



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON  
ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA  
EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE  
EN LA CIUDAD DE LAMPA**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO CIVIL**

**JULIACA – PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE GENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO CIVIL**

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

**PRESIDENTE** :   
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

**PRIMER MIEMBRO** :   
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

**SEGUNDO MIEMBRO** :   
Dr. ARNALDO YANA TORRES

**ASESOR DE TESIS** :   
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN** : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1161-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 27 de setiembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 13574 presentado por el (la) Bachiller: **NOELIA VILLACORTA LLAYQUI** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bach. **NOELIA VILLACORTA LLAYQUI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- \* **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- \* **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- \* **2do Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES

**ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER** como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

**ARTICULO TERCERO . - APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **NOELIA VILLACORTA LLAYQUI**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Jueves 03 de octubre del 2024
- \* **HORA** : 8:00 a.m.
- \* **LUGAR** : Aula 406 - FICP

**ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47796



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
Interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 970-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 11 de setiembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 11212 por el señor (a): **NOELIA VILLACORTA LLAYQUI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 897- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 165 - 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **NOELIA VILLACORTA LLAYQUI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 165 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **NOELIA VILLACORTA LLAYQUI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la), Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

**Dr. MILTON QUISPE HUANCA**  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

**Dr. Efraín Parillo Sosa**  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 485-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 20 de junio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 7295, presentado el o (la) Bachiller NOELIA VILLACORTA LLAYQUI solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 558 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 154 -2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el o (la) Bachiller: NOELIA VILLACORTA LLAYQUI ha presentado su propuesta de investigación Titulado: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 154 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el o (la) Bachiller: NOELIA VILLACORTA LLAYQUI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Dr. EFRAIN PARILLO SOSA.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTON QUISEP HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 20.21  
Interesado (a)



## ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<b>Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez</b> Trabajo del estudiante	4%
---	---	----

2	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	4%
---	---	----

3	<b>Submitted to Universidad Cesar Vallejo</b> Trabajo del estudiante	1%
---	---	----

4	<b>repositorio.uancv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1%
---	---	-----

5	<b>repositorio.utea.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1%
---	--	-----

6	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<1%
---	---	-----

7	<b>Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes</b> Trabajo del estudiante	<1%
---	--	-----

8	<b>Submitted to Universidad Alas Peruanas</b>	
---	---	--



## Metadatos Complementarios



Título de la tesis	
<b>ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	NOELIA VILLACORTA LLAYQUI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	77528936
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0003-5480-2076">https://orcid.org/0009-0003-5480-2076</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-7567-039X">https://orcid.org/0000-0001-7567-039X</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676

Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la construcción – P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Lampa Distrito: Lampa Localidad: Lampa Latitud: S 15° 21' 02" Longitud: O 70° 22' 12"</p>  <p><a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1wvCL09NKO_38iFZOm6TJVXyREupTd7lkusp=sharing">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1wvCL09NKO_38iFZOm6TJVXyREupTd7lkusp=sharing</a></p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	JUNIO 2024 - OCTUBRE 2024
URL de disciplinas OCDE	<p><b>Ingeniería civil</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a></p> <p><b>Ingeniería de la construcción</b> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</a></p>



*Dr. Efraín Parillo Sosa*  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo NOELIA VILLACORTA LAYQUI, identificado con DNI  
Nro. 77528936, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación,  Trabajo Académico denominada:

" ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA "

Asesorado por: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 06 de noviembre del 2024

Firma del Estudiante



Huella



## DEDICATORIA

*La presente tesis está dedicada principalmente a mi Mayor tesoro mi madre Ruth Mirian Llayqui Altamira, por su apoyo incondicional y su amor infinito, que desde el principio impulso mis sueños como si fueran suyos.*

*A Yelsinth una persona especial, quien con sus consejos Y alientos me motivaron a seguir adelante en mi Crecimiento profesional-*



## AGRADECIMIENTO

*Mi agradecimiento más sincero a Dios, por brindarme Su compañía, fortaleza y sabiduría para poder cumplir con éxito una de mis metas*

*A mi adorada madre por su compañía, sacrificio y apoyo Incondicional, por todos los momentos compartidos y por Alentarme a cumplir este sueño tan anhelado.*

*A la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez – Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Docentes y profesionales que Compartieron sus conocimientos conmigo.*



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
INDICE GENERAL.....	iii
INDICE DE TABLAS .....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii

## CAPITULO I

1. PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN .....	1
1.1. Análisis de la situación problemática .....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos.....	3
1.3. Objetivos de la investigación .....	4
1.3.1. Objetivo general.....	4
1.3.2. Objetivos específicos .....	4
1.4. Justificación de la investigación .....	4
1.4.1. Justificación técnica .....	4
1.4.2. Justificación social .....	5
1.4.3. Justificación ambiental.....	6



- 1.5. Hipótesis de la investigación ..... 6
  - 1.5.1. Hipótesis general ..... 6
  - 1.5.2. Hipótesis específicas ..... 6
- 1.6. Variables e indicadores ..... 7
  - 1.6.1. Variable independiente ..... 7
  - 1.6.2. Variable dependiente ..... 7
- 1.7. Operacionalización de variables..... 8

## CAPITULO II

- 2. MARCO TEORICO ..... 9
  - 2.1. Antecedentes de la investigación ..... 9
    - 2.1.1. Antecedentes internacionales..... 9
    - 2.1.2. Antecedentes nacionales..... 11
    - 2.1.3. Antecedentes locales ..... 13
  - 2.2. Marco teórico ..... 15
    - 2.2.1. Estabilización de suelos arcillosos ..... 15
    - 2.2.2. Suelos arcillosos ..... 18
    - 2.2.3. Cenizas de Carbón ..... 27
    - 2.2.4. Cal ..... 30
    - 2.2.5. Mejoramiento de la Subrasante ..... 34
  - 2.3. