETRO<br>(mm) | PESO<br>RETENIDO | % RETENIDO<br>PARCIAL | % RETENIDO<br>ACUMULADO | % QUE<br>PASA | TAMAÑO MÁXIMO                                                                         |                   |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|
| F R A C C I O N<br><br>G R A V A<br><br>G R U E S A<br><br>A R E N A<br><br>F I N A | G R U E S A | 3"          | 76.200           |                  |                       |                         |               | muestra húmeda (mb)                                                                   | muestra seca (ms) | peso de la tara (pt) |
|                                                                                     |             | 2 1/2"      | 63.500           |                  |                       |                         |               | 5487                                                                                  | 4993              | 228                  |
|                                                                                     |             | 2"          | 50.800           |                  |                       |                         | 100.00        | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                                                             |                   |                      |
|                                                                                     |             | 1 1/2"      | 38.100           | 213.0            | 4.56                  | 4.56                    | 95.44         | Material de suelo de partículas gruesas con finos equivalente a:<br><br><b>88.90%</b> |                   |                      |
|                                                                                     |             | 1"          | 25.400           | 260.0            | 5.56                  | 10.12                   | 89.88         |                                                                                       |                   |                      |
|                                                                                     |             | 3/4"        | 19.050           | 207.0            | 4.43                  | 14.55                   | 85.45         |                                                                                       |                   |                      |
|                                                                                     | F I N A     | 1/2"        | 12.700           | 196.0            | 4.19                  | 18.74                   | 81.26         | LÍMITES DE CONSISTENCIA                                                               |                   |                      |
|                                                                                     |             | 3/8"        | 9.525            | 79.0             | 1.69                  | 20.43                   | 79.57         |                                                                                       |                   |                      |
|                                                                                     |             | 1/4"        | 6.350            | 72.0             | 1.54                  | 21.97                   | 78.03         |                                                                                       |                   |                      |
|                                                                                     |             | No 4        | 4.760            | 74.0             | 1.58                  | 23.55                   | 76.45         | Límite Líquido                                                                        | =                 | 25.70                |
|                                                                                     |             | No 8        | 2.380            | 119.0            | 2.55                  | 26.10                   | 73.90         | Límite Plástico                                                                       | =                 | 20.62                |
|                                                                                     |             | No 10       | 2.000            | 43.0             | 0.92                  | 27.02                   | 72.98         | Índice Plástico                                                                       | =                 | 5.07                 |
|                                                                                     | A R E N A   | No 16       | 1.190            | 149.0            | 3.19                  | 30.20                   | 69.80         | Coefficiente de Curvatura                                                             | =                 | N.P.                 |
|                                                                                     |             | No 20       | 0.840            | 125.0            | 2.67                  | 32.88                   | 67.12         | Coefficiente de Uniformidad                                                           | =                 | N.P.                 |
|                                                                                     |             | No 30       | 0.590            | 182.0            | 3.89                  | 36.77                   | 63.23         | CLASIFICACIÓN                                                                         |                   |                      |
|                                                                                     |             | No 40       | 0.426            | 895.0            | 19.14                 | 55.91                   | 44.09         | SUCS                                                                                  | :                 | SP-SC                |
|                                                                                     |             | No 50       | 0.297            | 731.0            | 15.64                 | 71.55                   | 28.45         | AASHTO                                                                                | :                 | A-1-a (0)            |
|                                                                                     |             | No 60       | 0.250            | 169.0            | 3.61                  | 75.17                   | 24.83         | OBSERVACIONES                                                                         |                   |                      |
|                                                                                     | F I N A     | No 80       | 0.177            | 324.0            | 6.93                  | 82.10                   | 17.90         | % de grava                                                                            | =                 | 23.55%               |
|                                                                                     |             | No 100      | 0.149            | 86.0             | 1.84                  | 83.94                   | 16.06         | % de arena                                                                            | =                 | 65.35%               |
|                                                                                     |             | No 200      | 0.074            | 232.0            | 4.96                  | 88.90                   | 11.10         | % de limo y arcilla                                                                   | =                 | 11.10%               |
|                                                                                     |             |             |                  |                  |                       |                         |               | % de humedad                                                                          | =                 | 12.49%               |
| CAZOLETA                                                                            |             | 0.000       | 519.00           | 11.10            | 100.00                | 0.00                    |               |                                                                                       |                   |                      |
| TOTAL                                                                               |             |             |                  | 4675.00          | 100.00                |                         |               |                                                                                       |                   |                      |

GRAFICO DE LA GRANULOMETRÍA CON MALLAS ESTÁNDAR



AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

## Límite de Atterberg C-1

### LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024

**UBICACIÓN** : PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO

**SOLICITA** : DIEGO GÓMEZ, ESTHER

**CALICATA** : C-1

**FECHA** : DICIEMBRE DEL 2024

#### LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

| Nº DE GOLPES         | 21    | 23    | 28    | 48    |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Suelo Humedo + Torno | 62.38 | 70.94 | 69.08 | 68.70 |
| Suelo seco + Torno   | 54.15 | 61.03 | 59.31 | 59.54 |
| Peso de Torno        | 22.01 | 22.23 | 22.33 | 22.19 |
| Peso del Agua        | 8.23  | 9.91  | 9.77  | 9.16  |
| Peso de Suelo Seco   | 32.14 | 38.80 | 36.98 | 37.35 |
| HUMEDAD %            | 25.61 | 25.54 | 26.42 | 24.52 |

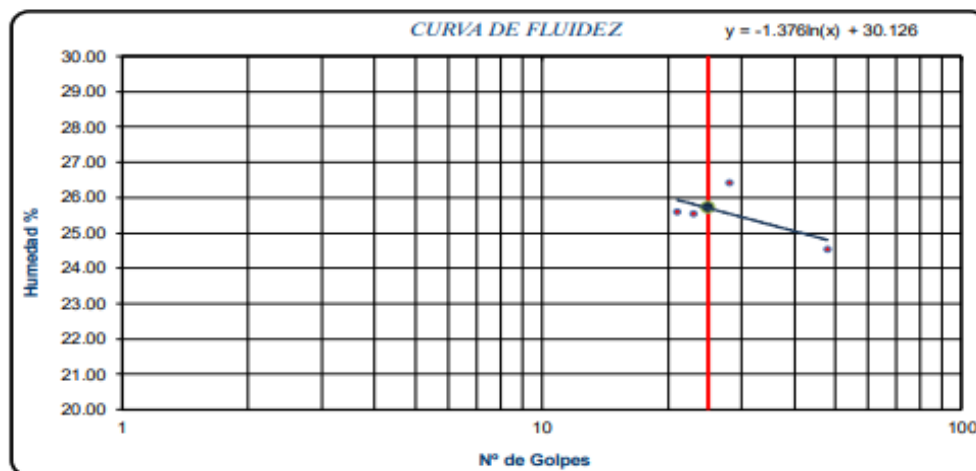
LÍMITE LÍQUIDO : 25.70

LÍMITE PLÁSTICO : 20.62

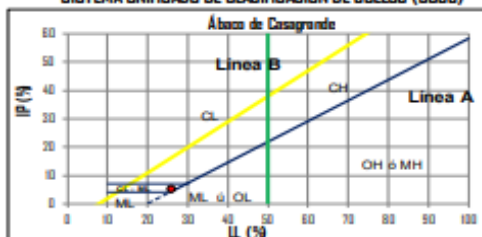
ÍNDICE PLÁSTICO : 5.07

#### LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

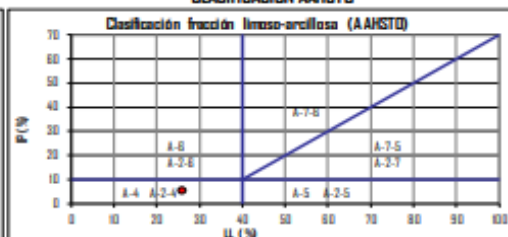
| MUESTRA              | 01    | 02    | 03    |
|----------------------|-------|-------|-------|
| Suelo Humedo + Torno | 23.41 | 22.66 | 24.19 |
| Suelo seco + Torno   | 22.33 | 21.36 | 22.97 |
| Peso de Torno        | 16.66 | 15.47 | 17.09 |
| Peso del Agua        | 1.08  | 1.30  | 1.22  |
| Peso de Suelo Seco   | 5.67  | 5.89  | 5.88  |
| HUMEDAD %            | 19.05 | 22.07 | 20.75 |



#### SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)



#### CLASIFICACIÓN AASHTO



**AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL**  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

**Ing. Samanuel Juanito Falcon Pardave**  
 Ingeniero Civil  
 Reg. CIP. N° 218968

## Estratigrafía C-1

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

#### REGISTRO DE EXCAVACION

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024

**UBICACIÓN** : PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO

**CALICATA** : C-1

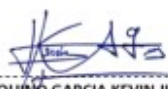
**SOLICITA** : DIEGO GÓMEZ, ESTHER

**FECHA** : DICIEMBRE DEL 2024

| MUESTRA | PROF.<br>(m) | G<br>R<br>A<br>F<br>I<br>C<br>O | DESCRIPCION DEL SUELO                                                                                                                                                                                                                                             | SUCS   |
|---------|--------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|         |              |                                 | Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; otros: presencia de oxidaciones y materiales orgánico, porcentaje estimado de boleas / cantos, etc. | AASHTO |

|      |      |                                                                                     |                                                  |                     |
|------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------|
| M-01 | 0.07 |   | Material Organico                                | pt                  |
| M-02 | 1.43 |  | 88.90%                                           | SP -SC<br>A-1-a (0) |
|      |      |                                                                                     | Material, suelo de partículas gruesas con finos. |                     |



   
**MONTAÑA** AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

  
**Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave**  
 Ingeniero Civil  
 Reg. CIP. N° 218968

# Granulometría C-2

## LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA  
SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO,  
HUÁNUCO, 2024

PROYECTO

UBICACIÓN

SOLICITA

CALICATA

FECHA

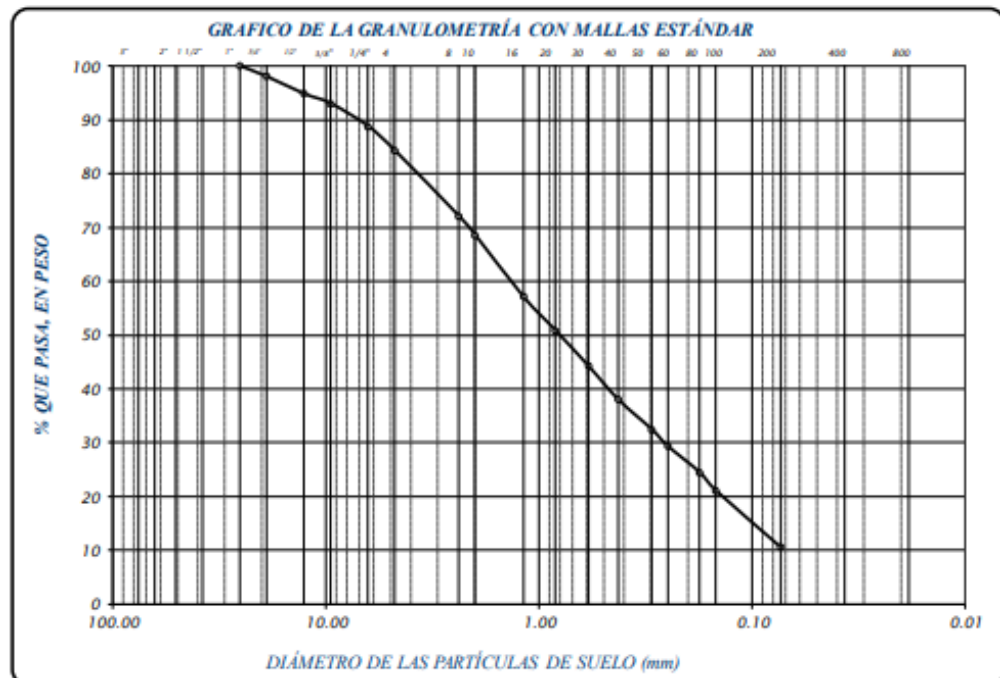
: PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO

: DIEGO GÓMEZ, ESTHER

: C-2

: DICIEMBRE DEL 2024

| F R A C C I O N E S | TAMIZ<br>No | DIÁMETRO<br>(mm) | PESO<br>RETENIDO | % RETENIDO<br>PARCIAL | % RETENIDO<br>ACUMULADO | % QUE<br>PASA | TAMAÑO MÁXIMO                                                    |                   |                      |
|---------------------|-------------|------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|
|                     |             |                  |                  |                       |                         |               | muestra húmeda (mg)                                              | muestra seca (mg) | peso de la tara (mg) |
| G R A V I L L A     | 3"          | 76.200           |                  |                       |                         |               | 3543                                                             | 2772              | 252                  |
|                     | 2 1/2"      | 63.500           |                  |                       |                         |               | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                                        |                   |                      |
|                     | 2"          | 50.800           |                  |                       |                         |               | Material de suelo de partículas gruesas con fines equivalente a: |                   |                      |
|                     | 1 1/2"      | 38.100           |                  |                       |                         |               |                                                                  |                   |                      |
|                     | 1"          | 25.400           |                  |                       |                         | 100.00        | 89.45%                                                           |                   |                      |
|                     | 3/4"        | 19.050           | 15.0             | 1.93                  | 1.93                    | 98.07         |                                                                  |                   |                      |
|                     | 1/2"        | 12.700           | 25.0             | 3.22                  | 5.15                    | 94.85         | LÍMITES DE CONSISTENCIA                                          |                   |                      |
|                     | 3/8"        | 9.525            | 14.0             | 1.80                  | 6.95                    | 93.05         |                                                                  |                   |                      |
|                     | 1/4"        | 6.350            | 33.0             | 4.25                  | 11.20                   | 88.80         | Límite Líquido                                                   | =                 | 25.83                |
|                     | No 4        | 4.750            | 35.0             | 4.50                  | 15.70                   | 84.30         | Límite Plástico                                                  | =                 | 13.49                |
| A R E N A           | No 8        | 2.380            | 95.0             | 12.23                 | 27.93                   | 72.07         | Índice Plástico                                                  | =                 | 12.34                |
|                     | No 10       | 2.000            | 27.0             | 3.47                  | 31.40                   | 68.60         | Coefficiente de Curvatura                                        | =                 | N.P.                 |
|                     | No 16       | 1.190            | 89.0             | 11.45                 | 42.86                   | 57.14         | Coefficiente de Uniformidad                                      | =                 | N.P.                 |
|                     | No 20       | 0.840            | 49.0             | 6.31                  | 49.16                   | 50.84         | CLASIFICACIÓN                                                    |                   |                      |
|                     | No 30       | 0.590            | 51.0             | 6.56                  | 55.73                   | 44.27         |                                                                  |                   |                      |
|                     | No 40       | 0.426            | 49.0             | 6.31                  | 62.03                   | 37.97         | UCS                                                              | :                 | CL                   |
|                     | No 50       | 0.297            | 43.0             | 5.53                  | 67.57                   | 32.43         | LLSHTO                                                           | :                 | A-6 (7)              |
|                     | No 60       | 0.250            | 24.0             | 3.09                  | 70.66                   | 29.34         | OBSERVACIONES                                                    |                   |                      |
|                     | No 80       | 0.177            | 38.0             | 4.89                  | 75.55                   | 24.45         |                                                                  |                   |                      |
|                     | No 100      | 0.149            | 26.0             | 3.35                  | 78.89                   | 21.11         | % de grava                                                       | =                 | 15.70%               |
| C A Z O L E T A     | No 200      | 0.074            | 82.0             | 10.55                 | 89.45                   | 10.55         | % de arena                                                       | =                 | 73.75%               |
|                     |             |                  |                  |                       |                         |               | % de limo y arcilla                                              | =                 | 10.55%               |
|                     |             |                  |                  |                       |                         |               | % de humedad                                                     | =                 | 22.66%               |
| TOTAL               |             |                  | 777.80           | 100.00                |                         |               |                                                                  |                   |                      |



AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

## Límite de Atterberg C-2

### LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA  
SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO  
PRADO, HUÁNUCO, 2024

**UBICACIÓN** : PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO

**SOLICITA** : DIEGO GÓMEZ, ESTHER

**CALICATA** : C-2

**FECHA** : DICIEMBRE DEL 2024

#### LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

| Nº DE GOLPES        | 16    | 20    | 26    | 36    |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| Suelo Humedo + Tamo | 78.41 | 85.89 | 82.62 | 86.75 |
| Suelo seco + Tamo   | 69.47 | 76.43 | 73.23 | 77.52 |
| Peso de Tamo        | 36.25 | 40.85 | 36.87 | 40.18 |
| Peso de Agua        | 8.94  | 9.46  | 9.39  | 9.23  |
| Peso de Suelo Seco  | 33.22 | 35.58 | 36.36 | 37.34 |
| HUMEDAD %           | 26.91 | 26.59 | 25.83 | 24.72 |

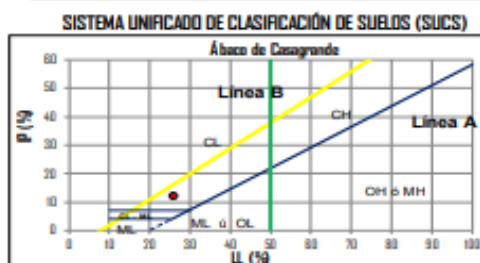
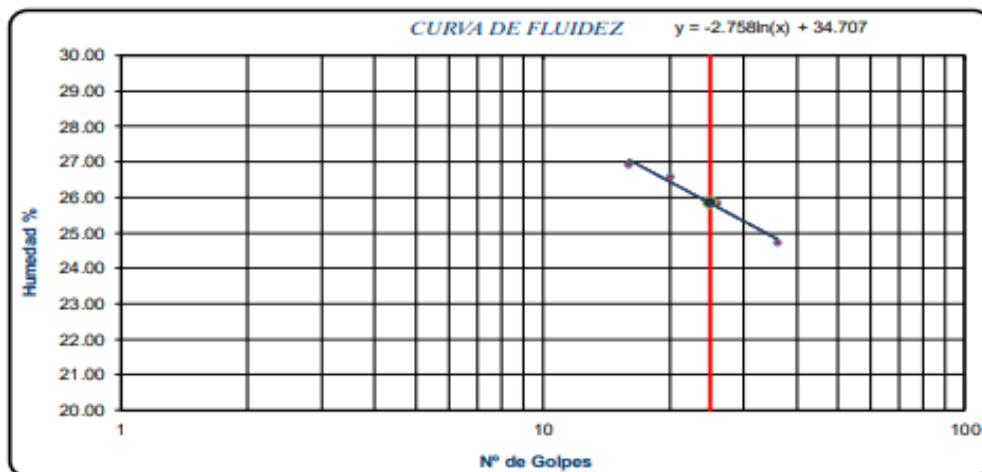
LÍMITE LÍQUIDO : 25.83

LÍMITE PLÁSTICO : 13.49

ÍNDICE PLÁSTICO : 12.34

#### LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

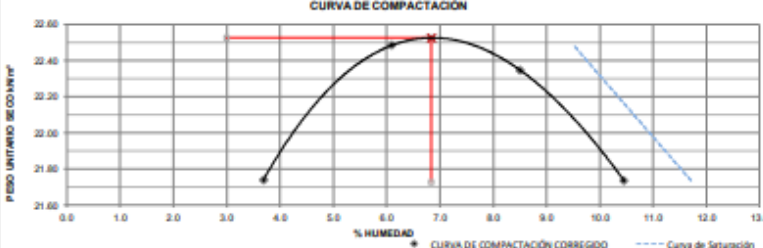
| MUESTRA             | 01    | 02    | 03    |
|---------------------|-------|-------|-------|
| Suelo Humedo + Tamo | 28.44 | 29.81 | 29.96 |
| Suelo seco + Tamo   | 28.38 | 28.64 | 28.89 |
| Peso de Tamo        | 22.83 | 22.86 | 23.30 |
| Peso de Agua        | 0.06  | 1.17  | 1.07  |
| Peso de Suelo Seco  | 5.55  | 5.78  | 5.59  |
| HUMEDAD %           | 1.08  | 20.24 | 19.14 |



AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcone Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

Ensayo modificado de compactación (Patrón)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                  |                        |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------------|--|-------|-------------------|------|-------------------|--------------------|--|-----|--|----------------------------------------|--|-------|-------------------|------|-------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | INFORME DE ENSAYO                                                                                                                                |                        |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | RELACIONES DE HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)                                                     |                        |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557                                                                                                          |                        |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| NOMBRE CLIENTE:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | DIEGO GÓMEZ, ESTHER                                                                                                                              |                        |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| OBRA/PROYECTO:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024 |                        |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| LOCALIZACIÓN:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO                                                                                                        |                        |             |                   | FECHA DE ENSAYO     | DICIEMBRE DEL 2024            |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | MUESTRA DE SUELO PATRÓN                                                                                                                          |                        |             |                   | CALICATA No:        | C-2                           |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| REQUIERE CORRECCIÓN SOBRETAMAÑOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | FRACCIÓN                                                                                                                                         | PORCENTAJE DE FRACCIÓN | HUMEDAD (%) | HUMEDAD CORREGIDA | GRAVEDAD ESPECÍFICA | GRAVEDAD ESPECÍFICA PONDERADA |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | GRUESA P <sub>10</sub> (%)                                                                                                                       | 32                     | 5.8         | 6.5               | 2.66                | 2.71                          |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | FINA P <sub>75</sub> (%)                                                                                                                         | 68                     | 6.9         |                   | 2.74                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                  |                        |             | MÉTODO DE ENSAYO: |                     | A                             |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| PRUEBA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Und                                                                                                                                              | 1                      | 2           | 3                 | 4                   |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | g                                                                                                                                                | 6000                   | 6000        | 6000              | 6000                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| NUMERO DE GOLPES POR CAPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | No                                                                                                                                               | 56                     | 56          | 56                | 56                  |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| NUMERO DE MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | No                                                                                                                                               | 4                      | 4           | 4                 | 4                   |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| VOLUMEN MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | cm <sup>3</sup>                                                                                                                                  | 2050                   | 2050        | 2050              | 2050                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | g                                                                                                                                                | 6610                   | 6523        | 6989              | 6894                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MASA DEL MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | g                                                                                                                                                | 2240                   | 2240        | 2240              | 2240                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MASA MUESTRA HUMEDA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | g                                                                                                                                                | 4370                   | 4283        | 4749              | 4654                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| HUMEDAD DE COMPACTACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                  |                        |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| NUMERO DE RECIPIENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | No                                                                                                                                               | 11                     | 43          | 32                | 27                  |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | g                                                                                                                                                | 529.5                  | 627.4       | 561.6             | 561.6               |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MASA MUESTRA SECA Y MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | g                                                                                                                                                | 512.7                  | 595.2       | 522.9             | 514.9               |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MASA DEL MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | g                                                                                                                                                | 57.4                   | 67.0        | 68.0              | 68.0                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MASA DEL AGUA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | g                                                                                                                                                | 16.8                   | 32.2        | 38.7              | 46.7                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MASA DE LA MUESTRA SECA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | g                                                                                                                                                | 455.3                  | 528.2       | 454.9             | 447                 |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| % de HUMEDAD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | %                                                                                                                                                | 3.7                    | 6.1         | 8.5               | 10.4                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                                                                                                  |                        |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| DENSIDAD HUMEDA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                | 2.132                  | 2.284       | 2.317             | 2.270               |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| DENSIDAD SECA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                | 2.056                  | 2.153       | 2.135             | 2.1                 |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| PESO UNITARIO SECO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | kN/m <sup>3</sup>                                                                                                                                | 20.16                  | 21.11       | 20.94             | 20.16               |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | lb/ft <sup>3</sup>                                                                                                                               | 128.34                 | 134.42      | 133.28            | 128.32              |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| PESO UNITARIO SECO (CORREGIDO POR SOBRETAMAÑOS)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | kN/m <sup>3</sup>                                                                                                                                | 21.74                  | 22.48       | 22.35             | 21.74               |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| HUMEDAD DE SATURACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                  |                        |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| HUMEDAD DE SATURACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | %                                                                                                                                                | 11.7                   | 9.5         | 9.9               | 11.7                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| <div><div><p>CURVA DE COMPACTACIÓN</p></div><div><table><tr><td colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO</td></tr><tr><td>22.53</td><td>kN/m<sup>3</sup></td></tr><tr><td>2297</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr><tr><td colspan="2">HUMEDAD ÓPTIMA (%)</td></tr><tr><td colspan="2">6.8</td></tr><tr><td colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO SIN CORREGIR</td></tr><tr><td>21.17</td><td>kN/m<sup>3</sup></td></tr><tr><td>2159</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr></table></div></div> |                                                                                                                                                  |                        |             |                   |                     |                               | PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO |  | 22.53 | kN/m <sup>3</sup> | 2297 | kg/m <sup>3</sup> | HUMEDAD ÓPTIMA (%) |  | 6.8 |  | PESO UNITARIO SECO MÁXIMO SIN CORREGIR |  | 21.17 | kN/m <sup>3</sup> | 2159 | kg/m <sup>3</sup> |
| PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                  |                        |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| 22.53                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | kN/m <sup>3</sup>                                                                                                                                |                        |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| 2297                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | kg/m <sup>3</sup>                                                                                                                                |                        |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| HUMEDAD ÓPTIMA (%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                  |                        |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| 6.8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                  |                        |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| PESO UNITARIO SECO MÁXIMO SIN CORREGIR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                  |                        |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| 21.17                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | kN/m <sup>3</sup>                                                                                                                                |                        |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| 2159                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | kg/m <sup>3</sup>                                                                                                                                |                        |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |

  
MONTAÑA  
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

  
Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

Ensayo de CBR (Patrón) M-1

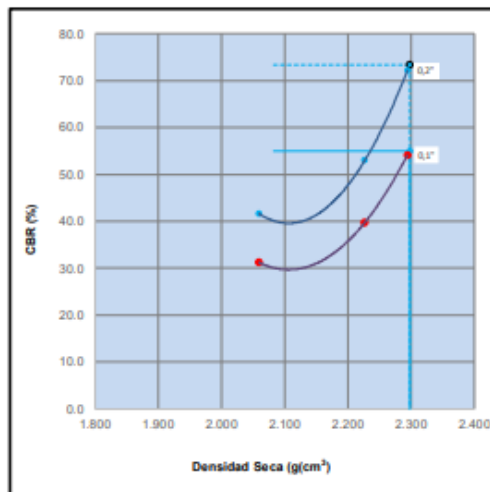
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |          |              |                  |             |          |                  |                   |             |                    |                  |              |           |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|--------------|------------------|-------------|----------|------------------|-------------------|-------------|--------------------|------------------|--------------|-----------|------|
|                                                                                | MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO |          |              |                  |             |          |                  |                   |             |                    |                  |              |           |      |
| ASTM D-1553                                                                                                                                                     |                                                                                                     |          |              |                  |             |          |                  |                   |             |                    |                  |              |           |      |
| NOMBRE CLIENTE: DIEGO GÓMEZ, ESTHER                                                                                                                             |                                                                                                     |          |              |                  |             |          |                  |                   |             |                    |                  |              |           |      |
| OBRA/PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024 |                                                                                                     |          |              |                  |             |          |                  | FECHA DE ENSAYO : |             | DICIEMBRE DEL 2024 |                  |              |           |      |
| LOCALIZACIÓN: PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO                                                                                                         |                                                                                                     |          |              |                  |             |          |                  | CALICATA No. :    |             | C-2                |                  |              |           |      |
| DESCRIPCIÓN: MUESTRA DE SUELO PATRÓN                                                                                                                            |                                                                                                     |          |              |                  |             |          |                  | MUESTRA No. :     |             | M-1                |                  |              |           |      |
| COMPACTACIÓN                                                                                                                                                    |                                                                                                     |          |              |                  |             |          |                  |                   |             |                    |                  |              |           |      |
| Molde N°                                                                                                                                                        | 1                                                                                                   |          |              | 2                |             |          | 3                |                   |             |                    |                  |              |           |      |
| Capas N°                                                                                                                                                        | 5                                                                                                   |          |              | 5                |             |          | 5                |                   |             |                    |                  |              |           |      |
| Golpes por Capa N°                                                                                                                                              | 56                                                                                                  |          |              | 25               |             |          | 19               |                   |             |                    |                  |              |           |      |
| Condición de la muestra                                                                                                                                         | NO SATURADO                                                                                         |          | SATURADO     |                  | NO SATURADO |          | SATURADO         |                   | NO SATURADO |                    | SATURADO         |              |           |      |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g)                                                                                                                                | 13305.00                                                                                            |          |              |                  | 13450.00    |          |                  |                   | 12320.00    |                    |                  |              |           |      |
| Peso de molde (g)                                                                                                                                               | 8472.00                                                                                             |          |              |                  | 8767.00     |          |                  |                   | 8100.00     |                    |                  |              |           |      |
| Peso del Suelo húmedo (g)                                                                                                                                       | 4813.00                                                                                             |          |              |                  | 4683.00     |          |                  |                   | 4220.00     |                    |                  |              |           |      |
| Volumen del molde (cm³)                                                                                                                                         | 2127.00                                                                                             |          |              |                  | 2114.00     |          |                  |                   | 2116.00     |                    |                  |              |           |      |
| Densidad húmeda (g/cm³)                                                                                                                                         | 2.219                                                                                               |          |              |                  | 2.215       |          |                  |                   | 1.994       |                    |                  |              |           |      |
| Tara (N°)                                                                                                                                                       | 13                                                                                                  |          |              |                  | 21          |          |                  |                   | 32          |                    |                  |              |           |      |
| Peso suelo húmedo + tara (g)                                                                                                                                    | 625.30                                                                                              |          |              |                  | 685.20      |          |                  |                   | 705.60      |                    |                  |              |           |      |
| Peso suelo seco + tara (g)                                                                                                                                      | 584.50                                                                                              |          |              |                  | 640.90      |          |                  |                   | 659.80      |                    |                  |              |           |      |
| Peso tara (g)                                                                                                                                                   | 17.62                                                                                               |          |              |                  | 16.89       |          |                  |                   | 16.93       |                    |                  |              |           |      |
| Peso de agua (g)                                                                                                                                                | 40.80                                                                                               |          |              |                  | 44.30       |          |                  |                   | 45.80       |                    |                  |              |           |      |
| Peso de suelo seco (g)                                                                                                                                          | 567.48                                                                                              |          |              |                  | 624.01      |          |                  |                   | 642.87      |                    |                  |              |           |      |
| Contenido de humedad (%)                                                                                                                                        | 7.19                                                                                                |          |              |                  | 7.19        |          |                  |                   | 7.12        |                    |                  |              |           |      |
| Densidad seca (g/cm³)                                                                                                                                           | 2.155                                                                                               |          |              |                  | 2.068       |          |                  |                   | 1.962       |                    |                  |              |           |      |
| Densidad seca (g/cm³) - Corregido                                                                                                                               | 2.294                                                                                               |          |              |                  | 2.227       |          |                  |                   | 2.959       |                    |                  |              |           |      |
| EXPANSIÓN                                                                                                                                                       |                                                                                                     |          |              |                  |             |          |                  |                   |             |                    |                  |              |           |      |
| FECHA                                                                                                                                                           | HORA                                                                                                | TIEMPO   | DIAL         | EXPANSIÓN        |             | DIAL     | EXPANSIÓN        |                   | DIAL        | EXPANSIÓN          |                  |              |           |      |
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |          |              | mm               | %           |          | mm               | %                 |             | mm                 | %                |              |           |      |
| 09/12/24                                                                                                                                                        | 09:11                                                                                               | 0        | 0            | 0.000            | 0           | 0        | 0.000            | 0                 | 0           | 0.000              | 0                |              |           |      |
| 10/12/24                                                                                                                                                        | 09:11                                                                                               | 34.00    | 6            | 0.060            | 0.1         | 9        | 0.090            | 0.1               | 13          | 0.130              | 0.1              |              |           |      |
| 11/12/24                                                                                                                                                        | 09:11                                                                                               | 48.00    | 9            | 0.090            | 0.1         | 12       | 0.120            | 0.1               | 19          | 0.190              | 0.2              |              |           |      |
| 12/12/24                                                                                                                                                        | 09:11                                                                                               | 72.00    | 12           | 0.120            | 0.1         | 16       | 0.160            | 0.1               | 21          | 0.210              | 0.2              |              |           |      |
| 13/12/24                                                                                                                                                        | 09:11                                                                                               | 96.00    | 16           | 0.160            | 0.1         | 21       | 0.210            | 0.2               | 23          | 0.230              | 0.2              |              |           |      |
| PENETRACIÓN                                                                                                                                                     |                                                                                                     |          |              |                  |             |          |                  |                   |             |                    |                  |              |           |      |
| PENETRACIÓN                                                                                                                                                     | CARGA ESTAND.                                                                                       | MOLDE N° |              |                  |             | MOLDE N° |                  |                   |             | MOLDE N°           |                  |              |           |      |
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     | lecturas | Esfuerzo PSI | Esfuerzo PSI     | CBR %       | lecturas | Esfuerzo PSI     | Esfuerzo PSI      | CBR %       | lecturas           | Esfuerzo PSI     | Esfuerzo PSI | CBR %     |      |
| mm                                                                                                                                                              | pulg.                                                                                               | kg/cm²   | Kgf          | (sin corrección) | (corregido) | Kgf      | (sin corrección) | (corregido)       | Corregido   | Kgf                | (sin corrección) | (corregido)  | Corregido |      |
| 0.000                                                                                                                                                           | 0.000                                                                                               |          | 0            | 0.0              | 0.0         | 0        | 0.0              | 0.0               |             | 0                  | 0.0              | 0.0          |           |      |
| 0.035                                                                                                                                                           | 0.025                                                                                               |          | 90           | 66.1             | 135.4       | 110      | 80.8             | 99.4              |             | 44                 | 32.3             | 78.0         |           |      |
| 1.270                                                                                                                                                           | 0.050                                                                                               |          | 125          | 91.9             | 270.8       | 185      | 136.0            | 198.8             |             | 96                 | 70.5             | 156.1        |           |      |
| 1.905                                                                                                                                                           | 0.075                                                                                               |          | 322          | 236.6            | 406.2       | 250      | 183.7            | 298.2             |             | 148                | 108.8            | 234.1        |           |      |
| 2.540                                                                                                                                                           | 0.100                                                                                               | 79.455   | 585          | 429.9            | 541.6       | 501      | 368.2            | 397.6             | 39.8        | 292                | 214.6            | 312.2        | 31.2      |      |
| 3.175                                                                                                                                                           | 0.125                                                                                               |          | 825          | 606.3            | 677.0       | 675      | 496.0            | 497.0             |             | 400                | 293.9            | 390.2        |           |      |
| 3.810                                                                                                                                                           | 0.150                                                                                               |          | 1024         | 752.5            | 812.4       | 824      | 605.5            | 596.3             |             | 497                | 365.1            | 468.3        |           |      |
| 4.445                                                                                                                                                           | 0.175                                                                                               |          | 1200         | 881.8            | 947.8       | 936      | 687.8            | 695.7             |             | 580                | 426.2            | 546.3        |           |      |
| 5.080                                                                                                                                                           | 0.200                                                                                               | 105.680  | 1322         | 971.5            | 1083.2      | 72.2     | 1042             | 765.7             | 795.1       | 53.0               | 717              | 526.8        | 624.3     | 41.6 |
| 7.620                                                                                                                                                           | 0.300                                                                                               |          | 1652         | 1214.0           | 1354.0      |          | 1341             | 965.5             | 993.9       |                    | 969              | 711.9        | 790.4     |      |
| 10.160                                                                                                                                                          | 0.400                                                                                               |          | 1811         | 1330.9           | 1513.3      |          | 1524             | 1119.9            | 1110.8      |                    | 1094             | 804.2        | 872.3     |      |
| 12.700                                                                                                                                                          | 0.500                                                                                               |          | 1930         | 1396.3           | 1619.5      |          | 1688             | 1240.5            | 1188.6      |                    | 1155             | 848.9        | 933.5     |      |

  
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

  
Ing. Samuel Juanito Polcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

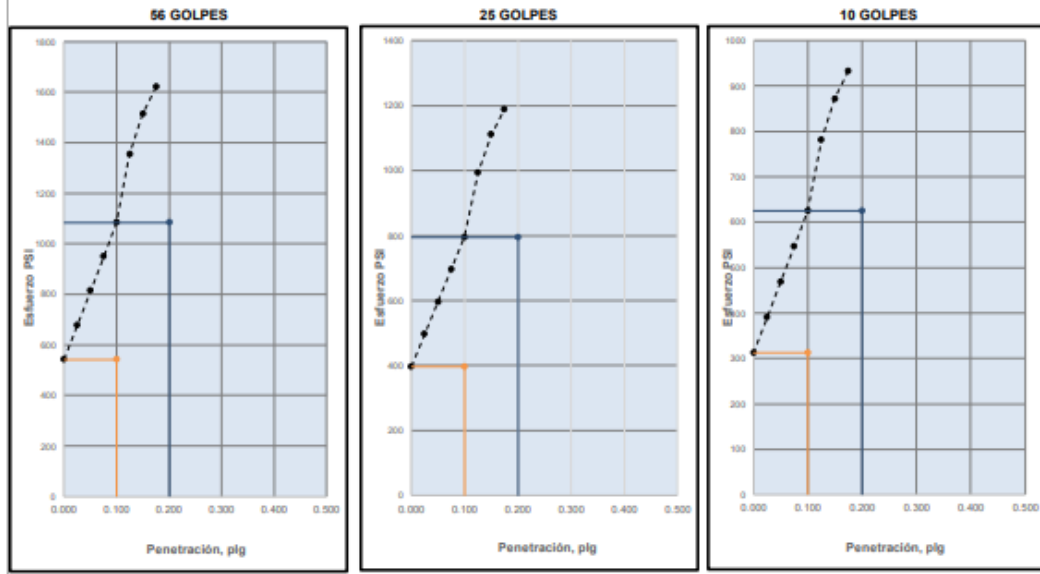


MÉTODO DE COMPACTACIÓN : ASTM D-1557  
DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.297 CORREGIDO  
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.84  
95% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.251 98%  
90% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.183 95%

|                                  |    |        |    |
|----------------------------------|----|--------|----|
| C.B.R. al 100% de M.D.S (0.1") : | 55 | 0.2" : | 73 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S (0.1") :  | 44 | 0.2" : | 59 |
| C.B.R. al 90% de M.D.S (0.1") :  | 34 | 0.2" : | 45 |

#### RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 55 %  
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 44 %  
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. = 34 %



**AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL**  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave*  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

Ensayo de CBR (Patrón) M-2

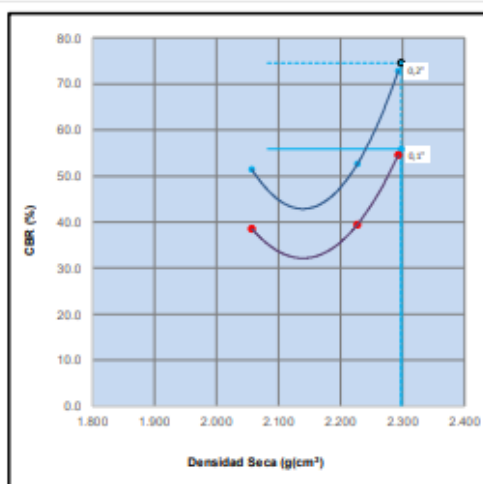
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |               |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |                 |        |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|--------|------|
|                                                                                | MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO |               |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |                 |        |      |
| ASTM D-1883                                                                                                                                                     |                                                                                                     |               |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |                 |        |      |
| NOMBRE CLIENTE: DIEGO GÓMEZ, ESTHER                                                                                                                             |                                                                                                     |               |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |                 |        |      |
| OBRA/PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024 |                                                                                                     |               |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |                 |        |      |
| LOCALIZACIÓN: PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO                                                                                                         |                                                                                                     |               |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |                 |        |      |
| DESCRIPCIÓN: MUESTRA DE SUELO PATRÓN                                                                                                                            |                                                                                                     |               |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |                 |        |      |
| MUESTRA No. : M-2                                                                                                                                               |                                                                                                     |               |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |                 |        |      |
| COMPACTACIÓN                                                                                                                                                    |                                                                                                     |               |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |                 |        |      |
| Molde N°                                                                                                                                                        | 1                                                                                                   |               |              | 2                             |                          |              | 3                             |                          |              |                               |                          |                 |        |      |
| Capas N°                                                                                                                                                        | 5                                                                                                   |               |              | 5                             |                          |              | 5                             |                          |              |                               |                          |                 |        |      |
| Golpes por Capa N°                                                                                                                                              | 56                                                                                                  |               |              | 25                            |                          |              | 10                            |                          |              |                               |                          |                 |        |      |
| Condición de la muestra                                                                                                                                         | NO SATURADO                                                                                         |               | SATURADO     |                               | NO SATURADO              |              | SATURADO                      |                          | NO SATURADO  |                               | SATURADO                 |                 |        |      |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g)                                                                                                                                | 13398.00                                                                                            |               |              |                               | 13458.00                 |              |                               |                          | 12325.00     |                               |                          |                 |        |      |
| Peso de molde (g)                                                                                                                                               | 8488.00                                                                                             |               |              |                               | 8774.00                  |              |                               |                          | 8111.00      |                               |                          |                 |        |      |
| Peso del Suelo húmedo (g)                                                                                                                                       | 4910.00                                                                                             |               |              |                               | 4684.00                  |              |                               |                          | 4214.00      |                               |                          |                 |        |      |
| Volumen del molde (cm³)                                                                                                                                         | 2127.00                                                                                             |               |              |                               | 2114.00                  |              |                               |                          | 2115.00      |                               |                          |                 |        |      |
| Densidad húmeda (g/cm³)                                                                                                                                         | 2.308                                                                                               |               |              |                               | 2.216                    |              |                               |                          | 1.991        |                               |                          |                 |        |      |
| Tara (N°)                                                                                                                                                       | 5                                                                                                   |               |              |                               | 8                        |              |                               |                          | 13           |                               |                          |                 |        |      |
| Peso suelo húmedo + tara (g)                                                                                                                                    | 625.30                                                                                              |               |              |                               | 685.20                   |              |                               |                          | 705.60       |                               |                          |                 |        |      |
| Peso suelo seco + tara (g)                                                                                                                                      | 584.50                                                                                              |               |              |                               | 640.90                   |              |                               |                          | 659.80       |                               |                          |                 |        |      |
| Peso tara (g)                                                                                                                                                   | 17.02                                                                                               |               |              |                               | 16.89                    |              |                               |                          | 16.93        |                               |                          |                 |        |      |
| Peso de agua (g)                                                                                                                                                | 40.80                                                                                               |               |              |                               | 44.30                    |              |                               |                          | 45.80        |                               |                          |                 |        |      |
| Peso de suelo seco (g)                                                                                                                                          | 567.48                                                                                              |               |              |                               | 624.01                   |              |                               |                          | 642.87       |                               |                          |                 |        |      |
| Contenido de humedad (%)                                                                                                                                        | 7.19                                                                                                |               |              |                               | 7.18                     |              |                               |                          | 7.12         |                               |                          |                 |        |      |
| Densidad seca (g/cm³)                                                                                                                                           | 2.154                                                                                               |               |              |                               | 2.069                    |              |                               |                          | 1.899        |                               |                          |                 |        |      |
| Densidad seca (g/cm³) - Corregido                                                                                                                               | 2.293                                                                                               |               |              |                               | 2.227                    |              |                               |                          | 2.057        |                               |                          |                 |        |      |
| EXPANSIÓN                                                                                                                                                       |                                                                                                     |               |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |                 |        |      |
| FECHA                                                                                                                                                           | HORA                                                                                                | TIEMPO        | DIAL         | EXPANSIÓN                     |                          | DIAL         | EXPANSIÓN                     |                          | DIAL         | EXPANSIÓN                     |                          |                 |        |      |
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |               |              | mm                            | %                        |              | mm                            | %                        |              | mm                            | %                        |                 |        |      |
| 09/12/24                                                                                                                                                        | 09:11                                                                                               | 0             | 0            | 0.000                         | 0                        | 0            | 0.000                         | 0                        | 0            | 0.000                         | 0                        |                 |        |      |
| 10/12/24                                                                                                                                                        | 09:11                                                                                               | 24.00         | 5            | 0.050                         | 0.0                      | 8            | 0.080                         | 0.1                      | 12           | 0.120                         | 0.1                      |                 |        |      |
| 11/12/24                                                                                                                                                        | 09:11                                                                                               | 48.00         | 8            | 0.080                         | 0.1                      | 13           | 0.130                         | 0.1                      | 20           | 0.200                         | 0.2                      |                 |        |      |
| 12/12/24                                                                                                                                                        | 09:11                                                                                               | 72.00         | 12           | 0.120                         | 0.1                      | 15           | 0.150                         | 0.1                      | 22           | 0.220                         | 0.2                      |                 |        |      |
| 13/12/24                                                                                                                                                        | 09:11                                                                                               | 96.00         | 15           | 0.150                         | 0.1                      | 20           | 0.200                         | 0.2                      | 24           | 0.240                         | 0.2                      |                 |        |      |
| PENETRACIÓN                                                                                                                                                     |                                                                                                     |               |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |                 |        |      |
| PENETRACIÓN                                                                                                                                                     |                                                                                                     | CARGA ESTAND. | MOLDE N°     |                               | 1                        | MOLDE N°     |                               | 2                        | MOLDE N°     |                               | 3                        |                 |        |      |
| mm                                                                                                                                                              | pulg.                                                                                               | kg/cm2        | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido |        |      |
| 0.000                                                                                                                                                           | 0.000                                                                                               |               | 0            | 0.0                           | 0.0                      | 0            | 0.0                           | 0.0                      | 0            | 0.0                           | 0.0                      |                 |        |      |
| 0.635                                                                                                                                                           | 0.025                                                                                               |               | 88           | 64.7                          | 136.5                    | 108          | 79.4                          | 98.7                     | 46           | 33.8                          | 96.5                     |                 |        |      |
| 1.270                                                                                                                                                           | 0.050                                                                                               |               | 124          | 91.1                          | 273.0                    | 186          | 136.7                         | 197.3                    | 98           | 72.0                          | 192.9                    |                 |        |      |
| 1.905                                                                                                                                                           | 0.075                                                                                               |               | 321          | 235.9                         | 409.5                    | 248          | 182.2                         | 296.0                    | 150          | 110.2                         | 289.4                    |                 |        |      |
| 2.540                                                                                                                                                           | 0.100                                                                                               | 70.455        | 586          | 430.6                         | 546.0                    | 54.6         | 503                           | 369.6                    | 394.6        | 39.5                          | 190                      | 139.6           | 385.8  | 38.6 |
| 3.175                                                                                                                                                           | 0.125                                                                                               |               | 828          | 608.5                         | 682.5                    |              | 674                           | 495.3                    | 493.3        |                               | 401                      | 294.7           | 482.3  |      |
| 3.810                                                                                                                                                           | 0.150                                                                                               |               | 1028         | 755.4                         | 819.0                    |              | 826                           | 607.0                    | 591.9        |                               | 495                      | 363.8           | 578.7  |      |
| 4.445                                                                                                                                                           | 0.175                                                                                               |               | 1202         | 883.3                         | 955.5                    |              | 937                           | 688.6                    | 690.6        |                               | 578                      | 424.8           | 675.2  |      |
| 5.080                                                                                                                                                           | 0.200                                                                                               | 105.680       | 1329         | 976.6                         | 1092.0                   | 72.8         | 1040                          | 764.3                    | 789.3        | 52.6                          | 715                      | 525.4           | 771.6  | 51.4 |
| 7.620                                                                                                                                                           | 0.300                                                                                               |               | 1653         | 1214.7                        | 1365.0                   |              | 1343                          | 986.9                    | 986.6        |                               | 970                      | 712.8           | 964.5  |      |
| 10.160                                                                                                                                                          | 0.400                                                                                               |               | 1808         | 1328.7                        | 1525.6                   |              | 1522                          | 1118.5                   | 1102.6       |                               | 1095                     | 804.7           | 1078.0 |      |
| 12.700                                                                                                                                                          | 0.500                                                                                               |               | 1895         | 1392.6                        | 1632.7                   |              | 1687                          | 1239.7                   | 1180.0       |                               | 1152                     | 846.6           | 1153.6 |      |

  
MONTAÑA  
Aquino Garcia Kevin Jhoel  
Téc. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

  
Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : ASTM D-1557

DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.297 CORREGIDO

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.84

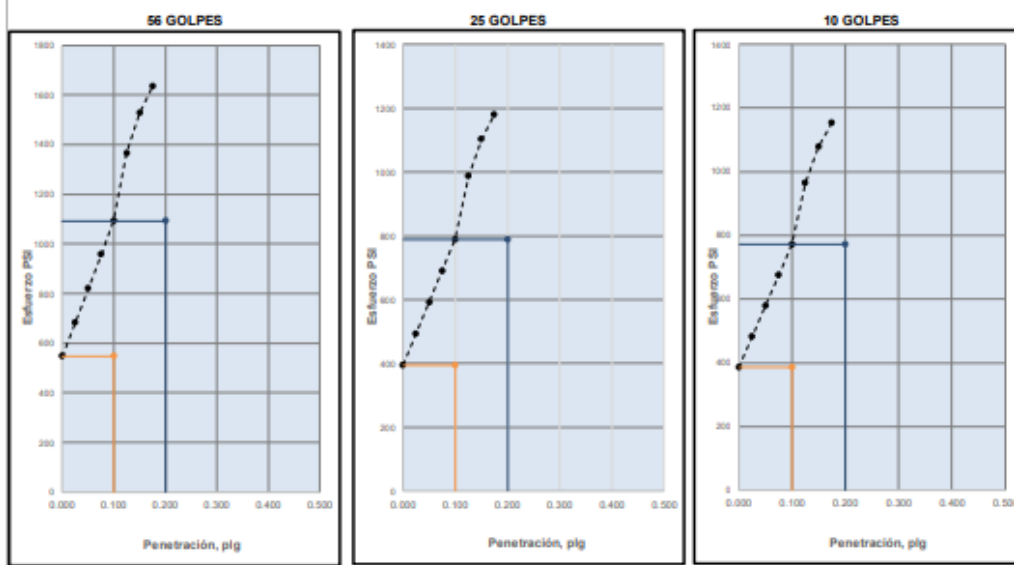
95% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.251

90% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.183

|                                |    |        |    |
|--------------------------------|----|--------|----|
| C.B.R. al 100% de M.D.S (0.1') | 56 | 0.2' : | 75 |
| C.B.R. al 98% de M.D.S (0.1')  | 44 | 0.2' : | 59 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S (0.1')  | 34 | 0.2' : | 45 |

**RESULTADOS:**

|                                      |   |      |
|--------------------------------------|---|------|
| Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. | = | 56 % |
| Valor de C.B.R. al 98% de la M.D.S.  | = | 44 % |
| Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.  | = | 34 % |



**AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL**  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave*  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

## Ensayo de CBR (Patrón) M-3



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



Figura 28:  
Ensayo de CBR (Patrón) M-3

| MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO |             |                                                                                                                                                  |              |                               |                 |              |                               |                 |              |                               |                 |                    |       |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------|-----------------|--------------|-------------------------------|-----------------|--------------|-------------------------------|-----------------|--------------------|-------|------|
| ASTM D-1583                                                                                         |             |                                                                                                                                                  |              |                               |                 |              |                               |                 |              |                               |                 |                    |       |      |
| NOMBRE CLIENTE:                                                                                     |             | DIEGO GÓMEZ, ESTHER                                                                                                                              |              |                               |                 |              |                               |                 |              |                               |                 |                    |       |      |
| OBRA/PROYECTO:                                                                                      |             | ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024 |              |                               |                 |              |                               |                 |              | FECHA DE ENSAYO :             |                 | DICIEMBRE DEL 2024 |       |      |
| LOCALIZACIÓN:                                                                                       |             | PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO                                                                                                        |              |                               |                 |              |                               |                 |              | CALICATA No. :                |                 | C-2                |       |      |
| DESCRIPCIÓN:                                                                                        |             | MUESTRA DE SUELO PATRÓN                                                                                                                          |              |                               |                 |              |                               |                 |              | MUESTRA No. :                 |                 | M-3                |       |      |
| COMPACTACIÓN                                                                                        |             |                                                                                                                                                  |              |                               |                 |              |                               |                 |              |                               |                 |                    |       |      |
| Molde N°                                                                                            | 1           |                                                                                                                                                  |              |                               | 2               |              |                               |                 | 3            |                               |                 |                    |       |      |
| Capas N°                                                                                            | 5           |                                                                                                                                                  |              |                               | 5               |              |                               |                 | 5            |                               |                 |                    |       |      |
| Golpes por Capa N°                                                                                  | 56          |                                                                                                                                                  |              |                               | 25              |              |                               |                 | 19           |                               |                 |                    |       |      |
| Condición de la muestra                                                                             | NO SATURADO |                                                                                                                                                  | SATURADO     |                               | NO SATURADO     |              | SATURADO                      |                 | NO SATURADO  |                               | SATURADO        |                    |       |      |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g)                                                                    | 13396.00    |                                                                                                                                                  |              |                               | 13480.00        |              |                               |                 | 12336.00     |                               |                 |                    |       |      |
| Peso de molde (g)                                                                                   | 8490.00     |                                                                                                                                                  |              |                               | 8790.00         |              |                               |                 | 8114.00      |                               |                 |                    |       |      |
| Peso del Suelo húmedo (g)                                                                           | 4906.00     |                                                                                                                                                  |              |                               | 4690.00         |              |                               |                 | 4216.00      |                               |                 |                    |       |      |
| Volumen del molde (cm³)                                                                             | 2127.00     |                                                                                                                                                  |              |                               | 2114.00         |              |                               |                 | 2116.00      |                               |                 |                    |       |      |
| Densidad húmeda (g/cm³)                                                                             | 2.307       |                                                                                                                                                  |              |                               | 2.214           |              |                               |                 | 1.992        |                               |                 |                    |       |      |
| Tara (N°)                                                                                           | 5           |                                                                                                                                                  |              |                               | 8               |              |                               |                 | 13           |                               |                 |                    |       |      |
| Peso suelo húmedo + tara (g)                                                                        | 625.30      |                                                                                                                                                  |              |                               | 665.20          |              |                               |                 | 735.60       |                               |                 |                    |       |      |
| Peso suelo seco + tara (g)                                                                          | 584.50      |                                                                                                                                                  |              |                               | 640.90          |              |                               |                 | 699.60       |                               |                 |                    |       |      |
| Peso tara (g)                                                                                       | 17.02       |                                                                                                                                                  |              |                               | 16.99           |              |                               |                 | 16.93        |                               |                 |                    |       |      |
| Peso de agua (g)                                                                                    | 40.80       |                                                                                                                                                  |              |                               | 44.30           |              |                               |                 | 45.93        |                               |                 |                    |       |      |
| Peso de suelo seco (g)                                                                              | 567.48      |                                                                                                                                                  |              |                               | 624.91          |              |                               |                 | 682.67       |                               |                 |                    |       |      |
| Contenido de humedad (%)                                                                            | 7.19        |                                                                                                                                                  |              |                               | 7.18            |              |                               |                 | 7.12         |                               |                 |                    |       |      |
| Densidad seca (g/cm³)                                                                               | 2.192       |                                                                                                                                                  |              |                               | 2.267           |              |                               |                 | 1.989        |                               |                 |                    |       |      |
| Densidad seca (g/cm³) - Corregido                                                                   | 2.292       |                                                                                                                                                  |              |                               | 2.226           |              |                               |                 | 2.059        |                               |                 |                    |       |      |
| EXPANSIÓN                                                                                           |             |                                                                                                                                                  |              |                               |                 |              |                               |                 |              |                               |                 |                    |       |      |
| FECHA                                                                                               | HORA        | TIEMPO                                                                                                                                           | DIAL         | EXPANSIÓN                     |                 | DIAL         | EXPANSIÓN                     |                 | DIAL         | EXPANSIÓN                     |                 |                    |       |      |
|                                                                                                     |             |                                                                                                                                                  |              | mm                            | %               |              | mm                            | %               |              | mm                            | %               |                    |       |      |
| 09/12/24                                                                                            | 09:11       | 0                                                                                                                                                | 0            | 0.000                         | 0               | 0            | 0.000                         | 0               | 0            | 0.000                         | 0               |                    |       |      |
| 10/12/24                                                                                            | 09:11       | 24.00                                                                                                                                            | 6            | 0.060                         | 0.1             | 9            | 0.090                         | 0.1             | 13           | 0.130                         | 0.1             |                    |       |      |
| 11/12/24                                                                                            | 09:11       | 48.00                                                                                                                                            | 9            | 0.090                         | 0.1             | 12           | 0.120                         | 0.1             | 19           | 0.190                         | 0.2             |                    |       |      |
| 12/12/24                                                                                            | 09:11       | 72.00                                                                                                                                            | 12           | 0.120                         | 0.1             | 16           | 0.160                         | 0.1             | 21           | 0.210                         | 0.2             |                    |       |      |
| 13/12/24                                                                                            | 09:11       | 96.00                                                                                                                                            | 16           | 0.160                         | 0.1             | 21           | 0.210                         | 0.2             | 23           | 0.230                         | 0.2             |                    |       |      |
| PENETRACIÓN                                                                                         |             |                                                                                                                                                  |              |                               |                 |              |                               |                 |              |                               |                 |                    |       |      |
| PENETRACIÓN                                                                                         |             | CARGA ESTAND.                                                                                                                                    | MOLDE N°     |                               | 1               | MOLDE N°     |                               | 2               | MOLDE N°     |                               | 3               |                    |       |      |
|                                                                                                     |             |                                                                                                                                                  | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) |                 | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) |                 | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) |                 |                    |       |      |
| mm                                                                                                  | pulg.       | kg/cm2                                                                                                                                           |              |                               | CBR % Corregido |              |                               | CBR % Corregido |              |                               | CBR % Corregido |                    |       |      |
| 0.000                                                                                               | 0.000       |                                                                                                                                                  | 0            | 0.0                           | 0.0             | 0            | 0.0                           | 0.0             | 0            | 0.0                           | 0.0             |                    |       |      |
| 0.635                                                                                               | 0.025       |                                                                                                                                                  | 90           | 66.1                          | 135.4           | 110          | 80.8                          | 99.4            | 44           | 32.3                          | 78.0            |                    |       |      |
| 1.270                                                                                               | 0.050       |                                                                                                                                                  | 125          | 91.9                          | 270.8           | 185          | 136.0                         | 198.8           | 96           | 70.5                          | 156.1           |                    |       |      |
| 1.905                                                                                               | 0.075       |                                                                                                                                                  | 322          | 236.6                         | 406.2           | 250          | 183.7                         | 256.2           | 148          | 108.8                         | 234.1           |                    |       |      |
| 2.540                                                                                               | 0.100       | 78.455                                                                                                                                           | 585          | 429.9                         | 541.6           | 54.2         | 501                           | 368.2           | 397.6        | 39.8                          | 290             | 214.6              | 312.2 | 31.2 |
| 3.175                                                                                               | 0.125       |                                                                                                                                                  | 825          | 606.3                         | 677.0           |              | 675                           | 496.0           | 497.0        | 400                           | 293.9           | 390.2              |       |      |
| 3.810                                                                                               | 0.150       |                                                                                                                                                  | 1024         | 752.5                         | 812.4           |              | 824                           | 605.5           | 596.3        | 497                           | 365.1           | 468.3              |       |      |
| 4.445                                                                                               | 0.175       |                                                                                                                                                  | 1200         | 881.8                         | 947.8           |              | 936                           | 687.8           | 695.7        | 590                           | 426.2           | 546.3              |       |      |
| 5.080                                                                                               | 0.200       | 195.689                                                                                                                                          | 1322         | 971.5                         | 1083.2          | 72.2         | 1042                          | 765.7           | 756.1        | 53.0                          | 717             | 526.8              | 624.3 | 41.6 |
| 7.620                                                                                               | 0.300       |                                                                                                                                                  | 1652         | 1214.0                        | 1354.0          |              | 1341                          | 985.5           | 993.9        | 969                           | 711.9           | 780.4              |       |      |
| 10.160                                                                                              | 0.400       |                                                                                                                                                  | 1811         | 1330.9                        | 1513.3          |              | 1524                          | 1119.9          | 1110.8       | 1094                          | 804.2           | 872.3              |       |      |
| 12.700                                                                                              | 0.500       |                                                                                                                                                  | 1900         | 1396.3                        | 1619.5          |              | 1688                          | 1240.5          | 1188.8       | 1195                          | 848.9           | 933.5              |       |      |

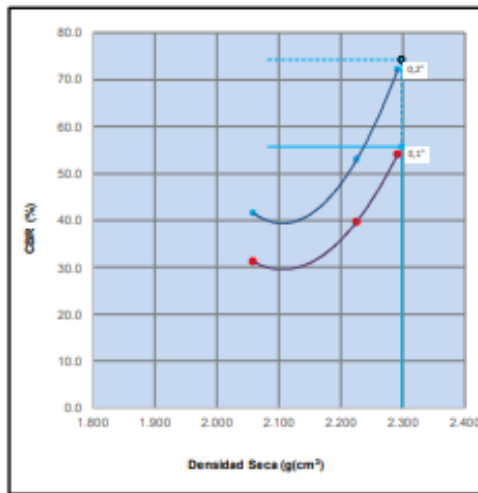


AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

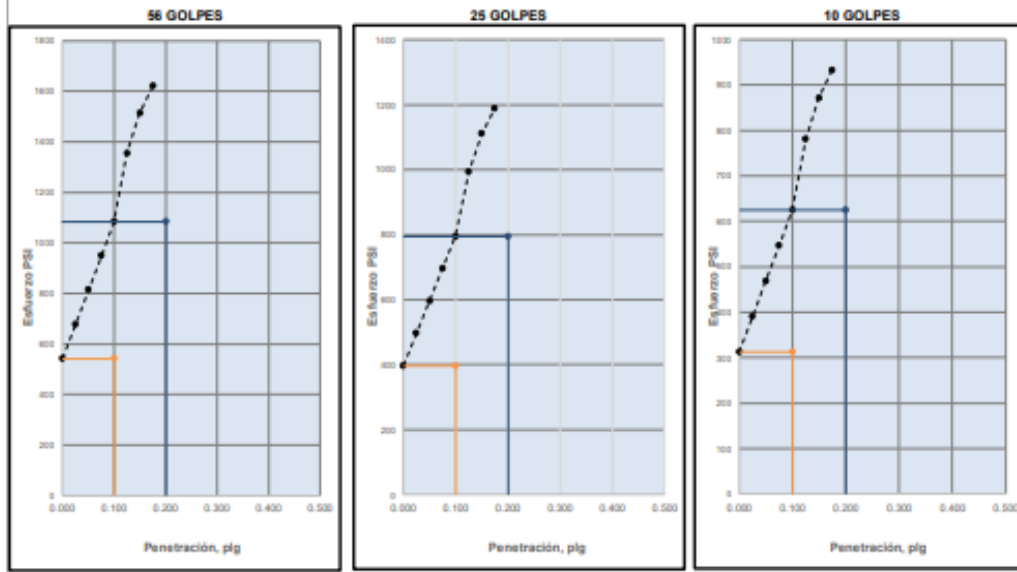


MÉTODO DE COMPACTACIÓN : ASTM D-1557  
DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.297 CORREGIDO  
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.84  
95% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.251 95%  
90% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.183 90%

|                                  |    |        |    |
|----------------------------------|----|--------|----|
| C.B.R. al 100% de M.D.S (0.1') : | 56 | 0.2' : | 74 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S (0.1') :  | 45 | 0.2' : | 60 |
| C.B.R. al 90% de M.D.S (0.1') :  | 34 | 0.2' : | 45 |

#### RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 56 %  
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 45 %  
Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. = 34 %



**AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL**  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

**Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave**  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

# Ensayo modificado de compactación con ceniza de carbón al 25%

| MONTAÑA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                  | INFORME DE ENSAYO                                                                            |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------------|--|-------|-------------------|------|-------------------|--------------------|--|-----|--|----------------------------------------|--|-------|-------------------|------|-------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                  | RELACIONES DE HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN) |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                  | NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557                                                      |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| NOMBRE CLIENTE:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | DIEGO GÓMEZ, ESTHER                                                                                                                              |                                                                                              |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| OBRA/PROYECTO:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024 |                                                                                              |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| LOCALIZACIÓN:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO                                                                                                        |                                                                                              |             | FECHA DE ENSAYO   | DICIEMBRE DEL 2024  |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | MUESTRA DE SUELO CON CENIZA DE CARBÓN AL 25%                                                                                                     |                                                                                              |             | CALICATA No:      | C-2                 |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| REQUIERE CORRECCIÓN SOBRETAMANDOS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | FRACCIÓN                                                                                                                                         | PORCENTAJE DE FRACCIÓN                                                                       | HUMEDAD (%) | HUMEDAD CORREGIDA | GRAVEDAD ESPECÍFICA | GRAVEDAD ESPECÍFICA PONDERADA |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| SI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | GRUESA P <sub>75</sub> (%)                                                                                                                       | 35                                                                                           | 6.2         | 6.9               | 2.67                | 2.71                          |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | FINA P <sub>200</sub> (%)                                                                                                                        | 65                                                                                           | 7.3         |                   | 2.73                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                  |                                                                                              |             | MÉTODO DE ENSAYO: | A                   |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| PRUEBA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Unid                                                                                                                                             | 1                                                                                            | 2           | 3                 | 4                   |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | g                                                                                                                                                | 6000                                                                                         | 6000        | 6000              | 6000                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| NUMERO DE GOLPES POR CAPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | No                                                                                                                                               | 56                                                                                           | 56          | 56                | 56                  |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| NUMERO DE MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | No                                                                                                                                               | 4                                                                                            | 4           | 4                 | 4                   |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| VOLUMEN MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | cm <sup>3</sup>                                                                                                                                  | 2050                                                                                         | 2050        | 2050              | 2050                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | g                                                                                                                                                | 6660                                                                                         | 6973        | 7039              | 6944                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MASA DEL MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | g                                                                                                                                                | 2240                                                                                         | 2240        | 2240              | 2240                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MASA MUESTRA HUMEDA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | g                                                                                                                                                | 4420                                                                                         | 4733        | 4799              | 4704                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| HUMEDAD DE COMPACTACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                  |                                                                                              |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| NUMERO DE RECIPIENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | No                                                                                                                                               | 7                                                                                            | 13          | 15                | 18                  |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | g                                                                                                                                                | 542.8                                                                                        | 640.7       | 574.9             | 574.9               |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MASA MUESTRA SECA Y MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | g                                                                                                                                                | 520.8                                                                                        | 603.3       | 531.0             | 523.0               |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MASA DEL MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | g                                                                                                                                                | 57.4                                                                                         | 67.0        | 66.0              | 66.0                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MASA DEL AGUA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | g                                                                                                                                                | 22.0                                                                                         | 37.4        | 43.9              | 51.9                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| MASA DE LA MUESTRA SECA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | g                                                                                                                                                | 463.4                                                                                        | 536.3       | 463.0             | 455                 |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| % de HUMEDAD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | %                                                                                                                                                | 4.7                                                                                          | 7.8         | 9.5               | 11.4                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECIMENES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                  |                                                                                              |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| DENSIDAD HUMEDA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                | 2.156                                                                                        | 2.309       | 2.341             | 2.295               |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| DENSIDAD SECA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                | 2.058                                                                                        | 2.158       | 2.138             | 2.1                 |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| PESO UNITARIO SECO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | kN/m <sup>3</sup>                                                                                                                                | 20.19                                                                                        | 21.17       | 20.97             | 20.20               |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | lb/ft <sup>3</sup>                                                                                                                               | 128.50                                                                                       | 134.74      | 133.49            | 128.59              |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| PESO UNITARIO SECO (CORREGIDO POR SOBRETAMANDOS)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | kN/m <sup>3</sup>                                                                                                                                | 21.94                                                                                        | 22.68       | 22.54             | 21.95               |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| HUMEDAD DE SATURACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                  |                                                                                              |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| HUMEDAD DE SATURACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | %                                                                                                                                                | 11.6                                                                                         | 9.3         | 9.8               | 11.5                |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| <div><div><p>CURVA DE COMPACTACIÓN</p></div><div><table><tr><td colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO</td></tr><tr><td>22.73</td><td>kN/m<sup>3</sup></td></tr><tr><td>2318</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr><tr><td colspan="2">HUMEDAD ÓPTIMA (%)</td></tr><tr><td>7.7</td><td></td></tr><tr><td colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO SIN CORREGIR</td></tr><tr><td>21.23</td><td>kN/m<sup>3</sup></td></tr><tr><td>2165</td><td>kg/m<sup>3</sup></td></tr></table></div></div> |                                                                                                                                                  |                                                                                              |             |                   |                     |                               | PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO |  | 22.73 | kN/m <sup>3</sup> | 2318 | kg/m <sup>3</sup> | HUMEDAD ÓPTIMA (%) |  | 7.7 |  | PESO UNITARIO SECO MÁXIMO SIN CORREGIR |  | 21.23 | kN/m <sup>3</sup> | 2165 | kg/m <sup>3</sup> |
| PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                  |                                                                                              |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| 22.73                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | kN/m <sup>3</sup>                                                                                                                                |                                                                                              |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| 2318                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | kg/m <sup>3</sup>                                                                                                                                |                                                                                              |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| HUMEDAD ÓPTIMA (%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                  |                                                                                              |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| 7.7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                  |                                                                                              |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| PESO UNITARIO SECO MÁXIMO SIN CORREGIR                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                  |                                                                                              |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| 21.23                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | kN/m <sup>3</sup>                                                                                                                                |                                                                                              |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |
| 2165                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | kg/m <sup>3</sup>                                                                                                                                |                                                                                              |             |                   |                     |                               |                                     |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |                                        |  |       |                   |      |                   |

**MONTAÑA**  
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave*  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

Ensayo de CBR con ceniza de carbón al 25% (M-1)

|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                   |          |                               |                          |                 |  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|-----------|-------------------------------|--------------------------|-------------------|----------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|--|
|                                                                                | MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                   |          |                               |                          |                 |  |
| ASTM D-1553                                                                                                                                                     |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                   |          |                               |                          |                 |  |
| NOMBRE CLIENTE: DIEGO GÓMEZ, ESTHER                                                                                                                             |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                   |          |                               |                          |                 |  |
| OBRA/PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2524 |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          | FECHA DE ENSAYO : |          | DICIEMBRE DEL 2024            |                          |                 |  |
| LOCALIZACIÓN: PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO                                                                                                         |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          | CALICATA No. :    |          | C-2                           |                          |                 |  |
| DESCRIPCIÓN: MUESTRA DE SUELO CON CENIZA DE CARBÓN AL 25%                                                                                                       |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          | MUESTRA No. :     |          | M-1                           |                          |                 |  |
| COMPACTACIÓN                                                                                                                                                    |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                   |          |                               |                          |                 |  |
| Molde N°                                                                                                                                                        |                                                                                                     | 1             |          |                               |                          | 2               |           |                               |                          | 3                 |          |                               |                          |                 |  |
| Capas N°                                                                                                                                                        |                                                                                                     | 5             |          |                               |                          | 5               |           |                               |                          | 5                 |          |                               |                          |                 |  |
| Golpes por Capa N°                                                                                                                                              |                                                                                                     | 56            |          |                               |                          | 25              |           |                               |                          | 19                |          |                               |                          |                 |  |
| Condición de la muestra                                                                                                                                         |                                                                                                     | NO SATURADO   |          |                               |                          | SATURADO        |           |                               |                          | NO SATURADO       |          |                               |                          | SATURADO        |  |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g)                                                                                                                                |                                                                                                     | 13510.00      |          |                               |                          | 13575.00        |           |                               |                          | 12320.00          |          |                               |                          |                 |  |
| Peso de molde (g)                                                                                                                                               |                                                                                                     | 8472.00       |          |                               |                          | 8767.00         |           |                               |                          | 8100.00           |          |                               |                          |                 |  |
| Peso del Suelo húmedo (g)                                                                                                                                       |                                                                                                     | 5038.00       |          |                               |                          | 4808.00         |           |                               |                          | 4220.00           |          |                               |                          |                 |  |
| Volumen del molde (cm³)                                                                                                                                         |                                                                                                     | 2127.00       |          |                               |                          | 2114.00         |           |                               |                          | 2116.00           |          |                               |                          |                 |  |
| Densidad húmeda (g/cm³)                                                                                                                                         |                                                                                                     | 2.369         |          |                               |                          | 2.274           |           |                               |                          | 1.994             |          |                               |                          |                 |  |
| Tara (N°)                                                                                                                                                       |                                                                                                     | 1             |          |                               |                          | 2               |           |                               |                          | 3                 |          |                               |                          |                 |  |
| Peso suelo húmedo + tara (g)                                                                                                                                    |                                                                                                     | 637.80        |          |                               |                          | 662.45          |           |                               |                          | 721.80            |          |                               |                          |                 |  |
| Peso suelo seco + tara (g)                                                                                                                                      |                                                                                                     | 587.30        |          |                               |                          | 638.90          |           |                               |                          | 663.78            |          |                               |                          |                 |  |
| Peso tara (g)                                                                                                                                                   |                                                                                                     | 16.14         |          |                               |                          | 16.38           |           |                               |                          | 16.16             |          |                               |                          |                 |  |
| Peso de agua (g)                                                                                                                                                |                                                                                                     | 50.50         |          |                               |                          | 43.55           |           |                               |                          | 58.02             |          |                               |                          |                 |  |
| Peso de suelo seco (g)                                                                                                                                          |                                                                                                     | 571.16        |          |                               |                          | 622.52          |           |                               |                          | 647.62            |          |                               |                          |                 |  |
| Contenido de humedad (%)                                                                                                                                        |                                                                                                     | 8.84          |          |                               |                          | 7.00            |           |                               |                          | 8.96              |          |                               |                          |                 |  |
| Densidad seca (g/cm³)                                                                                                                                           |                                                                                                     | 2.176         |          |                               |                          | 2.126           |           |                               |                          | 1.830             |          |                               |                          |                 |  |
| Densidad seca (g/cm³) - Corregido                                                                                                                               |                                                                                                     | 2.326         |          |                               |                          | 2.289           |           |                               |                          | 2.856             |          |                               |                          |                 |  |
| EXPANSIÓN                                                                                                                                                       |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                   |          |                               |                          |                 |  |
| FECHA                                                                                                                                                           | HORA                                                                                                | TIEMPO        | DIAL     | EXPANSIÓN                     |                          | DIAL            | EXPANSIÓN |                               | DIAL                     | EXPANSIÓN         |          |                               |                          |                 |  |
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |               |          | mm                            | %                        |                 | mm        | %                             |                          | mm                | %        |                               |                          |                 |  |
| 14/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 0             | 0        | 0.000                         | 0                        | 0               | 0.000     | 0                             | 0                        | 0.000             | 0        |                               |                          |                 |  |
| 15/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 24.00         | 6        | 0.060                         | 0.1                      | 9               | 0.090     | 0.1                           | 14                       | 0.140             | 0.1      |                               |                          |                 |  |
| 16/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 48.00         | 10       | 0.100                         | 0.1                      | 13              | 0.130     | 0.1                           | 19                       | 0.190             | 0.2      |                               |                          |                 |  |
| 17/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 72.00         | 13       | 0.130                         | 0.1                      | 16              | 0.160     | 0.1                           | 22                       | 0.220             | 0.2      |                               |                          |                 |  |
| 18/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 96.00         | 16       | 0.160                         | 0.1                      | 22              | 0.220     | 0.2                           | 34                       | 0.340             | 0.2      |                               |                          |                 |  |
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                   |          |                               |                          |                 |  |
| PENETRACIÓN                                                                                                                                                     |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                   |          |                               |                          |                 |  |
| PENETRACIÓN                                                                                                                                                     |                                                                                                     | CARGA ESTAND. | MOLDE N° |                               |                          |                 | MOLDE N°  |                               |                          |                   | MOLDE N° |                               |                          |                 |  |
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |               | lecturas | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido | lecturas  | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido   | lecturas | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido |  |
| mm                                                                                                                                                              | pulg.                                                                                               | kg/cm²        | Kgf      |                               |                          |                 | Kgf       |                               |                          |                   | Kgf      |                               |                          |                 |  |
| 0.000                                                                                                                                                           | 0.000                                                                                               |               | 0        | 0.0                           | 0.0                      |                 | 0         | 0.0                           | 0.0                      |                   | 0        | 0.0                           | 0.0                      |                 |  |
| 0.635                                                                                                                                                           | 0.025                                                                                               |               | 91       | 66.9                          | 135.8                    |                 | 109       | 80.1                          | 100.1                    |                   | 43       | 31.6                          | 77.7                     |                 |  |
| 1.270                                                                                                                                                           | 0.050                                                                                               |               | 125      | 91.9                          | 271.5                    |                 | 184       | 135.2                         | 200.3                    |                   | 95       | 69.8                          | 155.4                    |                 |  |
| 1.905                                                                                                                                                           | 0.075                                                                                               |               | 324      | 238.1                         | 407.3                    |                 | 251       | 184.5                         | 300.4                    |                   | 149      | 109.5                         | 233.1                    |                 |  |
| 2.540                                                                                                                                                           | 0.100                                                                                               | 70.458        | 585      | 429.9                         | 543.1                    | 54.3            | 499       | 366.7                         | 400.5                    | 40.1              | 293      | 215.3                         | 310.9                    | 31.1            |  |
| 3.175                                                                                                                                                           | 0.125                                                                                               |               | 827      | 607.7                         | 678.8                    |                 | 673       | 494.6                         | 500.6                    |                   | 399      | 293.2                         | 388.6                    |                 |  |
| 3.810                                                                                                                                                           | 0.150                                                                                               |               | 1025     | 753.2                         | 814.6                    |                 | 836       | 614.4                         | 600.8                    |                   | 498      | 366.0                         | 466.3                    |                 |  |
| 4.445                                                                                                                                                           | 0.175                                                                                               |               | 1201     | 882.6                         | 960.4                    |                 | 935       | 687.1                         | 700.9                    |                   | 581      | 427.0                         | 544.0                    |                 |  |
| 5.080                                                                                                                                                           | 0.200                                                                                               | 104.980       | 1324     | 973.0                         | 1086.1                   | 72.4            | 1044      | 767.2                         | 801.0                    | 53.4              | 716      | 526.2                         | 621.7                    | 41.4            |  |
| 7.620                                                                                                                                                           | 0.300                                                                                               |               | 1653     | 1214.7                        | 1357.7                   |                 | 1345      | 988.4                         | 1001.3                   |                   | 970      | 712.8                         | 777.1                    |                 |  |
| 10.160                                                                                                                                                          | 0.400                                                                                               |               | 1816     | 1334.5                        | 1517.4                   |                 | 1525      | 1120.7                        | 1119.1                   |                   | 1096     | 805.4                         | 868.6                    |                 |  |
| 12.700                                                                                                                                                          | 0.500                                                                                               |               | 1905     | 1399.9                        | 1623.9                   |                 | 1692      | 1243.4                        | 1197.6                   |                   | 1154     | 848.0                         | 929.5                    |                 |  |
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                   |          |                               |                          |                 |  |

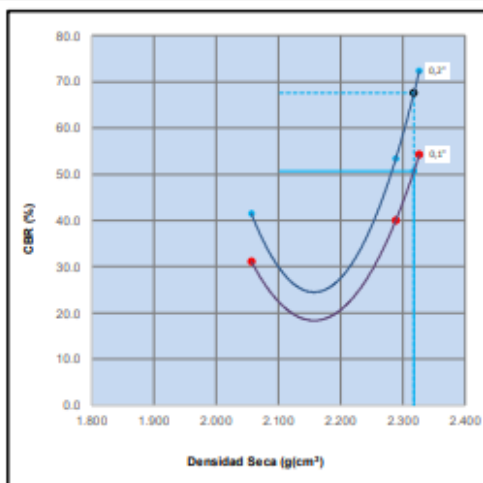


  
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

  
Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : ASTM D-1557

DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.315 CORREGIDO

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.74

95% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.271

90% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.202

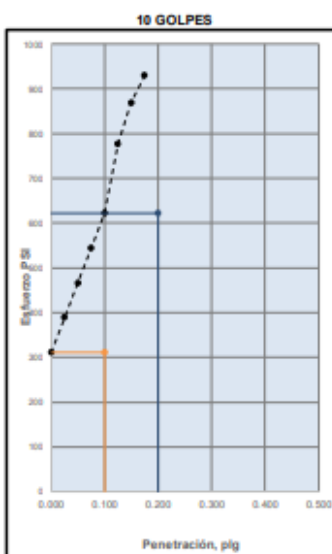
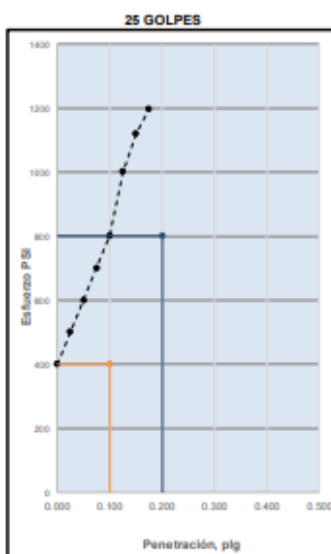
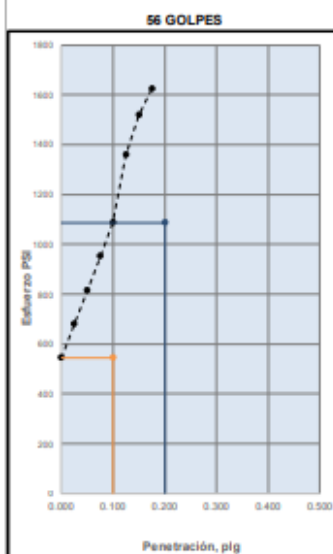
|                                |    |      |    |
|--------------------------------|----|------|----|
| C.B.R. al 100% de M.D.S (0.1%) | 51 | 0.2% | 68 |
| C.B.R. al 98% de M.D.S (0.1%)  | 35 | 0.2% | 46 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S (0.1%)  | 21 | 0.2% | 28 |

#### RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 51 %

Valor de C.B.R. al 98% de la M.D.S. = 35 %

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 21 %



AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

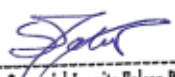
Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

## Ensayo de CBR con ceniza de carbón al 25% (M-2)

|  |                                                                                                                                                  | MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO |              |                               |                          |           |              |                               |                          |           |              |                               |                          |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|-----------|--------------|-------------------------------|--------------------------|-----------|--------------|-------------------------------|--------------------------|-----------|
|                                                                                   |                                                                                                                                                  | ASTM D-1883                                                                                         |              |                               |                          |           |              |                               |                          |           |              |                               |                          |           |
| NOMBRE CLIENTE:                                                                   | DIEGO GÓMEZ, ESTHER                                                                                                                              |                                                                                                     |              |                               |                          |           |              |                               |                          |           |              |                               |                          |           |
| OBRA/PROYECTO:                                                                    | ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024 |                                                                                                     |              |                               |                          |           |              | FECHA DE ENSAYO :             | DICIEMBRE DEL 2024       |           |              |                               |                          |           |
| LOCALIZACIÓN:                                                                     | PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO                                                                                                        |                                                                                                     |              |                               |                          |           |              | CALCATA No. :                 | C-2                      |           |              |                               |                          |           |
| DESCRIPCIÓN:                                                                      | MUESTRA DE SUELO CON CENIZA DE CARBÓN AL 25%                                                                                                     |                                                                                                     |              |                               |                          |           |              | MUESTRA No. :                 | M-2                      |           |              |                               |                          |           |
| COMPACTACIÓN                                                                      |                                                                                                                                                  |                                                                                                     |              |                               |                          |           |              |                               |                          |           |              |                               |                          |           |
| Molde N°                                                                          | 1                                                                                                                                                |                                                                                                     |              | 2                             |                          |           | 3            |                               |                          |           |              |                               |                          |           |
| Capas N°                                                                          | 5                                                                                                                                                |                                                                                                     |              | 5                             |                          |           | 5            |                               |                          |           |              |                               |                          |           |
| Golpes por Capa N°                                                                | 56                                                                                                                                               |                                                                                                     |              | 25                            |                          |           | 10           |                               |                          |           |              |                               |                          |           |
| Condición de la muestra                                                           | NO SATURADO                                                                                                                                      |                                                                                                     | SATURADO     |                               | NO SATURADO              |           | SATURADO     |                               | NO SATURADO              |           | SATURADO     |                               |                          |           |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g)                                                  | 13510.00                                                                                                                                         |                                                                                                     |              |                               | 13577.00                 |           |              |                               | 12449.00                 |           |              |                               |                          |           |
| Peso de molde (g)                                                                 | 8472.00                                                                                                                                          |                                                                                                     |              |                               | 8767.00                  |           |              |                               | 8100.00                  |           |              |                               |                          |           |
| Peso del Suelo húmedo (g)                                                         | 5038.00                                                                                                                                          |                                                                                                     |              |                               | 4810.00                  |           |              |                               | 4349.00                  |           |              |                               |                          |           |
| Volumen del molde (cm³)                                                           | 2127.00                                                                                                                                          |                                                                                                     |              |                               | 2114.00                  |           |              |                               | 2116.00                  |           |              |                               |                          |           |
| Densidad húmeda (g/cm³)                                                           | 2.369                                                                                                                                            |                                                                                                     |              |                               | 2.276                    |           |              |                               | 2.055                    |           |              |                               |                          |           |
| Tara (N°)                                                                         | 1                                                                                                                                                |                                                                                                     |              |                               | 2                        |           |              |                               | 3                        |           |              |                               |                          |           |
| Peso suelo húmedo + tara (g)                                                      | 637.80                                                                                                                                           |                                                                                                     |              |                               | 592.45                   |           |              |                               | 721.80                   |           |              |                               |                          |           |
| Peso suelo seco + tara (g)                                                        | 587.30                                                                                                                                           |                                                                                                     |              |                               | 638.90                   |           |              |                               | 663.79                   |           |              |                               |                          |           |
| Peso tara (g)                                                                     | 16.14                                                                                                                                            |                                                                                                     |              |                               | 16.36                    |           |              |                               | 16.16                    |           |              |                               |                          |           |
| Peso de agua (g)                                                                  | 50.50                                                                                                                                            |                                                                                                     |              |                               | 43.55                    |           |              |                               | 58.02                    |           |              |                               |                          |           |
| Peso de suelo seco (g)                                                            | 571.16                                                                                                                                           |                                                                                                     |              |                               | 622.52                   |           |              |                               | 647.62                   |           |              |                               |                          |           |
| Contenido de humedad (%)                                                          | 8.84                                                                                                                                             |                                                                                                     |              |                               | 7.00                     |           |              |                               | 8.96                     |           |              |                               |                          |           |
| Densidad seca (g/cm³)                                                             | 2.176                                                                                                                                            |                                                                                                     |              |                               | 2.127                    |           |              |                               | 1.986                    |           |              |                               |                          |           |
| Densidad seca (g/cm³) - Corregido                                                 | 2.326                                                                                                                                            |                                                                                                     |              |                               | 2.289                    |           |              |                               | 2.102                    |           |              |                               |                          |           |
| EXPANSIÓN                                                                         |                                                                                                                                                  |                                                                                                     |              |                               |                          |           |              |                               |                          |           |              |                               |                          |           |
| FECHA                                                                             | HORA                                                                                                                                             | TIEMPO                                                                                              | DIAL         | EXPANSIÓN                     |                          | DIAL      | EXPANSIÓN    |                               | DIAL                     | EXPANSIÓN |              |                               |                          |           |
|                                                                                   |                                                                                                                                                  |                                                                                                     |              | mm                            | %                        |           | mm           | %                             |                          | mm        | %            |                               |                          |           |
| 14/12/24                                                                          | 10:00                                                                                                                                            | 0                                                                                                   | 0            | 0.000                         | 0                        | 0         | 0.000        | 0                             | 0                        | 0.000     | 0            |                               |                          |           |
| 15/12/24                                                                          | 10:00                                                                                                                                            | 24.00                                                                                               | 7            | 0.070                         | 0.1                      | 11        | 0.110        | 0.1                           | 15                       | 0.150     | 0.1          |                               |                          |           |
| 16/12/24                                                                          | 10:00                                                                                                                                            | 48.00                                                                                               | 10           | 0.100                         | 0.1                      | 15        | 0.150        | 0.1                           | 18                       | 0.180     | 0.2          |                               |                          |           |
| 17/12/24                                                                          | 10:00                                                                                                                                            | 72.00                                                                                               | 14           | 0.140                         | 0.1                      | 18        | 0.180        | 0.2                           | 23                       | 0.230     | 0.2          |                               |                          |           |
| 18/12/24                                                                          | 10:00                                                                                                                                            | 96.00                                                                                               | 17           | 0.170                         | 0.1                      | 24        | 0.240        | 0.2                           | 27                       | 0.270     | 0.2          |                               |                          |           |
| PENETRACIÓN                                                                       |                                                                                                                                                  |                                                                                                     |              |                               |                          |           |              |                               |                          |           |              |                               |                          |           |
| PENETRACIÓN                                                                       | CARGA ESTAND.                                                                                                                                    | lecturas Kgf                                                                                        | MOLDE N°     |                               |                          | 1         | MOLDE N°     |                               |                          | 2         | MOLDE N°     |                               |                          | 3         |
|                                                                                   |                                                                                                                                                  |                                                                                                     | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) |           | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) |           | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) |           |
| 0.000                                                                             | 0.000                                                                                                                                            |                                                                                                     | 0            | 0.0                           | 0.0                      | Corregido | 0            | 0.0                           | 0.0                      | Corregido | 0            | 0.0                           | 0.0                      | Corregido |
| 0.635                                                                             | 0.025                                                                                                                                            |                                                                                                     | 93           | 88.3                          | 135.8                    |           | 112          | 82.3                          | 100.1                    |           | 47           | 34.5                          | 77.7                     |           |
| 1.270                                                                             | 0.050                                                                                                                                            |                                                                                                     | 127          | 93.3                          | 271.5                    |           | 187          | 137.4                         | 200.3                    |           | 99           | 72.8                          | 155.4                    |           |
| 1.905                                                                             | 0.075                                                                                                                                            |                                                                                                     | 326          | 239.6                         | 407.3                    |           | 254          | 186.7                         | 300.4                    |           | 153          | 112.4                         | 233.1                    |           |
| 2.540                                                                             | 0.100                                                                                                                                            | 70.436                                                                                              | 587          | 431.4                         | 543.1                    | 54.3      | 502          | 368.9                         | 400.5                    | 40.1      | 297          | 218.3                         | 310.9                    | 31.1      |
| 3.175                                                                             | 0.125                                                                                                                                            |                                                                                                     | 829          | 609.2                         | 678.8                    |           | 676          | 496.8                         | 500.6                    |           | 403          | 296.2                         | 388.6                    |           |
| 3.810                                                                             | 0.150                                                                                                                                            |                                                                                                     | 1027         | 754.7                         | 814.6                    |           | 839          | 616.6                         | 600.8                    |           | 502          | 368.9                         | 466.3                    |           |
| 4.445                                                                             | 0.175                                                                                                                                            |                                                                                                     | 1203         | 884.1                         | 950.4                    |           | 938          | 689.3                         | 700.9                    |           | 585          | 429.9                         | 544.0                    |           |
| 5.080                                                                             | 0.200                                                                                                                                            | 105.220                                                                                             | 1326         | 974.4                         | 1086.1                   | 72.4      | 1047         | 769.4                         | 801.0                    | 53.4      | 720          | 529.1                         | 621.7                    | 41.4      |
| 7.620                                                                             | 0.300                                                                                                                                            |                                                                                                     | 1695         | 1216.2                        | 1367.7                   |           | 1348         | 990.6                         | 1001.3                   |           | 974          | 715.8                         | 777.1                    |           |
| 10.160                                                                            | 0.400                                                                                                                                            |                                                                                                     | 1818         | 1336.0                        | 1517.4                   |           | 1528         | 1122.9                        | 1119.1                   |           | 1100         | 806.4                         | 868.6                    |           |
| 12.700                                                                            | 0.500                                                                                                                                            |                                                                                                     | 1907         | 1401.4                        | 1623.9                   |           | 1695         | 1245.6                        | 1197.6                   |           | 1158         | 851.0                         | 929.5                    |           |

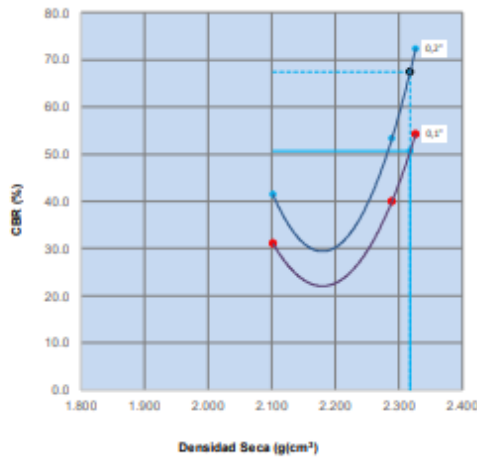


  
**AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL**  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

  
**Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave**  
 Ingeniero Civil  
 Reg. CIP. N° 218968



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : ASTM D-1557

DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.318 CORREGIDO

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.74

95% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.271

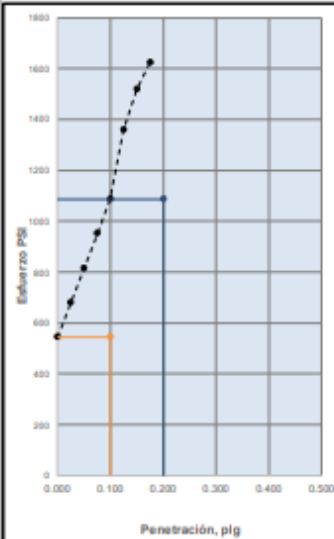
90% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.202

|                                  |    |        |    |
|----------------------------------|----|--------|----|
| C.B.R. al 100% de M.D.S (0.1") : | 51 | 0.2" : | 67 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S (0.1") :  | 35 | 0.2" : | 46 |
| C.B.R. al 90% de M.D.S (0.1") :  | 23 | 0.2" : | 30 |

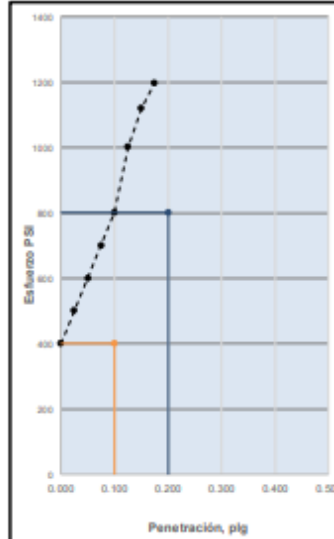
#### RESULTADOS:

|                                      |   |      |
|--------------------------------------|---|------|
| Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. | = | 51 % |
| Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.  | = | 35 % |
| Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S.  | = | 23 % |

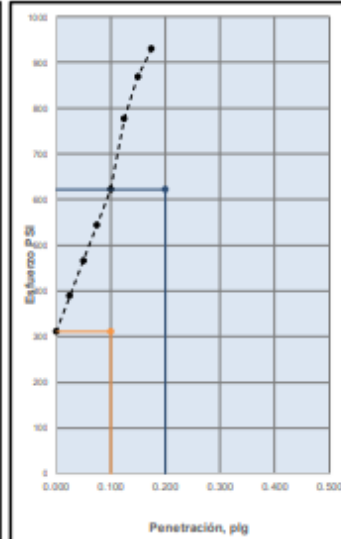
56 GOLPES



25 GOLPES



10 GOLPES



AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

MÉTODO DE ENGAYO DE GBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO

ASTM D-1883

|                 |                                                                                                                                                  |  |  |                   |                    |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|-------------------|--------------------|
| NOMBRE CLIENTE: | DIEGO GÓMEZ, ESTHER                                                                                                                              |  |  |                   |                    |
| OBRA/PROYECTO:  | ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024 |  |  | FECHA DE ENSAYO : | DICIEMBRE DEL 2024 |
| LOCALIZACIÓN:   | PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO                                                                                                        |  |  | CALICATA No. :    | C-2                |
| DESCRIPCIÓN:    | MUESTRA DE SUELO CON CENIZA DE CARBÓN AL 25%                                                                                                     |  |  | MUESTRA No. :     | M-3                |

| COMPACTACIÓN                      |             |          |             |          |                      |
|-----------------------------------|-------------|----------|-------------|----------|----------------------|
| Molde N°                          | 1           |          | 2           |          | 3                    |
| Capas N°                          | 5           |          | 5           |          | 5                    |
| Golpes por Capa N°                | 96          |          | 25          |          | 19                   |
| Condición de la muestra           | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO | SATURADO | NO SATURADO SATURADO |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g)  | 13511.00    |          | 13580.00    |          | 12452.00             |
| Peso de molde (g)                 | 8472.00     |          | 8767.00     |          | 8100.00              |
| Peso del Suelo húmedo (g)         | 5039.00     |          | 4813.00     |          | 4352.00              |
| Volumen del molde (cm³)           | 2127.00     |          | 2114.00     |          | 2116.00              |
| Densidad húmeda (g/cm³)           | 2.369       |          | 2.277       |          | 2.057                |
| Tara (N°)                         | 1           |          | 2           |          | 3                    |
| Peso suelo húmedo + tara (g)      | 540.13      |          | 686.01      |          | 727.12               |
| Peso suelo seco + tara (g)        | 589.41      |          | 642.04      |          | 668.93               |
| Peso tara (g)                     | 16.17       |          | 16.40       |          | 16.19                |
| Peso de agua (g)                  | 50.72       |          | 43.97       |          | 56.19                |
| Peso de suelo seco (g)            | 573.25      |          | 625.64      |          | 652.73               |
| Contenido de humedad (%)          | 8.85        |          | 7.03        |          | 8.92                 |
| Densidad seca (g/cm³)             | 2.176       |          | 2.127       |          | 1.888                |
| Densidad seca (g/cm³) - Corregido | 2.307       |          | 2.290       |          | 2.104                |

| EXPANSIÓN |       |        |      |           |     |      |           |     |      |           |     |
|-----------|-------|--------|------|-----------|-----|------|-----------|-----|------|-----------|-----|
| FECHA     | HORA  | TIEMPO | DIAL | EXPANSIÓN |     | DIAL | EXPANSIÓN |     | DIAL | EXPANSIÓN |     |
|           |       |        |      | mm        | %   |      | mm        | %   |      | mm        | %   |
| 14/12/24  | 10:00 | 0      | 0    | 0.000     | 0   | 0    | 0.000     | 0   | 0    | 0.000     | 0   |
| 15/12/24  | 10:00 | 24:00  | 7    | 0.070     | 0.1 | 13   | 0.130     | 0.1 | 14   | 0.140     | 0.1 |
| 16/12/24  | 10:00 | 48:00  | 11   | 0.110     | 0.1 | 15   | 0.150     | 0.1 | 18   | 0.180     | 0.2 |
| 17/12/24  | 10:00 | 72:00  | 14   | 0.140     | 0.1 | 19   | 0.190     | 0.2 | 24   | 0.240     | 0.2 |
| 18/12/24  | 10:00 | 96:00  | 18   | 0.180     | 0.2 | 23   | 0.230     | 0.2 | 28   | 0.280     | 0.2 |

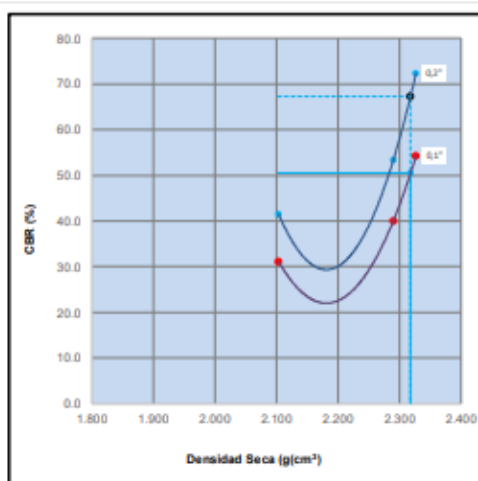
| PENETRACIÓN |               |        |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                 |
|-------------|---------------|--------|--------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|
| PENETRACIÓN | CARGA ESTAND. |        | MOLDE N°     |                               |                          | 1               | MOLDE N°     |                               |                          | 2               | MOLDE N°     |                               |                          | 3               |
|             |               |        | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido |
| 0.000       | 0.000         |        | 0            | 0.0                           | 0.0                      |                 | 0            | 0.0                           | 0.0                      |                 | 0            | 0.0                           | 0.0                      |                 |
| 0.635       | 0.025         |        | 92           | 67.6                          | 135.8                    |                 | 111          | 81.6                          | 100.1                    |                 | 46           | 33.6                          | 77.7                     |                 |
| 1.270       | 0.050         |        | 128          | 92.6                          | 271.5                    |                 | 188          | 136.7                         | 200.3                    |                 | 98           | 72.0                          | 155.4                    |                 |
| 1.905       | 0.075         |        | 325          | 238.8                         | 407.3                    |                 | 253          | 185.9                         | 300.4                    |                 | 152          | 111.7                         | 233.1                    |                 |
| 2.540       | 0.100         | 78.436 | 586          | 430.6                         | 543.1                    | 54.3            | 501          | 368.2                         | 400.5                    | 40.1            | 296          | 217.5                         | 310.9                    | 31.1            |
| 3.175       | 0.125         |        | 828          | 608.5                         | 678.8                    |                 | 675          | 496.0                         | 500.8                    |                 | 402          | 295.4                         | 388.6                    |                 |
| 3.810       | 0.150         |        | 1026         | 754.0                         | 814.6                    |                 | 838          | 615.8                         | 600.8                    |                 | 501          | 368.2                         | 466.3                    |                 |
| 4.445       | 0.175         |        | 1202         | 883.3                         | 950.4                    |                 | 937          | 688.6                         | 700.9                    |                 | 584          | 429.2                         | 544.0                    |                 |
| 5.0         |               |        |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                 |

 **MONTAÑA**

*[Firma]*  
Ing. Samuel Juanito Falcon Pardeve  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : ASTM D-1557

DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.318 CORREGIDO

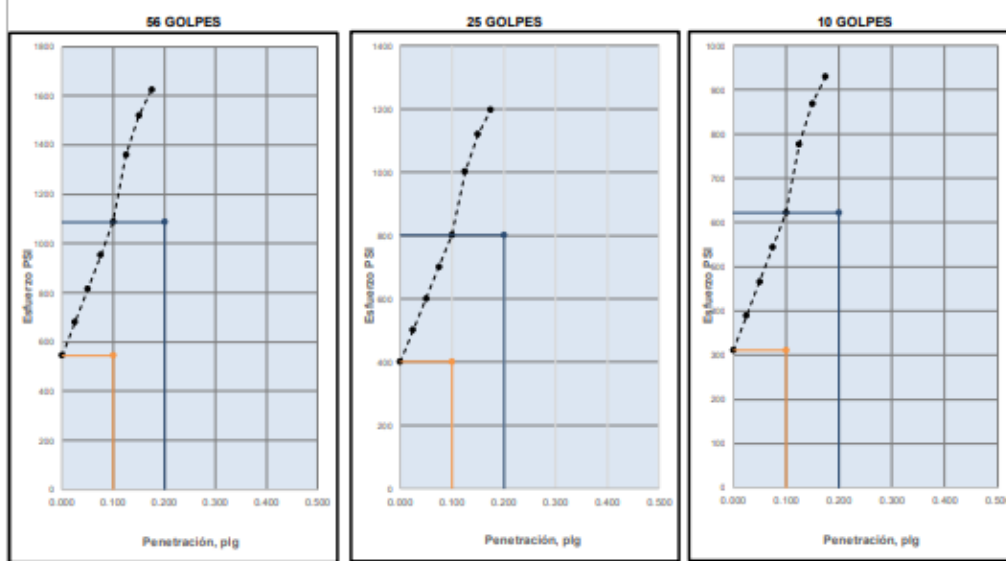
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.74

|                                          |     |
|------------------------------------------|-----|
| 95% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.271 | 98% |
| 90% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.202 | 95% |

|                                  |    |        |    |
|----------------------------------|----|--------|----|
| C.B.R. al 100% de M.D.S (0.1") : | 50 | 0.2" : | 67 |
| C.B.R. al 98% de M.D.S (0.1") :  | 34 | 0.2" : | 46 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S (0.1") :  | 23 | 0.2" : | 39 |

#### RESULTADOS:

|                                      |   |      |
|--------------------------------------|---|------|
| Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. | = | 50 % |
| Valor de C.B.R. al 98% de la M.D.S.  | = | 34 % |
| Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.  | = | 23 % |



**AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL**  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

**Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave**  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

## Ensayo modificado de compactación con ceniza de carbón al 50%

| INFORME DE ENSAYO                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                  |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|--|-------|-------------------|------|-------------------|--------------------|--|-----|--|
| RELACIONES DE HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                  |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                  |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| NOMBRE CLIENTE:                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | DIEGO GÓMEZ, ESTHER                                                                                                                              |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| OBRA/PROYECTO:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024 |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| LOCALIZACIÓN:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO                                                                                                        |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| FECHA DE ENSAYO                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | DICIEMBRE DEL 2024                                                                                                                               |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | MUESTRA DE SUELO CON CENIZA DE CARBÓN AL 50%                                                                                                     |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| CALICATA No:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | C-2                                                                                                                                              |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| REQUIERE CORRECCIÓN SOBRETAMAÑOS                                                                                                                                                                                                                                                                                              | SI                                                                                                                                               |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| FRACCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | GRUESA $P_{100}$ (%)                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| PORCENTAJE DE FRACCIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 37                                                                                                                                               |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| HUMEDAD (%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 6.1                                                                                                                                              |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| HUMEDAD CORREGIDA                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 6.9                                                                                                                                              |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| GRAVEDAD ESPECÍFICA                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2.67                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| GRAVEDAD ESPECÍFICA PONDERADA                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2.70                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| FINA $P_{60}$ (%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 63                                                                                                                                               |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| HUMEDAD (%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 7.4                                                                                                                                              |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| HUMEDAD CORREGIDA                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 7.4                                                                                                                                              |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| GRAVEDAD ESPECÍFICA                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 2.72                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| GRAVEDAD ESPECÍFICA PONDERADA                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2.70                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                  |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| MÉTODO DE ENSAYO:                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | A                                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| PRUEBA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Und                                                                                                                                              |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 2                                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4                                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"                                                                                                                                                                                                                                                                                            | g                                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 6000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 6000                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 6000                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 6000                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| NÚMERO DE GOLPES POR CAPA                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | No                                                                                                                                               |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 56                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 56                                                                                                                                               |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 56                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 56                                                                                                                                               |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| NÚMERO DE MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | No                                                                                                                                               |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4                                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 4                                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| VOLUMEN MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | cm <sup>3</sup>                                                                                                                                  |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 2050                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2050                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 2050                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2050                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | g                                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 6671                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 6964                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 7050                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 6955                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| MASA DEL MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | g                                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 2240                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2240                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 2240                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 2240                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| MASA MUESTRA HUMEDA                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | g                                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 4431                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 4744                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 4810                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 4715                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| HUMEDAD DE COMPACTACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                  |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| NÚMERO DE RECIPIENTE                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | No                                                                                                                                               |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 13                                                                                                                                               |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 18                                                                                                                                               |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | g                                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 546.9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 644.8                                                                                                                                            |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 579.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 579.0                                                                                                                                            |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| MASA MUESTRA SECA Y MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | g                                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 526.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 608.7                                                                                                                                            |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 536.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 528.4                                                                                                                                            |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| MASA DEL MOLDE                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | g                                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 57.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 67.0                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 68.0                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 68.0                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| MASA DEL AGUA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | g                                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 20.7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 35.1                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 42.6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 50.6                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| MASA DE LA MUESTRA SECA                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | g                                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 468.8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 541.7                                                                                                                                            |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 468.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 460                                                                                                                                              |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| % de HUMEDAD                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | %                                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 4.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 6.7                                                                                                                                              |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 9.1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 11.0                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                  |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| DENSIDAD HUMEDA                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 2.161                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2.314                                                                                                                                            |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 2.346                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2.300                                                                                                                                            |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| DENSIDAD SECA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | g/cm <sup>3</sup>                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 2.070                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2.169                                                                                                                                            |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 2.151                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 2.1                                                                                                                                              |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| PESO UNITARIO SECO                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | kN/m <sup>3</sup>                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 20.30                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 21.27                                                                                                                                            |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 21.09                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 20.32                                                                                                                                            |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| PESO UNITARIO SECO (CORREGIDO POR SOBRETAMAÑOS)                                                                                                                                                                                                                                                                               | lb/ft <sup>3</sup>                                                                                                                               |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 129.22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 135.43                                                                                                                                           |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 134.26                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 129.36                                                                                                                                           |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| kN/m <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 22.14                                                                                                                                            |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 22.86                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | 22.72                                                                                                                                            |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 22.15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                  |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| HUMEDAD DE SATURACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                  |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| HUMEDAD DE SATURACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | %                                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 11.2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 9.0                                                                                                                                              |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 9.4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 11.2                                                                                                                                             |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| CURVA DE COMPACTACIÓN                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                  |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                  |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>22.90</td> <td>kN/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>2335</td> <td>kg/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <th colspan="2">HUMEDAD ÓPTIMA (%)</th> </tr> <tr> <td>7.5</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> |                                                                                                                                                  | PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO    |  | 22.90 | kN/m <sup>3</sup> | 2335 | kg/m <sup>3</sup> | HUMEDAD ÓPTIMA (%) |  | 7.5 |  |
| PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                  |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 22.90                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | kN/m <sup>3</sup>                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 2335                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | kg/m <sup>3</sup>                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| HUMEDAD ÓPTIMA (%)                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                  |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 7.5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                  |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO SIN CORREGIR</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>21.34</td> <td>kN/m<sup>3</sup></td> </tr> <tr> <td>2176</td> <td>kg/m<sup>3</sup></td> </tr> </tbody> </table>                                                                                   |                                                                                                                                                  | PESO UNITARIO SECO MÁXIMO SIN CORREGIR |  | 21.34 | kN/m <sup>3</sup> | 2176 | kg/m <sup>3</sup> |                    |  |     |  |
| PESO UNITARIO SECO MÁXIMO SIN CORREGIR                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                  |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 21.34                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | kN/m <sup>3</sup>                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |
| 2176                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | kg/m <sup>3</sup>                                                                                                                                |                                        |  |       |                   |      |                   |                    |  |     |  |



**AQUINO GARCÍA KEVIN JHOEL**  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

**Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave**  
 Ingeniero Civil  
 Reg. CIP. N° 218968

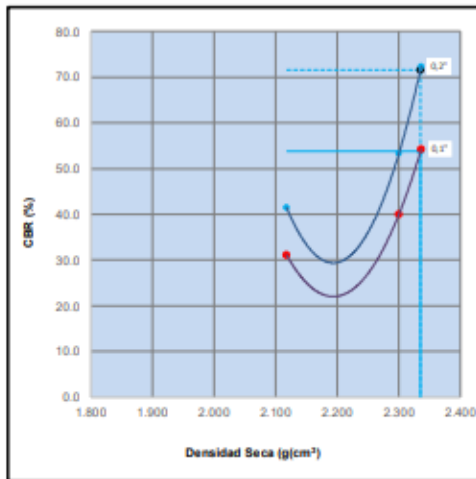
Ensayo de CBR con ceniza de carbón al 50% (M-1)

|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                 |          |                               |                          |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|----------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|-----------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|----------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|
|                                                                                | MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                 |          |                               |                          |                 |
| ASTM D-1883                                                                                                                                                     |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                 |          |                               |                          |                 |
| NOMBRE CLIENTE: DIEGO GÓMEZ, ESTHER                                                                                                                             |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                 |          |                               |                          |                 |
| OSRA/PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024 |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                 |          |                               |                          |                 |
| FECHA DE ENSAYO : DICIEMBRE DEL 2024                                                                                                                            |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                 |          |                               |                          |                 |
| LOCALIZACIÓN: PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO                                                                                                         |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                 |          |                               |                          |                 |
| CALICATA No. : C-2                                                                                                                                              |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                 |          |                               |                          |                 |
| DESCRIPCIÓN: MUESTRA DE SUELO CON CENIZA DE CARBÓN AL 50%                                                                                                       |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                 |          |                               |                          |                 |
| MUESTRA No. : M-1                                                                                                                                               |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                 |          |                               |                          |                 |
| COMPACTACIÓN                                                                                                                                                    |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                 |          |                               |                          |                 |
| Molde N°                                                                                                                                                        | 1                                                                                                   |               |          |                               | 2                        |                 |           |                               | 3                        |                 |          |                               |                          |                 |
| Capas N°                                                                                                                                                        | 5                                                                                                   |               |          |                               | 5                        |                 |           |                               | 5                        |                 |          |                               |                          |                 |
| Golpes por Capa N°                                                                                                                                              | 25                                                                                                  |               |          |                               | 25                       |                 |           |                               | 25                       |                 |          |                               |                          |                 |
| Condición de la muestra                                                                                                                                         | NO SATURADO                                                                                         |               | SATURADO |                               | NO SATURADO              |                 | SATURADO  |                               | NO SATURADO              |                 | SATURADO |                               |                          |                 |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g)                                                                                                                                | 13512.00                                                                                            |               |          |                               | 13581.00                 |                 |           |                               | 12453.00                 |                 |          |                               |                          |                 |
| Peso de molde (g)                                                                                                                                               | 8472.00                                                                                             |               |          |                               | 8767.00                  |                 |           |                               | 8100.00                  |                 |          |                               |                          |                 |
| Peso del Suelo húmedo (g)                                                                                                                                       | 5040.00                                                                                             |               |          |                               | 4814.00                  |                 |           |                               | 4353.00                  |                 |          |                               |                          |                 |
| Volumen del molde (cm³)                                                                                                                                         | 2127.00                                                                                             |               |          |                               | 2114.00                  |                 |           |                               | 2116.00                  |                 |          |                               |                          |                 |
| Densidad húmeda (g/cm³)                                                                                                                                         | 2.376                                                                                               |               |          |                               | 2.277                    |                 |           |                               | 2.067                    |                 |          |                               |                          |                 |
| Tara (N°)                                                                                                                                                       | 1                                                                                                   |               |          |                               | 2                        |                 |           |                               | 3                        |                 |          |                               |                          |                 |
| Peso suelo húmedo + tara (g)                                                                                                                                    | 840.03                                                                                              |               |          |                               | 685.97                   |                 |           |                               | 727.17                   |                 |          |                               |                          |                 |
| Peso suelo seco + tara (g)                                                                                                                                      | 569.38                                                                                              |               |          |                               | 642.03                   |                 |           |                               | 668.99                   |                 |          |                               |                          |                 |
| Peso tara (g)                                                                                                                                                   | 16.14                                                                                               |               |          |                               | 16.38                    |                 |           |                               | 16.20                    |                 |          |                               |                          |                 |
| Peso de agua (g)                                                                                                                                                | 30.65                                                                                               |               |          |                               | 43.94                    |                 |           |                               | 56.18                    |                 |          |                               |                          |                 |
| Peso de suelo seco (g)                                                                                                                                          | 573.24                                                                                              |               |          |                               | 625.64                   |                 |           |                               | 652.80                   |                 |          |                               |                          |                 |
| Contenido de humedad (%)                                                                                                                                        | 8.83                                                                                                |               |          |                               | 7.82                     |                 |           |                               | 8.91                     |                 |          |                               |                          |                 |
| Densidad seca (g/cm³)                                                                                                                                           | 2.177                                                                                               |               |          |                               | 2.128                    |                 |           |                               | 1.889                    |                 |          |                               |                          |                 |
| Densidad seca (g/cm³) - Corregido                                                                                                                               | 2.336                                                                                               |               |          |                               | 2.306                    |                 |           |                               | 2.118                    |                 |          |                               |                          |                 |
| EXPANSIÓN                                                                                                                                                       |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                 |          |                               |                          |                 |
| FECHA                                                                                                                                                           | HORA                                                                                                | TIEMPO        | DIAL     | EXPANSIÓN                     |                          | DIAL            | EXPANSIÓN |                               | DIAL                     | EXPANSIÓN       |          |                               |                          |                 |
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |               |          | mm                            | %                        |                 | mm        | %                             |                          | mm              | %        |                               |                          |                 |
| 19/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 0             | 0        | 0.000                         | 0                        | 0               | 0.000     | 0                             | 0                        | 0.000           | 0        |                               |                          |                 |
| 20/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 24.00         | 8        | 0.060                         | 0.1                      | 14              | 0.140     | 0.1                           | 16                       | 0.160           | 0.1      |                               |                          |                 |
| 21/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 48.00         | 12       | 0.120                         | 0.1                      | 17              | 0.170     | 0.1                           | 19                       | 0.190           | 0.2      |                               |                          |                 |
| 22/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 72.00         | 15       | 0.150                         | 0.1                      | 19              | 0.190     | 0.2                           | 24                       | 0.240           | 0.2      |                               |                          |                 |
| 23/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 96.00         | 18       | 0.180                         | 0.2                      | 24              | 0.240     | 0.2                           | 27                       | 0.270           | 0.2      |                               |                          |                 |
| PENETRACIÓN                                                                                                                                                     |                                                                                                     |               |          |                               |                          |                 |           |                               |                          |                 |          |                               |                          |                 |
| PENETRACIÓN                                                                                                                                                     |                                                                                                     | CARGA ESTAND. | MOLDE N° |                               | 1                        | MOLDE N°        |           | 2                             | MOLDE N°                 |                 | 3        |                               |                          |                 |
| mm                                                                                                                                                              | pulg.                                                                                               | kg/cm²        | lecturas | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido | lecturas  | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido | lecturas | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido |
| 0.000                                                                                                                                                           | 0.000                                                                                               |               | 0        | 0.0                           | 0.0                      |                 | 0         | 0.0                           | 0.0                      |                 | 0        | 0.0                           | 0.0                      |                 |
| 0.635                                                                                                                                                           | 0.025                                                                                               |               | 94       | 69.1                          | 135.8                    |                 | 113       | 83.0                          | 100.1                    |                 | 48       | 35.3                          | 77.7                     |                 |
| 1.270                                                                                                                                                           | 0.050                                                                                               |               | 128      | 94.1                          | 271.5                    |                 | 168       | 138.2                         | 200.3                    |                 | 100      | 73.5                          | 155.4                    |                 |
| 1.905                                                                                                                                                           | 0.075                                                                                               |               | 327      | 240.3                         | 407.3                    |                 | 255       | 187.4                         | 300.4                    |                 | 154      | 113.2                         | 233.1                    |                 |
| 2.540                                                                                                                                                           | 0.100                                                                                               | 78.436        | 588      | 432.1                         | 543.1                    | 54.3            | 503       | 369.6                         | 400.5                    | 40.1            | 298      | 219.0                         | 310.9                    | 31.1            |
| 3.175                                                                                                                                                           | 0.125                                                                                               |               | 830      | 609.9                         | 678.8                    |                 | 677       | 497.5                         | 500.8                    |                 | 404      | 296.9                         | 388.6                    |                 |
| 3.810                                                                                                                                                           | 0.150                                                                                               |               | 1028     | 755.4                         | 814.8                    |                 | 840       | 617.3                         | 600.8                    |                 | 503      | 369.6                         | 466.3                    |                 |
| 4.445                                                                                                                                                           | 0.175                                                                                               |               | 1204     | 884.8                         | 950.4                    |                 | 939       | 690.0                         | 700.9                    |                 | 586      | 430.6                         | 544.0                    |                 |
| 5.080                                                                                                                                                           | 0.200                                                                                               | 105.220       | 1327     | 975.2                         | 1086.1                   | 72.4            | 1048      | 770.1                         | 801.0                    | 53.4            | 721      | 529.8                         | 621.7                    | 41.4            |
| 7.620                                                                                                                                                           | 0.300                                                                                               |               | 1656     | 1217.0                        | 1357.7                   |                 | 1349      | 991.3                         | 1001.3                   |                 | 975      | 716.5                         | 777.1                    |                 |
| 10.160                                                                                                                                                          | 0.400                                                                                               |               | 1819     | 1336.7                        | 1517.4                   |                 | 1529      | 1123.6                        | 1119.1                   |                 | 1101     | 809.1                         | 868.6                    |                 |
| 12.700                                                                                                                                                          | 0.500                                                                                               |               | 1908     | 1402.1                        | 1623.9                   |                 | 1696      | 1246.3                        | 1197.6                   |                 | 1159     | 851.7                         | 929.5                    |                 |



AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : ASTM D-1557

DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.335 CORREGIDO

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.49

95% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.288

90% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.218

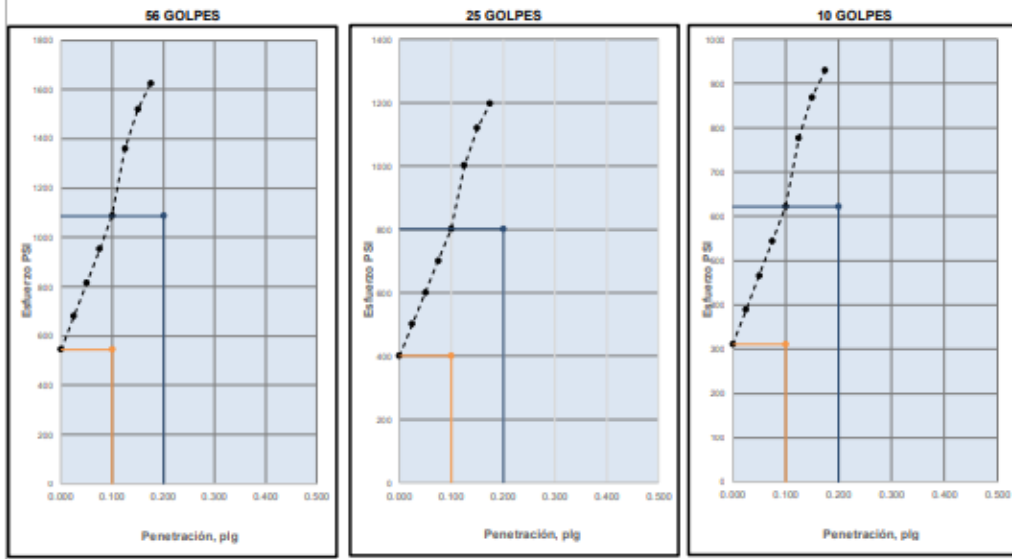
|                                  |    |        |    |
|----------------------------------|----|--------|----|
| C.B.R. al 100% de M.D.S (0.1') : | 54 | 0.2' : | 72 |
| C.B.R. al 98% de M.D.S (0.1') :  | 36 | 0.2' : | 48 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S (0.1') :  | 23 | 0.2' : | 31 |

**RESULTADOS:**

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 54 %

Valor de C.B.R. al 98% de la M.D.S. = 36 %

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 23 %



## Ensayo de CBR con ceniza de carbón al 50% (M-2)

|  |             | MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO                                              |              |                               |                          |                 |             |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|-------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------|-------|--------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|---|
|                                                                                   |             | ASTM D-1553                                                                                                                                      |              |                               |                          |                 |             |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| NOMBRE CLIENTE:                                                                   |             | DIEGO GÓMEZ, ESTHER                                                                                                                              |              |                               |                          |                 |             |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| OBRA/PROYECTO:                                                                    |             | ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2824 |              |                               |                          |                 |             |              | FECHA DE ENSAYO :             |                          | DICIEMBRE DEL 2024 |       |              |                               |                          |                 |   |
| LOCALIZACIÓN:                                                                     |             | PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO                                                                                                        |              |                               |                          |                 |             |              | CALICATA No. :                |                          | C-2                |       |              |                               |                          |                 |   |
| DESCRIPCIÓN:                                                                      |             | MUESTRA DE SUELO CON CENIZA DE CARBÓN AL 50%                                                                                                     |              |                               |                          |                 |             |              | MUESTRA No. :                 |                          | M-2                |       |              |                               |                          |                 |   |
| <b>COMPACTACIÓN</b>                                                               |             |                                                                                                                                                  |              |                               |                          |                 |             |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Molde N°                                                                          | 1           |                                                                                                                                                  |              | 2                             |                          |                 | 3           |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Capas N°                                                                          | 5           |                                                                                                                                                  |              | 5                             |                          |                 | 5           |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Golpes por Capa N°                                                                | 56          |                                                                                                                                                  |              | 25                            |                          |                 | 19          |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Condición de la muestra                                                           | NO SATURADO |                                                                                                                                                  |              | SATURADO                      |                          |                 | NO SATURADO |              |                               | SATURADO                 |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g)                                                  | 13513.00    |                                                                                                                                                  |              | 13562.00                      |                          |                 | 12454.00    |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Peso de molde (g)                                                                 | 8472.00     |                                                                                                                                                  |              | 8767.00                       |                          |                 | 8100.00     |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Peso del Suelo húmedo (g)                                                         | 5041.00     |                                                                                                                                                  |              | 4815.00                       |                          |                 | 4354.00     |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Volumen del molde (cm³)                                                           | 2127.00     |                                                                                                                                                  |              | 2114.00                       |                          |                 | 2116.00     |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Densidad húmeda (g/cm³)                                                           | 2.378       |                                                                                                                                                  |              | 2.278                         |                          |                 | 2.058       |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Tara (N°)                                                                         | 1           |                                                                                                                                                  |              | 2                             |                          |                 | 3           |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Peso suelo húmedo + tara (g)                                                      | 540.03      |                                                                                                                                                  |              | 585.97                        |                          |                 | 727.19      |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Peso suelo seco + tara (g)                                                        | 509.39      |                                                                                                                                                  |              | 542.03                        |                          |                 | 603.00      |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Peso tara (g)                                                                     | 16.15       |                                                                                                                                                  |              | 16.38                         |                          |                 | 16.20       |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Peso de agua (g)                                                                  | 30.64       |                                                                                                                                                  |              | 43.94                         |                          |                 | 58.19       |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Peso de suelo seco (g)                                                            | 573.25      |                                                                                                                                                  |              | 625.65                        |                          |                 | 652.80      |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Contenido de humedad (%)                                                          | 8.83        |                                                                                                                                                  |              | 7.02                          |                          |                 | 8.91        |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Densidad seca (g/cm³)                                                             | 2.178       |                                                                                                                                                  |              | 2.128                         |                          |                 | 1.889       |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| Densidad seca (g/cm³) - Corregido                                                 | 2.337       |                                                                                                                                                  |              | 2.301                         |                          |                 | 2.118       |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| <b>EXPANSIÓN</b>                                                                  |             |                                                                                                                                                  |              |                               |                          |                 |             |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| FECHA                                                                             | HORA        | TIEMPO                                                                                                                                           | DIAL         | EXPANSIÓN                     |                          | DIAL            | EXPANSIÓN   |              | DIAL                          | EXPANSIÓN                |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
|                                                                                   |             |                                                                                                                                                  |              | mm                            | %                        |                 | mm          | %            |                               | mm                       | %                  |       |              |                               |                          |                 |   |
| 19/12/24                                                                          | 10:00       | 0                                                                                                                                                | 0            | 0.000                         | 0                        | 0               | 0.000       | 0            | 0                             | 0.000                    | 0                  |       |              |                               |                          |                 |   |
| 20/12/24                                                                          | 10:00       | 24.00                                                                                                                                            | 8            | 0.080                         | 0.1                      | 14              | 0.140       | 0.1          | 16                            | 0.160                    | 0.1                |       |              |                               |                          |                 |   |
| 21/12/24                                                                          | 10:00       | 48.00                                                                                                                                            | 12           | 0.120                         | 0.1                      | 17              | 0.170       | 0.1          | 19                            | 0.190                    | 0.2                |       |              |                               |                          |                 |   |
| 22/12/24                                                                          | 10:00       | 72.00                                                                                                                                            | 15           | 0.150                         | 0.1                      | 19              | 0.190       | 0.2          | 24                            | 0.240                    | 0.2                |       |              |                               |                          |                 |   |
| 23/12/24                                                                          | 10:00       | 96.00                                                                                                                                            | 18           | 0.180                         | 0.2                      | 24              | 0.240       | 0.2          | 27                            | 0.270                    | 0.2                |       |              |                               |                          |                 |   |
| <b>PENETRACIÓN</b>                                                                |             |                                                                                                                                                  |              |                               |                          |                 |             |              |                               |                          |                    |       |              |                               |                          |                 |   |
| PENETRACIÓN                                                                       |             | CARGA ESTAND.                                                                                                                                    | MOLDE N°     |                               |                          |                 | 1           | MOLDE N°     |                               |                          |                    | 2     | MOLDE N°     |                               |                          |                 | 3 |
| mm                                                                                | pulg.       |                                                                                                                                                  | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido |             | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido    |       | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido |   |
| 0.000                                                                             | 0.000       |                                                                                                                                                  | 0            | 0.0                           | 0.0                      |                 | 0           | 0.0          | 0.0                           |                          | 0                  | 0.0   | 0.0          |                               |                          |                 |   |
| 0.635                                                                             | 0.025       |                                                                                                                                                  | 92           | 67.6                          | 136.3                    |                 | 113         | 83.0         | 99.8                          |                          | 48                 | 35.3  | 80.1         |                               |                          |                 |   |
| 1.270                                                                             | 0.050       |                                                                                                                                                  | 126          | 92.6                          | 272.6                    |                 | 186         | 136.7        | 199.5                         |                          | 102                | 75.0  | 160.2        |                               |                          |                 |   |
| 1.905                                                                             | 0.075       |                                                                                                                                                  | 324          | 238.1                         | 409.0                    |                 | 153         | 112.4        | 299.3                         |                          | 156                | 114.6 | 240.3        |                               |                          |                 |   |
| 2.540                                                                             | 0.100       | 76.436                                                                                                                                           | 586          | 430.6                         | 545.3                    | 54.5            | 503         | 369.6        | 399.0                         | 39.9                     | 288                | 211.6 | 320.4        | 32.0                          |                          |                 |   |
| 3.175                                                                             | 0.125       |                                                                                                                                                  | 830          | 609.9                         | 681.6                    |                 | 675         | 496.0        | 498.8                         |                          | 405                | 297.6 | 400.5        |                               |                          |                 |   |
| 3.810                                                                             | 0.150       |                                                                                                                                                  | 1028         | 755.4                         | 817.9                    |                 | 840         | 617.3        | 598.6                         |                          | 504                | 370.4 | 480.6        |                               |                          |                 |   |
| 4.445                                                                             | 0.175       |                                                                                                                                                  | 1206         | 886.3                         | 954.2                    |                 | 930         | 690.0        | 696.3                         |                          | 589                | 432.8 | 560.7        |                               |                          |                 |   |
| 5.080                                                                             | 0.200       | 195.220                                                                                                                                          | 1328         | 975.9                         | 1090.6                   | 72.7            | 1048        | 768.7        | 798.1                         | 53.2                     | 724                | 532.0 | 640.8        | 42.7                          |                          |                 |   |
| 7.620                                                                             | 0.300       |                                                                                                                                                  | 1654         | 1215.5                        | 1363.2                   |                 | 1349        | 991.3        | 997.6                         |                          | 976                | 717.2 | 801.0        |                               |                          |                 |   |
| 10.160                                                                            | 0.400       |                                                                                                                                                  | 1819         | 1339.7                        | 1523.6                   |                 | 1527        | 1122.2       | 1115.0                        |                          | 1104               | 811.3 | 895.2        |                               |                          |                 |   |
| 12.700                                                                            | 0.500       |                                                                                                                                                  | 1908         | 1400.7                        | 1630.5                   |                 | 1696        | 1246.3       | 1193.2                        |                          | 1164               | 855.4 | 958.1        |                               |                          |                 |   |

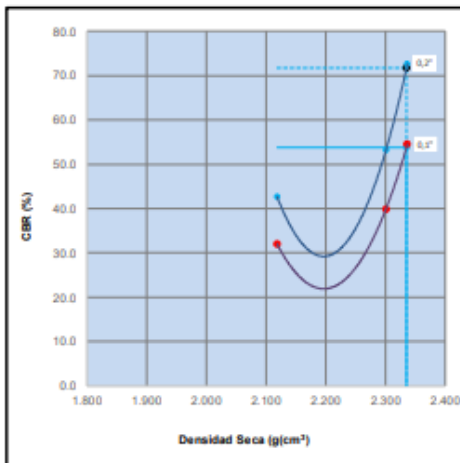


  
**AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL**  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

  
**Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave**  
 Ingeniero Civil  
 Reg. CIP. N° 218968



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : ASTM D-1557

DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.335 CORREGIDO

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.49

95% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.288

90% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.218

|                                  |    |        |    |
|----------------------------------|----|--------|----|
| C.B.R. al 100% de M.D.S (0.1') : | 54 | 0.2' : | 72 |
| C.B.R. al 98% de M.D.S (0.1') :  | 36 | 0.2' : | 48 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S (0.1') :  | 23 | 0.2' : | 38 |

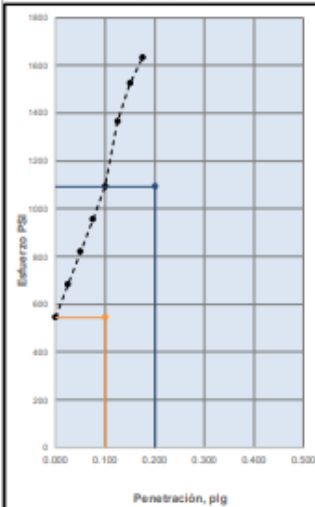
#### RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 54 %

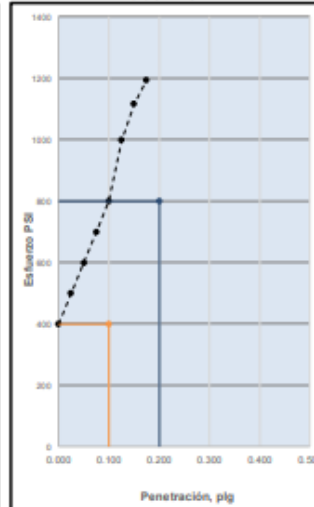
Valor de C.B.R. al 98% de la M.D.S. = 36 %

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 23 %

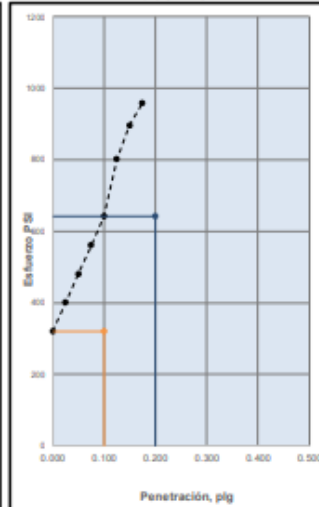
56 GOLPES



25 GOLPES



10 GOLPES



AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

## Ensayo de CBR con ceniza de carbón al 50% (M-3)

|  |                                                                                                                                                  | MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO |          |                               |                          |                 |             |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|-------------|-------------------------------|--------------------------|--------------------|----------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|
|                                                                                   |                                                                                                                                                  | AS I M U-1883                                                                                       |          |                               |                          |                 |             |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| NOMBRE CLIENTE:                                                                   | DIEGO GÓMEZ, ESTHER                                                                                                                              |                                                                                                     |          |                               |                          |                 |             |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| OBRA/PROYECTO:                                                                    | ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024 |                                                                                                     |          |                               |                          |                 |             |                               | FECHA DE ENSAYO :        | DICIEMBRE DEL 2024 |          |                               |                          |                 |
| LOCALIZACIÓN:                                                                     | PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO                                                                                                        |                                                                                                     |          |                               |                          |                 |             |                               | CALICATA No. :           | C-2                |          |                               |                          |                 |
| DESCRIPCIÓN:                                                                      | MUESTRA DE SUELO CON CENIZA DE CARBÓN AL 50%                                                                                                     |                                                                                                     |          |                               |                          |                 |             |                               | MUESTRA No. :            | M-3                |          |                               |                          |                 |
| COMPACTACIÓN                                                                      |                                                                                                                                                  |                                                                                                     |          |                               |                          |                 |             |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| Molde N°                                                                          | 1                                                                                                                                                |                                                                                                     |          | 2                             |                          |                 | 3           |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| Capas N°                                                                          | 5                                                                                                                                                |                                                                                                     |          | 5                             |                          |                 | 5           |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| Golpes por Capa N°                                                                | 56                                                                                                                                               |                                                                                                     |          | 25                            |                          |                 | 19          |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| Condición de la muestra                                                           | NO SATURADO                                                                                                                                      |                                                                                                     |          | SATURADO                      |                          |                 | NO SATURADO |                               |                          | SATURADO           |          |                               |                          |                 |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g)                                                  | 13014.00                                                                                                                                         |                                                                                                     |          | 13593.00                      |                          |                 | 12454.00    |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| Peso de molde (g)                                                                 | 8472.00                                                                                                                                          |                                                                                                     |          | 8767.00                       |                          |                 | 8100.00     |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| Peso del Suelo húmedo (g)                                                         | 5042.00                                                                                                                                          |                                                                                                     |          | 4816.00                       |                          |                 | 4354.00     |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| Volumen del molde (cm³)                                                           | 2127.00                                                                                                                                          |                                                                                                     |          | 2114.00                       |                          |                 | 2116.00     |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| Densidad húmeda (g/cm³)                                                           | 2.379                                                                                                                                            |                                                                                                     |          | 2.278                         |                          |                 | 2.058       |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| Tara (N°)                                                                         | 1                                                                                                                                                |                                                                                                     |          | 2                             |                          |                 | 3           |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| Peso suelo húmedo + tara (g)                                                      | 540.80                                                                                                                                           |                                                                                                     |          | 586.25                        |                          |                 | 727.40      |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| Peso suelo seco + tara (g)                                                        | 509.41                                                                                                                                           |                                                                                                     |          | 640.05                        |                          |                 | 669.28      |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| Peso tara (g)                                                                     | 16.15                                                                                                                                            |                                                                                                     |          | 16.39                         |                          |                 | 16.21       |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| Peso de agua (g)                                                                  | 51.39                                                                                                                                            |                                                                                                     |          | 44.20                         |                          |                 | 58.12       |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| Peso de suelo seco (g)                                                            | 573.26                                                                                                                                           |                                                                                                     |          | 625.65                        |                          |                 | 653.07      |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| Contenido de humedad (%)                                                          | 8.96                                                                                                                                             |                                                                                                     |          | 7.06                          |                          |                 | 8.90        |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| Densidad seca (g/cm³)                                                             | 2.175                                                                                                                                            |                                                                                                     |          | 2.128                         |                          |                 | 1.889       |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| Densidad seca (g/cm³) - Corregido                                                 | 2.335                                                                                                                                            |                                                                                                     |          | 2.300                         |                          |                 | 2.118       |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| EXPANSIÓN                                                                         |                                                                                                                                                  |                                                                                                     |          |                               |                          |                 |             |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| FECHA                                                                             | HORA                                                                                                                                             | TIEMPO                                                                                              | DIAL     | EXPANSIÓN                     |                          | DIAL            | EXPANSIÓN   |                               | DIAL                     | EXPANSIÓN          |          |                               |                          |                 |
|                                                                                   |                                                                                                                                                  |                                                                                                     |          | mm                            | %                        |                 | mm          | %                             |                          | mm                 | %        |                               |                          |                 |
| 19/12/24                                                                          | 10:00                                                                                                                                            | 0                                                                                                   | 0        | 0.000                         | 0                        | 0               | 0.000       | 0                             | 0                        | 0.000              | 0        |                               |                          |                 |
| 20/12/24                                                                          | 10:00                                                                                                                                            | 24.00                                                                                               | 7        | 0.070                         | 0.1                      | 13              | 0.130       | 0.1                           | 17                       | 0.170              | 0.1      |                               |                          |                 |
| 21/12/24                                                                          | 10:00                                                                                                                                            | 48.00                                                                                               | 11       | 0.110                         | 0.1                      | 16              | 0.160       | 0.1                           | 20                       | 0.200              | 0.2      |                               |                          |                 |
| 22/12/24                                                                          | 10:00                                                                                                                                            | 72.00                                                                                               | 14       | 0.140                         | 0.1                      | 19              | 0.190       | 0.2                           | 24                       | 0.240              | 0.2      |                               |                          |                 |
| 23/12/24                                                                          | 10:00                                                                                                                                            | 96.00                                                                                               | 19       | 0.190                         | 0.2                      | 23              | 0.230       | 0.2                           | 28                       | 0.280              | 0.2      |                               |                          |                 |
| PENETRACIÓN                                                                       |                                                                                                                                                  |                                                                                                     |          |                               |                          |                 |             |                               |                          |                    |          |                               |                          |                 |
| PENETRACIÓN                                                                       |                                                                                                                                                  | CARGA ESTAND.                                                                                       | MOLDE N° |                               |                          |                 | MOLDE N°    |                               |                          |                    | MOLDE N° |                               |                          |                 |
| mm                                                                                | pulg.                                                                                                                                            |                                                                                                     | lecturas | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido | lecturas    | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido    | lecturas | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido |
| 0.000                                                                             | 0.000                                                                                                                                            |                                                                                                     | 0        | 0.0                           | 0.0                      |                 | 0           | 0.0                           | 0.0                      |                    | 0        | 0.0                           | 0.0                      |                 |
| 0.635                                                                             | 0.025                                                                                                                                            |                                                                                                     | 95       | 89.8                          | 136.3                    |                 | 116         | 85.2                          | 99.8                     |                    | 52       | 38.2                          | 80.1                     |                 |
| 1.270                                                                             | 0.050                                                                                                                                            |                                                                                                     | 129      | 94.8                          | 272.6                    |                 | 189         | 138.9                         | 199.5                    |                    | 106      | 77.9                          | 160.2                    |                 |
| 1.905                                                                             | 0.075                                                                                                                                            |                                                                                                     | 327      | 240.3                         | 409.0                    |                 | 156         | 114.6                         | 299.3                    |                    | 180      | 117.6                         | 240.3                    |                 |
| 2.540                                                                             | 0.100                                                                                                                                            | 70.436                                                                                              | 589      | 432.8                         | 545.3                    | 54.5            | 508         | 371.8                         | 399.0                    | 39.9               | 292      | 214.6                         | 320.4                    | 32.0            |
| 3.175                                                                             | 0.125                                                                                                                                            |                                                                                                     | 833      | 612.1                         | 681.6                    |                 | 678         | 498.2                         | 498.8                    |                    | 409      | 300.6                         | 400.5                    |                 |
| 3.810                                                                             | 0.150                                                                                                                                            |                                                                                                     | 1031     | 757.7                         | 817.9                    |                 | 843         | 619.5                         | 598.6                    |                    | 508      | 373.3                         | 480.6                    |                 |
| 4.445                                                                             | 0.175                                                                                                                                            |                                                                                                     | 1209     | 888.5                         | 954.2                    |                 | 942         | 692.3                         | 698.3                    |                    | 593      | 435.8                         | 560.7                    |                 |
| 5.080                                                                             | 0.200                                                                                                                                            | 105.220                                                                                             | 1331     | 978.1                         | 1090.6                   | 72.7            | 1049        | 770.9                         | 798.1                    | 53.2               | 728      | 535.0                         | 640.8                    | 42.7            |
| 7.620                                                                             | 0.300                                                                                                                                            |                                                                                                     | 1657     | 1217.7                        | 1363.2                   |                 | 1352        | 993.5                         | 997.8                    |                    | 980      | 720.2                         | 801.0                    |                 |
| 10.160                                                                            | 0.400                                                                                                                                            |                                                                                                     | 1822     | 1338.9                        | 1523.6                   |                 | 1530        | 1124.4                        | 1115.0                   |                    | 1108     | 814.2                         | 895.2                    |                 |
| 12.700                                                                            | 0.500                                                                                                                                            |                                                                                                     | 1909     | 1402.9                        | 1630.5                   |                 | 1699        | 1248.5                        | 1193.2                   |                    | 1188     | 858.3                         | 958.1                    |                 |

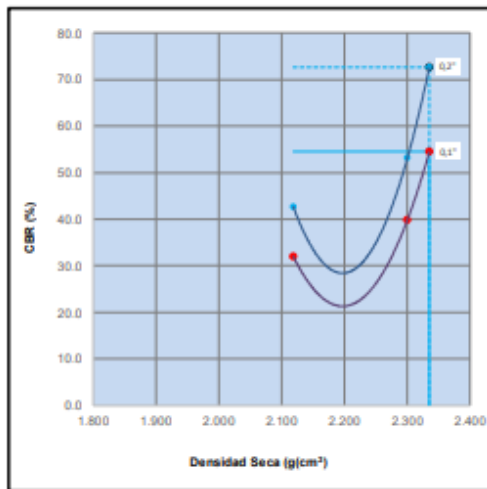


  
**AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL**  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

  
**Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave**  
 Ingeniero Civil  
 Reg. CIP. N° 218968



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : ASTM D-1557

DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.335 CORREGIDO

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.49

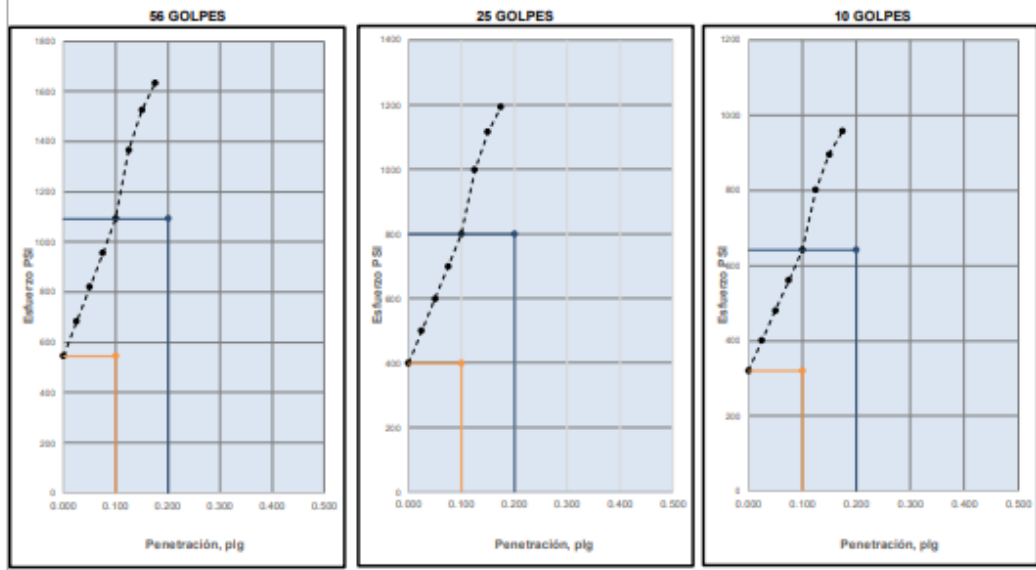
95% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.288

90% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.218

|                                  |    |        |    |
|----------------------------------|----|--------|----|
| C.B.R. al 100% de M.D.S (0.1') : | 55 | 0.2' : | 73 |
| C.B.R. al 98% de M.D.S (0.1') :  | 36 | 0.2' : | 48 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S (0.1') :  | 22 | 0.2' : | 29 |

#### RESULTADOS:

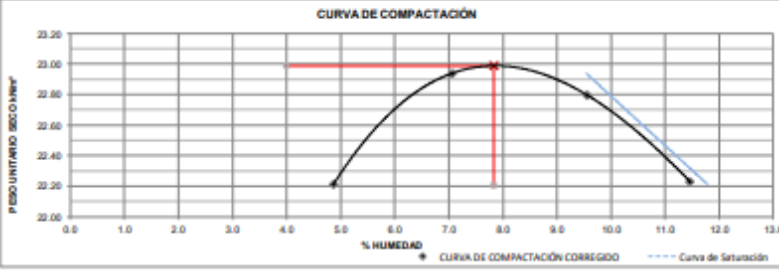
|                                      |   |      |
|--------------------------------------|---|------|
| Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. | = | 55 % |
| Valor de C.B.R. al 98% de la M.D.S.  | = | 36 % |
| Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.  | = | 22 % |



**AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL**  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

**Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave**  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

Ensayo modificado de compactación con ceniza de carbón al 75%

|             |                            | INFORME DE ENSAYO                                                                                                                                |             |                                               |                     |                               |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-----------------------------------------------|---------------------|-------------------------------|
| RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN) |                            |                                                                                                                                                  |             |                                               |                     |                               |
| NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557                                                      |                            |                                                                                                                                                  |             |                                               |                     |                               |
| NOMBRE CLIENTE:                                                                              |                            | DIEGO GÓMEZ, ESTHER                                                                                                                              |             |                                               |                     |                               |
| OBRA/PROYECTO:                                                                               |                            | ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024 |             |                                               |                     |                               |
| LOCALIZACIÓN:                                                                                |                            | PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO                                                                                                        |             |                                               | FECHA DE ENSAYO     | DICIEMBRE DEL 2024            |
| DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                                                                    |                            | MUESTRA DE SUELO CON CENIZA DE CARBÓN AL 75%                                                                                                     |             |                                               | CALICATA No:        | C-2                           |
| REQUIERE CORRECCIÓN SOBRETAMAÑOS                                                             | FRACCIÓN                   | PORCENTAJE DE FRACCIÓN                                                                                                                           | HUMEDAD (%) | HUMEDAD CORREGIDA                             | GRAVEDAD ESPECÍFICA | GRAVEDAD ESPECÍFICA PONDERADA |
| SI                                                                                           | GRUESA P <sub>20</sub> (%) | 38                                                                                                                                               | 6.3         | 7.1                                           | 2.7                 | 2.73                          |
|                                                                                              | FINA P <sub>20</sub> (%)   | 62                                                                                                                                               | 7.6         |                                               | 2.75                |                               |
| COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS                                                                 |                            |                                                                                                                                                  |             | MÉTODO DE ENSAYO:                             |                     | A                             |
| PRUEBA                                                                                       | Und                        | 1                                                                                                                                                | 2           | 3                                             | 4                   |                               |
| MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"                                                           | g                          | 6000                                                                                                                                             | 6000        | 6000                                          | 6000                |                               |
| NUMERO DE GOLPES POR CAPA                                                                    | No                         | 56                                                                                                                                               | 56          | 56                                            | 56                  |                               |
| NUMERO DE MOLDE                                                                              | No                         | 4                                                                                                                                                | 4           | 4                                             | 4                   |                               |
| VOLUMEN MOLDE                                                                                | cm <sup>3</sup>            | 2050                                                                                                                                             | 2050        | 2050                                          | 2050                |                               |
| MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE                                                                  | g                          | 6673                                                                                                                                             | 6666        | 7052                                          | 6957                |                               |
| MASA DEL MOLDE                                                                               | g                          | 2240                                                                                                                                             | 2240        | 2240                                          | 2240                |                               |
| MASA MUESTRA HUMEDA                                                                          | g                          | 4433                                                                                                                                             | 4746        | 4812                                          | 4717                |                               |
| HUMEDAD DE COMPACTACIÓN                                                                      |                            |                                                                                                                                                  |             |                                               |                     |                               |
| NUMERO DE RECIPIENTE                                                                         | No                         | 7                                                                                                                                                | 13          | 15                                            | 18                  |                               |
| MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE                                                                  | g                          | 548.5                                                                                                                                            | 646.4       | 580.6                                         | 580.6               |                               |
| MASA MUESTRA SECA Y MOLDE                                                                    | g                          | 525.7                                                                                                                                            | 608.2       | 535.9                                         | 527.9               |                               |
| MASA DEL MOLDE                                                                               | g                          | 57.4                                                                                                                                             | 67.0        | 68.0                                          | 68.0                |                               |
| MASA DEL AGUA                                                                                | g                          | 22.8                                                                                                                                             | 38.2        | 44.7                                          | 52.7                |                               |
| MASA DE LA MUESTRA SECA                                                                      | g                          | 468.3                                                                                                                                            | 541.2       | 467.9                                         | 460                 |                               |
| % de HUMEDAD                                                                                 | %                          | 4.9                                                                                                                                              | 7.1         | 9.6                                           | 11.5                |                               |
| DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECIMENES                                         |                            |                                                                                                                                                  |             |                                               |                     |                               |
| DENSIDAD HUMEDA                                                                              | g/cm <sup>3</sup>          | 2.162                                                                                                                                            | 2.315       | 2.347                                         | 2.301               |                               |
| DENSIDAD SECA                                                                                | g/cm <sup>3</sup>          | 2.062                                                                                                                                            | 2.162       | 2.143                                         | 2.1                 |                               |
| PESO UNITARIO SECO                                                                           | kNm <sup>3</sup>           | 20.22                                                                                                                                            | 21.21       | 21.01                                         | 20.24               |                               |
|                                                                                              | lbftpie <sup>3</sup>       | 128.73                                                                                                                                           | 135.00      | 133.76                                        | 128.68              |                               |
| PESO UNITARIO SECO (CORREGIDO POR SOBRETAMAÑOS)                                              | kNm <sup>3</sup>           | 22.21                                                                                                                                            | 22.94       | 22.80                                         | 22.23               |                               |
| HUMEDAD DE SATURACIÓN                                                                        |                            |                                                                                                                                                  |             |                                               |                     |                               |
| HUMEDAD DE SATURACIÓN                                                                        | %                          | 11.8                                                                                                                                             | 9.5         | 10.0                                          | 11.7                |                               |
|          |                            |                                                                                                                                                  |             |                                               |                     |                               |
|                                                                                              |                            |                                                                                                                                                  |             | <b>PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO</b>    |                     |                               |
|                                                                                              |                            |                                                                                                                                                  |             | 22.99 kNm <sup>3</sup>                        |                     |                               |
|                                                                                              |                            |                                                                                                                                                  |             | 2344 kg/m <sup>3</sup>                        |                     |                               |
|                                                                                              |                            |                                                                                                                                                  |             | <b>HUMEDAD ÓPTIMA (%)</b>                     |                     |                               |
|                                                                                              |                            |                                                                                                                                                  |             | 7.1                                           |                     |                               |
|                                                                                              |                            |                                                                                                                                                  |             | <b>PESO UNITARIO SECO MÁXIMO SIN CORREGIR</b> |                     |                               |
|                                                                                              |                            |                                                                                                                                                  |             | 21.27 kNm <sup>3</sup>                        |                     |                               |
|                                                                                              |                            |                                                                                                                                                  |             | 2169 kg/m <sup>3</sup>                        |                     |                               |

  
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

  
Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

Ensayo de CBR con ceniza de carbón al 75% (M-1)

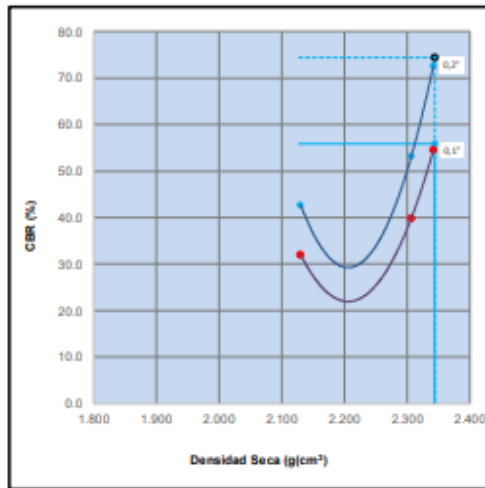
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |             |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |          |       |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|----------|-------|------|
|                                                                                | MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO |             |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |          |       |      |
| ASTM D-1583                                                                                                                                                     |                                                                                                     |             |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |          |       |      |
| NOMBRE CLIENTE: DIEGO GÓMEZ, ESTHER                                                                                                                             |                                                                                                     |             |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |          |       |      |
| OBRA/PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024 |                                                                                                     |             |              |                               |                          |              |                               | FECHA DE ENSAYO :        |              | DICIEMBRE DEL 2024            |                          |          |       |      |
| LOCALIZACIÓN: PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO                                                                                                         |                                                                                                     |             |              |                               |                          |              |                               | CALICATA No. :           |              | C-2                           |                          |          |       |      |
| DESCRIPCIÓN: MUESTRA DE SUELO CON CENIZA DE CARBÓN AL 75%                                                                                                       |                                                                                                     |             |              |                               |                          |              |                               | MUESTRA No. :            |              | M-1                           |                          |          |       |      |
| COMPACTACIÓN                                                                                                                                                    |                                                                                                     |             |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |          |       |      |
| Molde N°                                                                                                                                                        |                                                                                                     | 1           |              |                               | 2                        |              |                               | 3                        |              |                               |                          |          |       |      |
| Capas N°                                                                                                                                                        |                                                                                                     | 5           |              |                               | 5                        |              |                               | 5                        |              |                               |                          |          |       |      |
| Golpes por Capa N°                                                                                                                                              |                                                                                                     | 56          |              |                               | 25                       |              |                               | 18                       |              |                               |                          |          |       |      |
| Condición de la muestra                                                                                                                                         |                                                                                                     | NO SATURADO |              | SATURADO                      |                          | NO SATURADO  |                               | SATURADO                 |              | NO SATURADO                   |                          | SATURADO |       |      |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g)                                                                                                                                |                                                                                                     | 13493.00    |              |                               |                          | 13571.00     |                               |                          |              | 12460.00                      |                          |          |       |      |
| Peso de molde (g)                                                                                                                                               |                                                                                                     | 8472.00     |              |                               |                          | 8767.00      |                               |                          |              | 8100.00                       |                          |          |       |      |
| Peso del Suelo húmedo (g)                                                                                                                                       |                                                                                                     | 5021.00     |              |                               |                          | 4804.00      |                               |                          |              | 4360.00                       |                          |          |       |      |
| Volumen del molde (cm³)                                                                                                                                         |                                                                                                     | 2127.00     |              |                               |                          | 2114.00      |                               |                          |              | 2116.00                       |                          |          |       |      |
| Densidad húmeda (g/cm³)                                                                                                                                         |                                                                                                     | 2.361       |              |                               |                          | 2.272        |                               |                          |              | 2.060                         |                          |          |       |      |
| Tara (N°)                                                                                                                                                       |                                                                                                     | 1           |              |                               |                          | 2            |                               |                          |              | 3                             |                          |          |       |      |
| Peso suelo húmedo + tara (g)                                                                                                                                    |                                                                                                     | 641.80      |              |                               |                          | 638.45       |                               |                          |              | 723.80                        |                          |          |       |      |
| Peso suelo seco + tara (g)                                                                                                                                      |                                                                                                     | 590.30      |              |                               |                          | 642.30       |                               |                          |              | 669.78                        |                          |          |       |      |
| Peso tara (g)                                                                                                                                                   |                                                                                                     | 17.14       |              |                               |                          | 16.36        |                               |                          |              | 19.16                         |                          |          |       |      |
| Peso de agua (g)                                                                                                                                                |                                                                                                     | 51.50       |              |                               |                          | 45.55        |                               |                          |              | 60.02                         |                          |          |       |      |
| Peso de suelo seco (g)                                                                                                                                          |                                                                                                     | 573.16      |              |                               |                          | 624.52       |                               |                          |              | 650.62                        |                          |          |       |      |
| Contenido de humedad (%)                                                                                                                                        |                                                                                                     | 8.99        |              |                               |                          | 7.29         |                               |                          |              | 9.23                          |                          |          |       |      |
| Densidad seca (g/cm³)                                                                                                                                           |                                                                                                     | 2.166       |              |                               |                          | 2.118        |                               |                          |              | 1.866                         |                          |          |       |      |
| Densidad seca (g/cm³) - Corregido                                                                                                                               |                                                                                                     | 2.342       |              |                               |                          | 2.307        |                               |                          |              | 2.130                         |                          |          |       |      |
| EXPANSIÓN                                                                                                                                                       |                                                                                                     |             |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |          |       |      |
| FECHA                                                                                                                                                           | HORA                                                                                                | TIEMPO      | DIAL         | EXPANSIÓN                     |                          | DIAL         | EXPANSIÓN                     |                          | DIAL         | EXPANSIÓN                     |                          |          |       |      |
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |             |              | mm                            | %                        |              | mm                            | %                        |              | mm                            | %                        |          |       |      |
| 24/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 0           | 0            | 0.000                         | 0                        | 0            | 0.000                         | 0                        | 0            | 0.000                         | 0                        |          |       |      |
| 25/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 24:00       | 9            | 0.090                         | 0.1                      | 15           | 0.190                         | 0.1                      | 18           | 0.180                         | 0.2                      |          |       |      |
| 26/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 48:00       | 13           | 0.130                         | 0.1                      | 18           | 0.180                         | 0.2                      | 22           | 0.220                         | 0.2                      |          |       |      |
| 27/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 72:00       | 16           | 0.160                         | 0.1                      | 22           | 0.220                         | 0.2                      | 24           | 0.240                         | 0.2                      |          |       |      |
| 28/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 96:00       | 20           | 0.200                         | 0.2                      | 25           | 0.250                         | 0.2                      | 27           | 0.270                         | 0.2                      |          |       |      |
| PENETRACIÓN                                                                                                                                                     |                                                                                                     |             |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |          |       |      |
| PENETRACIÓN                                                                                                                                                     | CARGA ESTAND.                                                                                       | MOLDE N°    | 1            |                               |                          | 2            |                               |                          | 3            |                               |                          |          |       |      |
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |             | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) |          |       |      |
| mm                                                                                                                                                              | pulg.                                                                                               | kgf/cm²     |              |                               |                          |              |                               |                          |              |                               |                          |          |       |      |
| 0.000                                                                                                                                                           | 0.000                                                                                               |             | 0            | 0.0                           | 0.0                      | 0            | 0.0                           | 0.0                      | 0            | 0.0                           | 0.0                      |          |       |      |
| 0.635                                                                                                                                                           | 0.025                                                                                               |             | 98           | 72.0                          | 136.3                    | 120          | 88.2                          | 99.8                     | 56           | 41.2                          | 80.1                     |          |       |      |
| 1.270                                                                                                                                                           | 0.050                                                                                               |             | 132          | 97.0                          | 272.6                    | 103          | 141.8                         | 199.5                    | 110          | 80.8                          | 160.2                    |          |       |      |
| 1.905                                                                                                                                                           | 0.075                                                                                               |             | 330          | 242.5                         | 409.0                    | 160          | 117.6                         | 299.3                    | 164          | 120.5                         | 240.3                    |          |       |      |
| 2.540                                                                                                                                                           | 0.100                                                                                               | 70.436      | 592          | 435.0                         | 545.3                    | 54.5         | 510                           | 374.8                    | 399.0        | 39.9                          | 296                      | 217.5    | 320.4 | 32.0 |
| 3.175                                                                                                                                                           | 0.125                                                                                               |             | 836          | 614.4                         | 681.6                    |              | 662                           | 501.2                    | 498.8        |                               | 413                      | 303.5    | 400.5 |      |
| 3.810                                                                                                                                                           | 0.150                                                                                               |             | 1034         | 759.9                         | 817.9                    |              | 847                           | 622.4                    | 598.6        |                               | 512                      | 376.3    | 480.6 |      |
| 4.445                                                                                                                                                           | 0.175                                                                                               |             | 1212         | 890.7                         | 954.2                    |              | 946                           | 695.2                    | 698.3        |                               | 597                      | 438.7    | 560.7 |      |
| 5.080                                                                                                                                                           | 0.200                                                                                               | 105.220     | 1334         | 980.3                         | 1095.6                   | 72.7         | 1053                          | 773.8                    | 798.1        | 53.2                          | 732                      | 537.9    | 640.8 | 42.7 |
| 7.620                                                                                                                                                           | 0.300                                                                                               |             | 1660         | 1219.9                        | 1363.2                   |              | 1356                          | 996.5                    | 997.6        |                               | 984                      | 723.1    | 801.0 |      |
| 10.160                                                                                                                                                          | 0.400                                                                                               |             | 1625         | 1341.1                        | 1523.6                   |              | 1534                          | 1127.3                   | 1115.0       |                               | 1112                     | 817.2    | 895.2 |      |
| 12.700                                                                                                                                                          | 0.500                                                                                               |             | 1912         | 1405.1                        | 1630.5                   |              | 1703                          | 1251.5                   | 1193.2       |                               | 1172                     | 861.3    | 958.1 |      |

  
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

  
Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218958



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



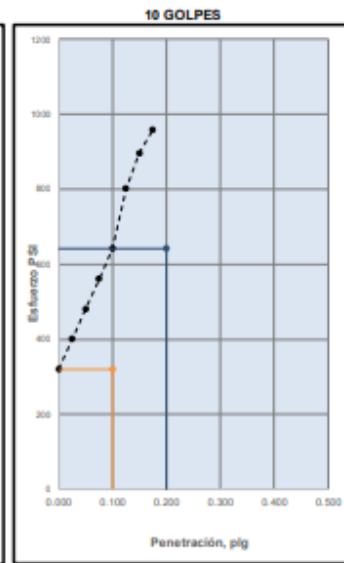
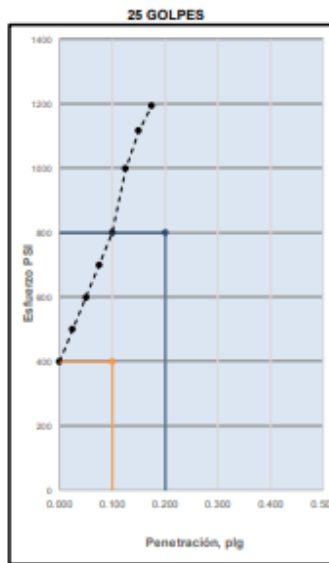
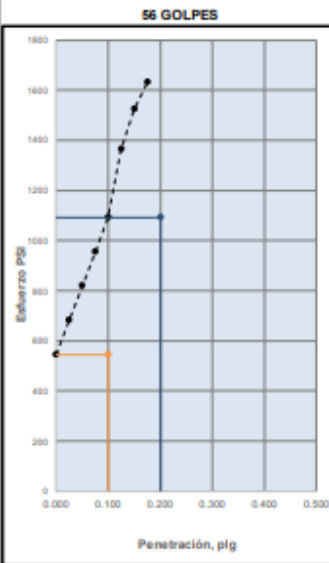
|                                  |   |                 |
|----------------------------------|---|-----------------|
| MÉTODO DE COMPACTACIÓN           | : | ASTM D-1557     |
| DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³)     | : | 2.344 CORREGIDO |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)  | : | 7.83            |
| 95% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) | : | 2.297           |
| 90% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) | : | 2.227           |

|                                |   |    |      |   |    |
|--------------------------------|---|----|------|---|----|
| C.B.R. al 100% de M.D.S (0.1') | : | 56 | 0.2' | : | 74 |
| C.B.R. al 98% de M.D.S (0.1')  | : | 37 | 0.2' | : | 49 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S (0.1')  | : | 23 | 0.2' | : | 38 |

**RESULTADOS:**

|                                      |   |      |
|--------------------------------------|---|------|
| Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. | = | 56 % |
| Valor de C.B.R. al 98% de la M.D.S.  | = | 37 % |
| Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.  | = | 23 % |



**AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL**  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

**Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave**  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

# Ensayo de CBR con ceniza de carbón al 75% (M-2)

|                                   |       |                                                                                                                                                  |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
|-----------------------------------|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|
|                                   |       | MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO                                              |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| ASTM D-1883                       |       |                                                                                                                                                  |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| NOMBRE CLIENTE:                   |       | DIEGO GÓMEZ, ESTHER                                                                                                                              |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| OBRA/PROYECTO:                    |       | ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024 |              |                               |                          |                 |              |                               | FECHA DE ENSAYO :        |                 | DICIEMBRE DEL 2024 |                               |                          |                 |
| LOCALIZACIÓN:                     |       | PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO                                                                                                        |              |                               |                          |                 |              |                               | CALICATA No. :           |                 | C-2                |                               |                          |                 |
| DESCRIPCIÓN:                      |       | MUESTRA DE SUELO CON CENIZA DE CARBÓN AL 75%                                                                                                     |              |                               |                          |                 |              |                               | MUESTRA No. :            |                 | M-2                |                               |                          |                 |
| COMPACTACIÓN                      |       |                                                                                                                                                  |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| Molde N°                          |       | 1                                                                                                                                                |              |                               | 2                        |                 |              | 3                             |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| Capas N°                          |       | 5                                                                                                                                                |              |                               | 5                        |                 |              | 5                             |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| Golpes por Capa N°                |       | 56                                                                                                                                               |              |                               | 25                       |                 |              | 19                            |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| Condición de la muestra           |       | NO SATURADO                                                                                                                                      |              | SATURADO                      | NO SATURADO              |                 | SATURADO     | NO SATURADO                   |                          | SATURADO        |                    |                               |                          |                 |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g)  |       | 13489.00                                                                                                                                         |              |                               | 13561.00                 |                 |              | 13458.00                      |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| Peso de molde (g)                 |       | 8472.00                                                                                                                                          |              |                               | 8767.00                  |                 |              | 8100.00                       |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| Peso del Suelo húmedo (g)         |       | 5017.00                                                                                                                                          |              |                               | 4794.00                  |                 |              | 4358.00                       |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| Volumen del molde (cm³)           |       | 2127.00                                                                                                                                          |              |                               | 2114.00                  |                 |              | 2116.00                       |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| Densidad húmeda (g/cm³)           |       | 2.369                                                                                                                                            |              |                               | 2.268                    |                 |              | 2.066                         |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| Tara (N°)                         |       | 1                                                                                                                                                |              |                               | 2                        |                 |              | 3                             |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| Peso suelo húmedo + tara (g)      |       | 642.30                                                                                                                                           |              |                               | 688.95                   |                 |              | 730.30                        |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| Peso suelo seco + tara (g)        |       | 590.80                                                                                                                                           |              |                               | 643.40                   |                 |              | 670.28                        |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| Peso tara (g)                     |       | 17.34                                                                                                                                            |              |                               | 18.58                    |                 |              | 19.36                         |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| Peso de agua (g)                  |       | 51.50                                                                                                                                            |              |                               | 45.55                    |                 |              | 60.02                         |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| Peso de suelo seco (g)            |       | 573.46                                                                                                                                           |              |                               | 624.82                   |                 |              | 650.92                        |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| Contenido de humedad (%)          |       | 8.98                                                                                                                                             |              |                               | 7.29                     |                 |              | 9.22                          |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| Densidad seca (g/cm³)             |       | 2.164                                                                                                                                            |              |                               | 2.114                    |                 |              | 1.886                         |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| Densidad seca (g/cm³) - Corregido |       | 2.346                                                                                                                                            |              |                               | 2.303                    |                 |              | 2.129                         |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| EXPANSIÓN                         |       |                                                                                                                                                  |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| FECHA                             | HORA  | TIEMPO                                                                                                                                           | DIAL         | EXPANSIÓN                     |                          | DIAL            | EXPANSIÓN    |                               | DIAL                     | EXPANSIÓN       |                    |                               |                          |                 |
|                                   |       |                                                                                                                                                  |              | mm                            | %                        |                 | mm           | %                             |                          | mm              | %                  |                               |                          |                 |
| 24/12/24                          | 10:00 | 0                                                                                                                                                | 0            | 0.000                         | 0                        | 0               | 0.000        | 0                             | 0                        | 0.000           | 0                  |                               |                          |                 |
| 25/12/24                          | 10:00 | 24.00                                                                                                                                            | 9            | 0.090                         | 0.1                      | 15              | 0.190        | 0.1                           | 19                       | 0.190           | 0.2                |                               |                          |                 |
| 26/12/24                          | 10:00 | 48.00                                                                                                                                            | 14           | 0.140                         | 0.1                      | 19              | 0.190        | 0.2                           | 23                       | 0.230           | 0.2                |                               |                          |                 |
| 27/12/24                          | 10:00 | 72.00                                                                                                                                            | 16           | 0.160                         | 0.1                      | 23              | 0.230        | 0.2                           | 25                       | 0.250           | 0.2                |                               |                          |                 |
| 28/12/24                          | 10:00 | 96.00                                                                                                                                            | 21           | 0.210                         | 0.2                      | 26              | 0.260        | 0.2                           | 29                       | 0.290           | 0.2                |                               |                          |                 |
|                                   |       |                                                                                                                                                  |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| PENETRACIÓN                       |       |                                                                                                                                                  |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                 |                    |                               |                          |                 |
| PENETRACIÓN                       |       | CARGA ESTAND.                                                                                                                                    | MOLDE N°     |                               |                          | 1               | MOLDE N°     |                               |                          | 2               | MOLDE N°           |                               |                          | 3               |
| mm                                | pulg. | kg/cm2                                                                                                                                           | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido | lecturas Kgf       | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido |
| 0.000                             | 0.000 |                                                                                                                                                  | 0            | 0.0                           | 0.0                      |                 | 0            | 0.0                           | 0.0                      |                 | 0                  | 0.0                           | 0.0                      |                 |
| 0.635                             | 0.025 |                                                                                                                                                  | 99           | 72.8                          | 136.3                    |                 | 121          | 88.9                          | 99.8                     |                 | 57                 | 41.9                          | 80.1                     |                 |
| 1.270                             | 0.050 |                                                                                                                                                  | 133          | 97.7                          | 272.6                    |                 | 194          | 142.6                         | 199.5                    |                 | 111                | 81.6                          | 160.2                    |                 |
| 1.905                             | 0.075 |                                                                                                                                                  | 331          | 243.2                         | 409.0                    |                 | 161          | 118.3                         | 299.3                    |                 | 165                | 121.3                         | 240.3                    |                 |
| 2.540                             | 0.100 | 70.436                                                                                                                                           | 593          | 435.8                         | 545.3                    | 54.5            | 511          | 375.5                         | 399.0                    | 39.9            | 297                | 218.3                         | 320.4                    | 32.0            |
| 3.175                             | 0.125 |                                                                                                                                                  | 837          | 615.1                         | 681.6                    |                 | 683          | 501.9                         | 498.8                    |                 | 414                | 304.2                         | 405.5                    |                 |
| 3.810                             | 0.150 |                                                                                                                                                  | 1035         | 760.6                         | 817.9                    |                 | 848          | 623.2                         | 598.6                    |                 | 513                | 377.0                         | 480.6                    |                 |
| 4.445                             | 0.175 |                                                                                                                                                  | 1213         | 891.4                         | 954.2                    |                 | 947          | 695.9                         | 696.3                    |                 | 598                | 439.5                         | 560.7                    |                 |
| 5.080                             | 0.200 | 105.220                                                                                                                                          | 1335         | 981.1                         | 1090.6                   | 72.7            | 1054         | 774.6                         | 798.1                    | 63.2            | 733                | 538.7                         | 640.8                    | 42.7            |
| 7.620                             | 0.300 |                                                                                                                                                  | 1661         | 1220.6                        | 1363.2                   |                 | 1367         | 997.2                         | 997.6                    |                 | 985                | 723.9                         | 801.0                    |                 |
| 10.160                            | 0.400 |                                                                                                                                                  | 1826         | 1341.9                        | 1523.6                   |                 | 1535         | 1128.0                        | 1115.0                   |                 | 1113               | 817.9                         | 895.2                    |                 |
| 12.700                            | 0.500 |                                                                                                                                                  | 1913         | 1405.8                        | 1630.5                   |                 | 1704         | 1252.2                        | 1193.2                   |                 | 1173               | 862.0                         | 958.1                    |                 |

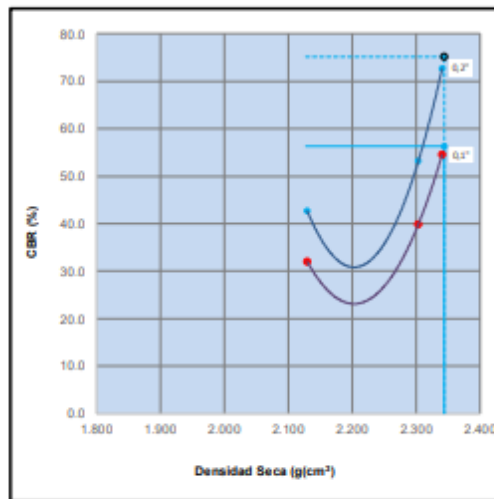


AGUIÑO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Palcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968



**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

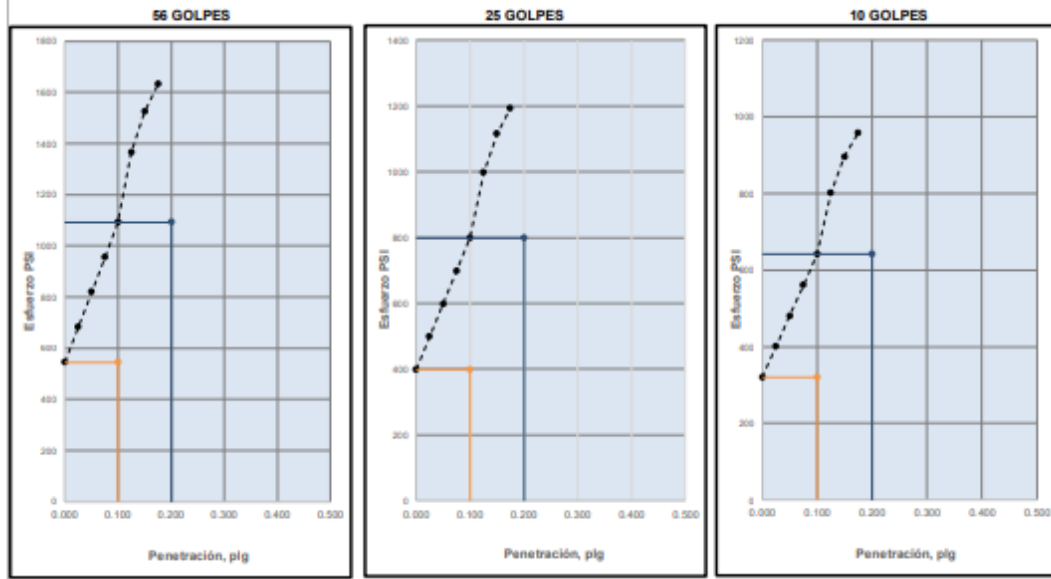


MÉTODO DE COMPACTACIÓN : ASTM D-1557  
 DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.344 CORREGIDO  
 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 7.83  
 95% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.297 95%  
 90% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) : 2.227 95%

|                                  |    |        |    |
|----------------------------------|----|--------|----|
| C.B.R. al 100% de M.D.S (0.1') : | 56 | 0.2' : | 75 |
| C.B.R. al 98% de M.D.S (0.1') :  | 38 | 0.2' : | 51 |
| C.B.R. al 95% de M.D.S (0.1') :  | 24 | 0.2' : | 32 |

**RESULTADOS:**

|                                      |   |      |
|--------------------------------------|---|------|
| Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. | = | 56 % |
| Valor de C.B.R. al 98% de la M.D.S.  | = | 38 % |
| Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.  | = | 24 % |



**MONTAÑA**  
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave*  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

Ensayo de CBR con ceniza de carbón al 75% (M-3)

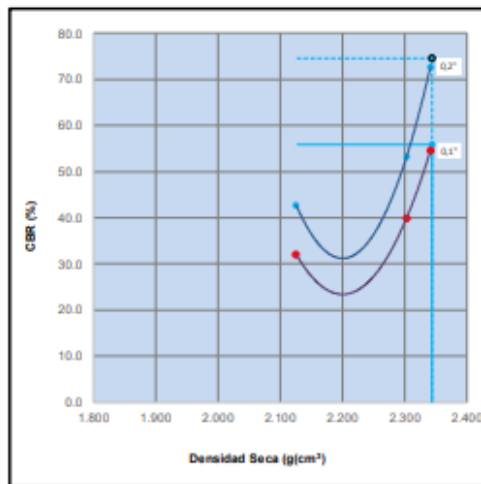
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |               |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|--------------|-------------------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------|
|                                                                                | MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO |               |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| ASTM D-1883                                                                                                                                                     |                                                                                                     |               |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| NOMBRE CLIENTE: DIEGO GÓMEZ, ESTHER                                                                                                                             |                                                                                                     |               |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| OBRA/PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024 |                                                                                                     |               |              |                               |                          |                 |              |                               |                          | FECHA DE ENSAYO : | DICIEMBRE DEL 2024 |                               |                          |                 |
| LOCALIZACIÓN: PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO                                                                                                         |                                                                                                     |               |              |                               |                          |                 |              |                               |                          | CALICATA No. :    | C-2                |                               |                          |                 |
| DESCRIPCIÓN: MUESTRA DE SUELO CON CENIZA DE CARBÓN AL 75%                                                                                                       |                                                                                                     |               |              |                               |                          |                 |              |                               |                          | MUESTRA No. :     | M-3                |                               |                          |                 |
| COMPACTACIÓN                                                                                                                                                    |                                                                                                     |               |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| Molde N°                                                                                                                                                        | 1                                                                                                   |               |              | 2                             |                          |                 | 3            |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| Capas N°                                                                                                                                                        | 5                                                                                                   |               |              | 5                             |                          |                 | 5            |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| Golpes por Capa N°                                                                                                                                              | 96                                                                                                  |               |              | 25                            |                          |                 | 58           |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| Condición de la muestra                                                                                                                                         | NO SATURADO                                                                                         |               | SATURADO     | NO SATURADO                   |                          | SATURADO        | NO SATURADO  |                               | SATURADO                 |                   |                    |                               |                          |                 |
| Peso de molde + Suelo húmedo (g)                                                                                                                                | 13491.00                                                                                            |               |              | 13559.00                      |                          |                 | 12447.00     |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| Peso de molde (g)                                                                                                                                               | 8472.00                                                                                             |               |              | 8767.00                       |                          |                 | 8100.00      |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| Peso del Suelo húmedo (g)                                                                                                                                       | 5019.00                                                                                             |               |              | 4792.00                       |                          |                 | 4347.00      |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| Volumen del molde (cm³)                                                                                                                                         | 2127.00                                                                                             |               |              | 2114.00                       |                          |                 | 2116.00      |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| Densidad húmeda (g/cm³)                                                                                                                                         | 2.368                                                                                               |               |              | 2.267                         |                          |                 | 2.054        |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| Tara (N°)                                                                                                                                                       | 1                                                                                                   |               |              | 2                             |                          |                 | 3            |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| Peso suelo húmedo + tara (g)                                                                                                                                    | 842.31                                                                                              |               |              | 688.98                        |                          |                 | 730.37       |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| Peso suelo seco + tara (g)                                                                                                                                      | 590.85                                                                                              |               |              | 643.44                        |                          |                 | 670.34       |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| Peso tara (g)                                                                                                                                                   | 17.42                                                                                               |               |              | 18.07                         |                          |                 | 19.44        |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| Peso de agua (g)                                                                                                                                                | 51.46                                                                                               |               |              | 45.54                         |                          |                 | 60.03        |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| Peso de suelo seco (g)                                                                                                                                          | 573.43                                                                                              |               |              | 624.77                        |                          |                 | 650.90       |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| Contenido de humedad (%)                                                                                                                                        | 8.97                                                                                                |               |              | 7.29                          |                          |                 | 9.22         |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| Densidad seca (g/cm³)                                                                                                                                           | 2.165                                                                                               |               |              | 2.113                         |                          |                 | 1.881        |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| Densidad seca (g/cm³) - Corregido                                                                                                                               | 2.341                                                                                               |               |              | 2.303                         |                          |                 | 2.126        |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| EXPANSIÓN                                                                                                                                                       |                                                                                                     |               |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| FECHA                                                                                                                                                           | HORA                                                                                                | TIEMPO        | DIAL         | EXPANSIÓN                     |                          | DIAL            | EXPANSIÓN    |                               | DIAL                     | EXPANSIÓN         |                    |                               |                          |                 |
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |               |              | mm                            | %                        |                 | mm           | %                             |                          | mm                | %                  |                               |                          |                 |
| 24/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 0             | 0            | 0.000                         | 0                        | 0               | 0.000        | 0                             | 0                        | 0.000             | 0                  |                               |                          |                 |
| 25/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 24.00         | 8            | 0.080                         | 0.1                      | 14              | 0.140        | 0.1                           | 20                       | 0.200             | 0.2                |                               |                          |                 |
| 26/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 48.00         | 13           | 0.130                         | 0.1                      | 19              | 0.190        | 0.2                           | 23                       | 0.230             | 0.2                |                               |                          |                 |
| 27/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 72.00         | 16           | 0.160                         | 0.1                      | 24              | 0.240        | 0.2                           | 26                       | 0.260             | 0.2                |                               |                          |                 |
| 28/12/24                                                                                                                                                        | 10:00                                                                                               | 96.00         | 20           | 0.200                         | 0.2                      | 27              | 0.270        | 0.2                           | 29                       | 0.290             | 0.2                |                               |                          |                 |
| PENETRACIÓN                                                                                                                                                     |                                                                                                     |               |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| PENETRACIÓN                                                                                                                                                     |                                                                                                     | CARGA ESTAND. | MOLDE N°     |                               |                          | 1               | MOLDE N°     |                               |                          | 2                 | MOLDE N°           |                               |                          | 3               |
|                                                                                                                                                                 |                                                                                                     |               | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido | lecturas Kgf | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido   | lecturas Kgf       | Esfuerzo PSI (sin corrección) | Esfuerzo PSI (corregido) | CBR % Corregido |
| mm                                                                                                                                                              | pulg.                                                                                               | kg/cm2        |              |                               |                          |                 |              |                               |                          |                   |                    |                               |                          |                 |
| 0.000                                                                                                                                                           | 0.000                                                                                               |               | 0            | 0.0                           | 0.0                      |                 | 0            | 0.0                           | 0.0                      |                   | 0                  | 0.0                           | 0.0                      |                 |
| 0.635                                                                                                                                                           | 0.025                                                                                               |               | 98           | 72.0                          | 136.3                    |                 | 121          | 88.9                          | 99.8                     |                   | 56                 | 41.2                          | 80.1                     |                 |
| 1.270                                                                                                                                                           | 0.050                                                                                               |               | 132          | 97.0                          | 272.6                    |                 | 194          | 142.6                         | 199.5                    |                   | 110                | 80.8                          | 160.2                    |                 |
| 1.905                                                                                                                                                           | 0.075                                                                                               |               | 330          | 242.5                         | 409.0                    |                 | 161          | 118.3                         | 299.3                    |                   | 164                | 120.5                         | 240.3                    |                 |
| 2.540                                                                                                                                                           | 0.100                                                                                               | 79.436        | 592          | 435.0                         | 545.3                    | 54.5            | 511          | 375.5                         | 399.0                    | 39.9              | 296                | 217.5                         | 320.4                    | 32.0            |
| 3.175                                                                                                                                                           | 0.125                                                                                               |               | 836          | 614.4                         | 681.6                    |                 | 683          | 501.9                         | 498.8                    |                   | 413                | 303.5                         | 400.5                    |                 |
| 3.810                                                                                                                                                           | 0.150                                                                                               |               | 1034         | 759.9                         | 817.9                    |                 | 848          | 623.2                         | 598.6                    |                   | 512                | 376.3                         | 488.6                    |                 |
| 4.445                                                                                                                                                           | 0.175                                                                                               |               | 1212         | 890.7                         | 954.2                    |                 | 947          | 696.9                         | 698.3                    |                   | 597                | 438.7                         | 560.7                    |                 |
| 5.080                                                                                                                                                           | 0.200                                                                                               | 105.220       | 1334         | 980.3                         | 1090.6                   | 72.7            | 1054         | 774.6                         | 798.1                    | 53.2              | 732                | 537.9                         | 640.8                    | 42.7            |
| 7.620                                                                                                                                                           | 0.300                                                                                               |               | 1660         | 1219.9                        | 1363.2                   |                 | 1357         | 997.2                         | 997.6                    |                   | 984                | 723.1                         | 801.0                    |                 |
| 10.160                                                                                                                                                          | 0.400                                                                                               |               | 1825         | 1341.1                        | 1523.6                   |                 | 1535         | 1128.0                        | 1115.0                   |                   | 1112               | 817.2                         | 895.2                    |                 |
| 12.700                                                                                                                                                          | 0.500                                                                                               |               | 1912         | 1405.1                        | 1630.5                   |                 | 1704         | 1252.2                        | 1193.2                   |                   | 1172               | 861.3                         | 958.1                    |                 |

  
**MONTAÑA**  
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

  
Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968



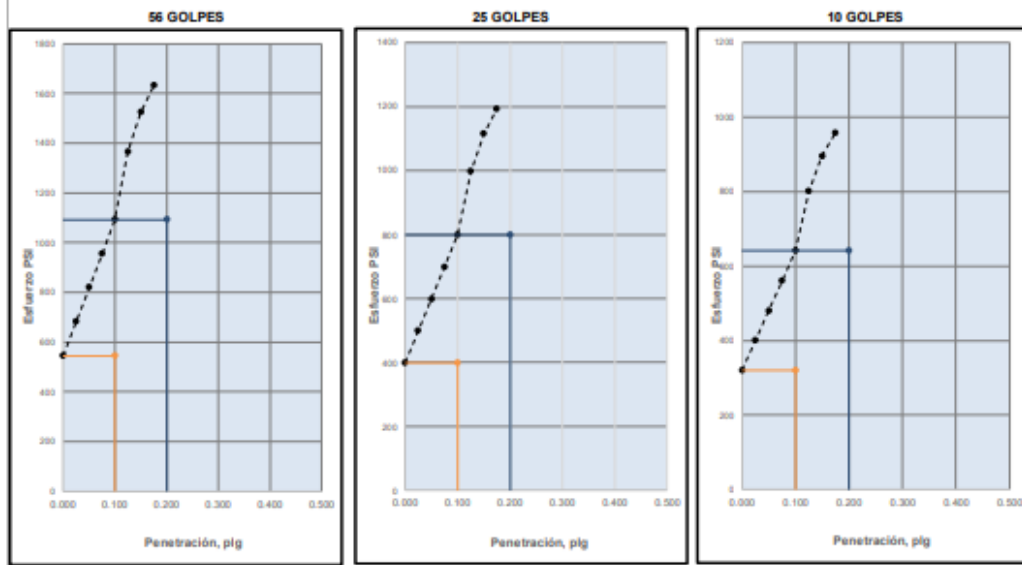
**MONTAÑA**  
LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTOS



|                                  |   |                 |
|----------------------------------|---|-----------------|
| MÉTODO DE COMPACTACIÓN           | : | ASTM D-1557     |
| DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³)     | : | 2.344 CORREGIDO |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)  | : | 7.83            |
| 95% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) | : | 2.297           |
| 90% DENSIDAD MÁXIMA SECA (g/cm³) | : | 2.227           |
| C.B.R. al 100% de M.D.S (0.1")   | : | 56              |
| C.B.R. al 95% de M.D.S (0.1")    | : | 38              |
| C.B.R. al 90% de M.D.S (0.1")    | : | 25              |
| C.B.R. al 100% de M.D.S (0.2")   | : | 75              |
| C.B.R. al 95% de M.D.S (0.2")    | : | 51              |
| C.B.R. al 90% de M.D.S (0.2")    | : | 33              |

**RESULTADOS:**

|                                      |   |      |
|--------------------------------------|---|------|
| Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. | = | 56 % |
| Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S.  | = | 38 % |
| Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S.  | = | 25 % |



AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

*Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave*  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

## Estratigrafía C-2

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

#### REGISTRO DE EXCAVACION

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024

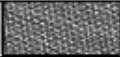
**UBICACIÓN** : PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO

**CALICATA** : C-2

**SOLICITA** : DIEGO GÓMEZ, ESTHER

**FECHA** : DICIEMBRE DEL 2024

| MUESTRA | PROF.<br>(m) | G<br>R<br>A<br>F<br>I<br>C<br>O | DESCRIPCION DEL SUELO                                                                                                                                                                                                                                               | SUCS   |
|---------|--------------|---------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|         |              |                                 | Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de oxidaciones y materiales orgánico, porcentaje estimado de boleas / cantos, etc. | AASHTO |

|      |      |                                                                                    |                                                                |                                                                                     |               |
|------|------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| M-01 | 0.08 |   | Material Organico                                              |  | pt            |
| M-02 | 1.42 |  | 87.52%<br><br>Material, suelo de partículas gruesas con finos. |                                                                                     | CL<br>A-6 (7) |



  
**AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL**  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

  
**Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave**  
 Ingeniero Civil  
 Reg. CIP. N° 218968

## Granulometría C-3.

### LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA

SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO,

HUÁNUCO, 2024

PROYECTO

UBICACIÓN

SOLICITA

CALICATA

FECHA

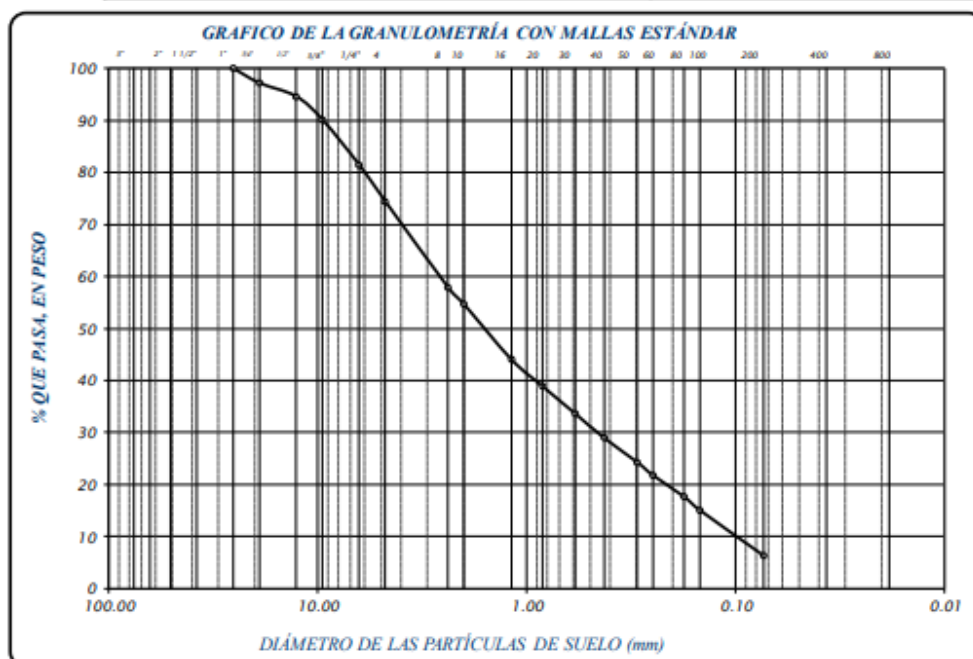
: PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO

: DIEGO GÓMEZ, ESTHER

: C-3

: DICIEMBRE DEL 2024

|                                                                                     | TAMIZ<br>Nº     | DIÁMETRO<br>(mm) | PESO<br>RETENIDO | % RETENIDO<br>PARCIAL | % RETENIDO<br>ACUMULADO | % QUE<br>PASA | TAMAÑO MÁXIMO                                                    |                   |                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|
|                                                                                     |                 |                  |                  |                       |                         |               | muestra húmeda (mo)                                              | muestra seca (ms) | peso de la tara (pt) |
| FRA<br>C<br>C<br>I<br>O<br>N<br>A<br>R<br>E<br>N<br>A<br>G<br>R<br>U<br>E<br>S<br>A | 3"              | 76.200           |                  |                       |                         |               | 3237                                                             | 2676              | 225                  |
|                                                                                     | 2 1/2"          | 63.500           |                  |                       |                         |               | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                                        |                   |                      |
|                                                                                     | 2"              | 50.800           |                  |                       |                         |               | Material de suelo de partículas gruesas con finos equivalente a: |                   |                      |
|                                                                                     | 1 1/2"          | 38.100           |                  |                       |                         |               | 93.59%                                                           |                   |                      |
|                                                                                     | 1"              | 25.400           |                  |                       |                         | 100.00        | LÍMITES DE CONSISTENCIA                                          |                   |                      |
|                                                                                     | 3/4"            | 19.050           | 36.0             | 2.81                  | 2.81                    | 97.19         | Límite Líquido                                                   | =                 | 20.87                |
|                                                                                     | 1/2"            | 12.700           | 33.0             | 2.58                  | 5.39                    | 94.61         | Límite Plástico                                                  | =                 | 14.85                |
|                                                                                     | 3/8"            | 9.525            | 37.0             | 4.46                  | 9.85                    | 90.15         | Índice Plástico                                                  | =                 | 6.02                 |
|                                                                                     | 1/4"            | 6.350            | 111.0            | 8.68                  | 18.53                   | 81.47         | Coefficiente de Curvatura                                        | =                 | N.P.                 |
|                                                                                     | No 4            | 4.750            | 90.0             | 7.04                  | 25.57                   | 74.43         | Coefficiente de Uniformidad                                      | =                 | N.P.                 |
| FRA<br>C<br>C<br>I<br>O<br>N<br>A<br>R<br>E<br>N<br>A<br>F<br>I<br>N<br>A           | ARENA<br>GRUESA | No 8             | 2.380            | 212.0                 | 16.58                   | 42.14         | CLASIFICACIÓN                                                    |                   |                      |
|                                                                                     |                 | No 10            | 2.000            | 41.0                  | 3.21                    | 45.35         | SUCS                                                             | :                 | CL-ML                |
|                                                                                     |                 | No 16            | 1.190            | 133.0                 | 10.56                   | 55.90         | ASHTO                                                            | :                 | A-4 (1)              |
|                                                                                     |                 | No 20            | 0.840            | 67.0                  | 5.24                    | 61.14         | OBSERVACIONES                                                    |                   |                      |
|                                                                                     |                 | No 30            | 0.590            | 66.0                  | 5.16                    | 66.30         | % de grava                                                       | =                 | 25.57%               |
|                                                                                     |                 | No 40            | 0.426            | 61.0                  | 4.77                    | 71.07         | % de arena                                                       | =                 | 68.02%               |
|                                                                                     |                 | No 50            | 0.297            | 59.0                  | 4.61                    | 75.68         | % de limo y arcilla                                              | =                 | 6.41%                |
|                                                                                     |                 | No 60            | 0.250            | 32.0                  | 2.50                    | 78.19         | % de humedad                                                     | =                 | 22.89%               |
|                                                                                     |                 | No 80            | 0.177            | 53.0                  | 4.14                    | 82.53         |                                                                  |                   |                      |
|                                                                                     |                 | No 100           | 0.149            | 33.0                  | 2.58                    | 84.91         |                                                                  |                   |                      |
| FRA<br>C<br>C<br>I<br>O<br>N<br>A<br>R<br>E<br>N<br>A<br>F<br>I<br>N<br>A           | CAZOLETA        | 0.000            | 82.00            | 6.41                  | 100.00                  | 0.00          |                                                                  |                   |                      |
|                                                                                     | TOTAL           |                  | 1279.00          | 100.00                |                         |               |                                                                  |                   |                      |



AQUINO GARCIA KEVIN JOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

## Límite de Atterberg C-3

### LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024

**UBICACIÓN** : PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO

**SOLICITA** : DIEGO GÓMEZ, ESTHER

**CALICATA** : C-3

**FECHA** : DICIEMBRE DEL 2024

#### LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

| Nº DE GOLPES        | 17    | 22    | 26    | 35    |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| Suelo Húmedo + Tamo | 90.84 | 93.91 | 94.89 | 94.13 |
| Suelo seco + Tamo   | 80.64 | 84.16 | 85.28 | 85.34 |
| Peso de Tamo        | 36.32 | 38.61 | 38.47 | 39.67 |
| Peso del Agua       | 10.20 | 9.75  | 9.61  | 8.79  |
| Peso de Suelo Seco  | 44.32 | 45.55 | 46.81 | 45.67 |
| HUMEDAD %           | 23.01 | 21.41 | 20.53 | 19.25 |

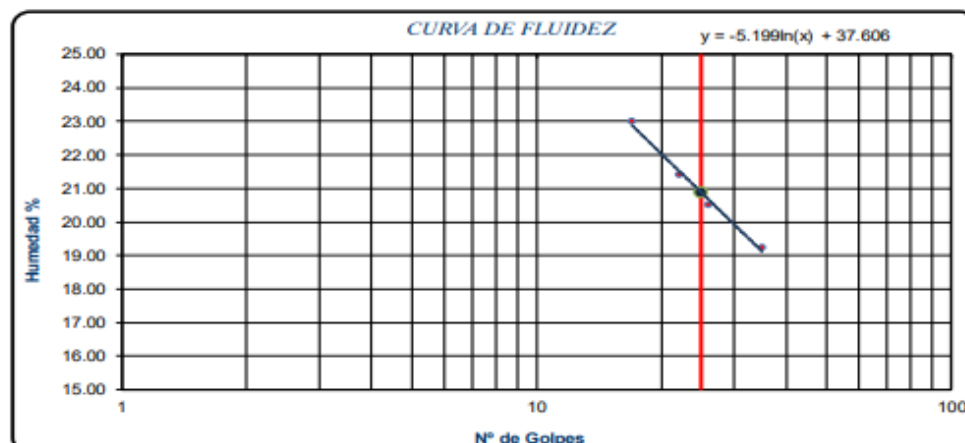
LÍMITE LÍQUIDO : 20.87

LÍMITE PLÁSTICO : 14.85

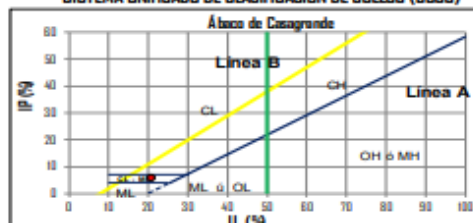
ÍNDICE PLÁSTICO : 6.02

#### LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

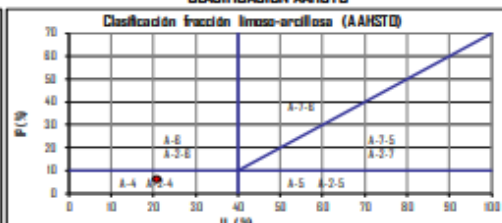
| MUESTRA             | 01    | 02    | 03    |
|---------------------|-------|-------|-------|
| Suelo Húmedo + Tamo | 28.85 | 29.20 | 29.28 |
| Suelo seco + Tamo   | 27.94 | 28.41 | 28.44 |
| Peso de Tamo        | 22.22 | 22.85 | 22.62 |
| Peso del Agua       | 0.91  | 0.79  | 0.84  |
| Peso de Suelo Seco  | 5.72  | 5.56  | 5.82  |
| HUMEDAD %           | 15.91 | 14.21 | 14.43 |



#### SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)



#### CLASIFICACIÓN AASHTO



AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

## Estratigrafía C-3

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

#### REGISTRO DE EXCAVACION

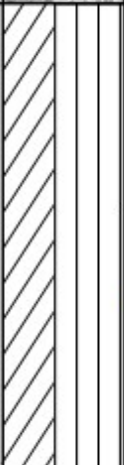
**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024

**UBICACIÓN** : PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO

**CALICATA** : C-3

**SOLICITA** : DIEGO GÓMEZ, ESTHER

**FECHA** : DICIEMBRE DEL 2024

| MUESTRA | PROF.<br>(m) | G<br>R<br>A<br>F<br>I<br>C<br>O                                                     | DESCRIPCION DEL SUELO<br>Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de oxidaciones y materiales orgánico, porcentaje estimado de boleas / cantos, etc. | SUCS<br><br>AASHTO |
|---------|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| M-01    | 0.08         |   | Material Organico                                                                                                                                                                                                                                                                            | pt                 |
| M-02    | 1.42         |  | 93.59%<br><br>Material, suelo de particulas gruesas con finos.                                                                                                                                                                                                                               | CL-ML<br>A-4 (1)   |



  
**AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL**  
 TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
 CONCRETO Y PAVIMENTOS

  
**Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave**  
 Ingeniero Civil  
 Reg. CIP. N° 218968

Granulometría C-4

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA  
SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO,  
HUÁNUCO, 2024

PROYECTO

UBICACIÓN

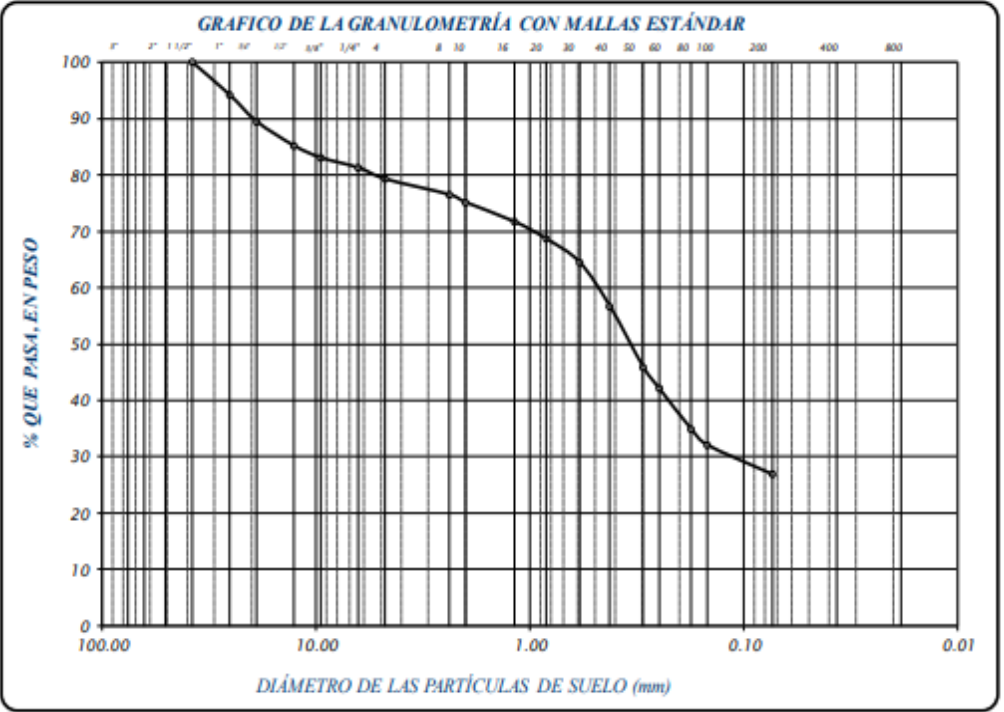
SOLICITA

CALICATA

FECHA

DICIEMBRE DEL 2024

|                     |        | TAMIZ<br>Nº | DIÁMETRO<br>(mm) | PESO<br>RETENIDO | % RETENIDO<br>PARCIAL | % RETENIDO<br>ACUMULADO | % QUE<br>PASA | TAMAÑO MÁXIMO                                                    |                   |                      |
|---------------------|--------|-------------|------------------|------------------|-----------------------|-------------------------|---------------|------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------|
| FRACCIÓN<br>GRUPO A | GRUESA | 3"          | 76.200           |                  |                       |                         |               | muestra húmeda (mb)                                              | muestra seca (ms) | peso de la tara (pt) |
|                     |        | 2 1/2"      | 63.500           |                  |                       |                         |               | 5125                                                             | 4787              | 228                  |
|                     |        | 2"          | 50.800           |                  |                       |                         |               | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA                                        |                   |                      |
|                     |        | 1 1/2"      | 38.100           |                  |                       |                         | 100.00        | Material de suelo de partículas gruesas con finos equivalente a: |                   |                      |
|                     |        | 1"          | 25.400           | 265.0            | 5.81                  | 5.81                    | 94.19         | 73.13%                                                           |                   |                      |
|                     | FINA   | 3/4"        | 19.050           | 214.0            | 4.69                  | 10.51                   | 89.49         | LÍMITES DE CONSISTENCIA                                          |                   |                      |
|                     |        | 1/2"        | 12.700           | 197.0            | 4.32                  | 14.83                   | 85.17         | Límite Líquido                                                   | =                 | 19.21                |
|                     |        | 3/8"        | 9.525            | 96.0             | 2.11                  | 16.93                   | 83.07         | Límite Plástico                                                  | =                 | 15.07                |
|                     |        | 1/4"        | 6.350            | 82.0             | 1.80                  | 18.73                   | 81.27         | Índice Plástico                                                  | =                 | 4.14                 |
|                     |        | No 4        | 4.760            | 91.0             | 2.00                  | 20.73                   | 79.27         | Coefficiente de Curvatura                                        | =                 | N.P.                 |
| FRACCIÓN<br>GRUPO B | GRUESA | No 8        | 2.380            | 127.0            | 2.79                  | 23.51                   | 76.49         | Coefficiente de Uniformidad                                      | =                 | N.P.                 |
|                     |        | No 10       | 2.000            | 83.0             | 1.38                  | 24.90                   | 75.10         | CLASIFICACIÓN                                                    |                   |                      |
|                     |        | No 16       | 1.190            | 154.0            | 3.38                  | 28.27                   | 71.73         | SECS                                                             | :                 | SC-SM                |
|                     |        | No 20       | 0.840            | 141.0            | 3.09                  | 31.37                   | 68.63         | LASIMO                                                           | :                 | A-2-4 (0)            |
|                     |        | No 30       | 0.590            | 187.0            | 4.10                  | 35.47                   | 64.53         | OBSERVACIONES                                                    |                   |                      |
|                     | FINA   | No 40       | 0.426            | 333.0            | 7.79                  | 43.26                   | 56.74         | % de grava                                                       | =                 | 26.73%               |
|                     |        | No 50       | 0.297            | 494.0            | 10.84                 | 54.09                   | 45.91         | % de arena                                                       | =                 | 52.40%               |
|                     |        | No 60       | 0.250            | 174.0            | 3.82                  | 57.91                   | 42.09         | % de limo y arcilla                                              | =                 | 26.87%               |
|                     |        | No 80       | 0.177            | 329.0            | 7.22                  | 65.12                   | 34.88         | % de humedad                                                     | =                 | 7.41%                |
|                     |        | No 100      | 0.149            | 128.0            | 2.81                  | 67.93                   | 32.07         |                                                                  |                   |                      |
|                     |        | CAZOLETA    | 0.060            | 1225.00          | 26.87                 | 100.00                  | 0.00          |                                                                  |                   |                      |
|                     |        | TOTAL       |                  | 4559.00          | 100.00                |                         |               |                                                                  |                   |                      |



AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Folcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

## Límite de Atterberg C-4

### LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA  
SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO  
PRADO, HUÁNUCO, 2024

**UBICACIÓN** : PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO

**SOLICITA** : DIEGO GÓMEZ, ESTHER

**CALICATA** : C-4

**FECHA** : DICIEMBRE DEL 2024

#### LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

| Nº DE GOLPES        | 15    | 21    | 29    | 33    |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|
| Suelo Humedo + Tamo | 95.08 | 94.83 | 94.38 | 88.38 |
| Suelo seco + Tamo   | 84.63 | 85.38 | 85.33 | 80.22 |
| Peso de Tamo        | 35.89 | 37.35 | 35.49 | 36.33 |
| Peso del Agua       | 10.45 | 9.45  | 9.05  | 8.16  |
| Peso de Suelo Seco  | 48.74 | 48.03 | 49.84 | 43.89 |
| HUMEDAD %           | 21.44 | 19.68 | 18.16 | 18.59 |

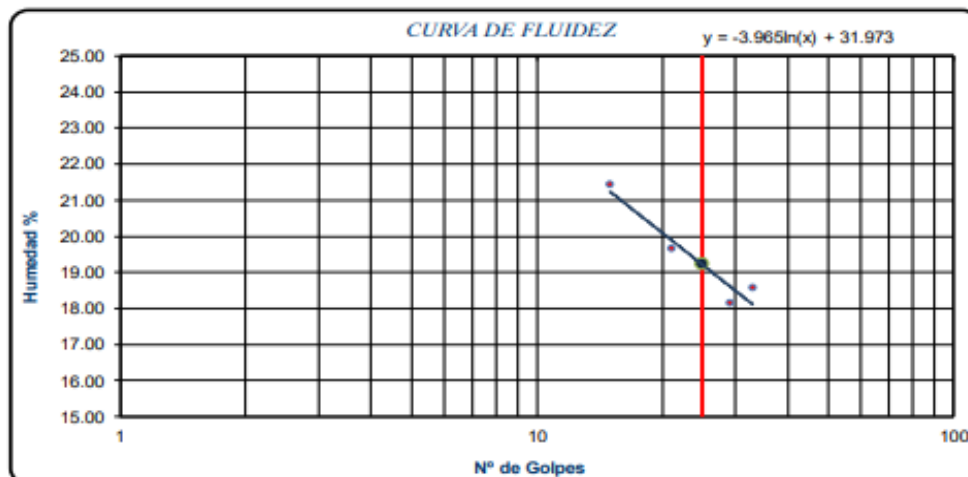
LÍMITE LÍQUIDO : 19.21

LÍMITE PLÁSTICO : 15.07

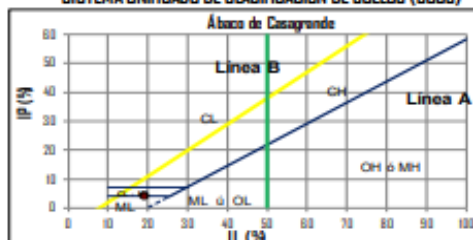
ÍNDICE PLÁSTICO : 4.14

#### LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

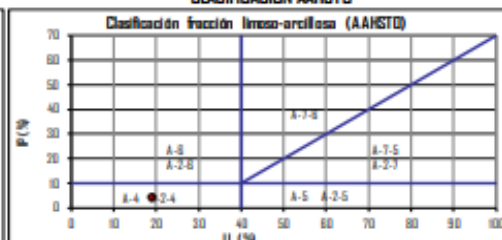
| MUESTRA             | 01    | 02    | 03    |
|---------------------|-------|-------|-------|
| Suelo Humedo + Tamo | 29.07 | 29.44 | 28.89 |
| Suelo seco + Tamo   | 28.26 | 28.56 | 28.01 |
| Peso de Tamo        | 22.62 | 22.95 | 22.21 |
| Peso del Agua       | 0.81  | 0.88  | 0.88  |
| Peso de Suelo Seco  | 5.64  | 5.61  | 5.80  |
| HUMEDAD %           | 14.36 | 15.69 | 15.17 |



#### SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)



#### CLASIFICACIÓN AASHTO



AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

## Estratigrafía C-4

### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELO, CONCRETO Y PAVIMENTOS.

#### REGISTRO DE EXCAVACION

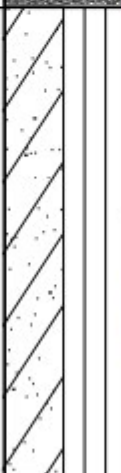
**PROYECTO** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SUBRASANTE MEJORADA EN CARRETERA PUMAHUASI - CAFESA, LEONCIO PRADO, HUÁNUCO, 2024

**UBICACIÓN** : PUMAHUASI - CAFESA-LEONCIO PRADO- HUÁNUCO

**CALICATA** : C-4

**SOLICITA** : DIEGO GÓMEZ, ESTHER

**FECHA** : DICIEMBRE DEL 2024

| MUESTRA | PROF.<br>(m) | G<br>R<br>A<br>F<br>I<br>C<br>O                                                    | DESCRIPCION DEL SUELO<br>Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compactación / consistencia; otros: presencia de oxidaciones y materiales orgánico, porcentaje estimado de boleas / cantos, etc. | SUCS<br><br>AASHTO |
|---------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| M-01    | 0.09         |   | Material Organico                                                                                                                                                                                                                                                                            | pt                 |
| M-02    | 1.41         |  | 73.13%<br><br>Material, suelo de partículas gruesas con finos.                                                                                                                                                                                                                               | SC-SM<br>A-2-4 (0) |



  
MONTAÑA  
AQUINO GARCIA KEVIN JHOEL  
TEC. LABORATORISTA DE SUELOS,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

  
Ing. Samuel Juanito Falcon Pardave  
Ingeniero Civil  
Reg. CIP. N° 218968

### ANEXO 3

#### PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

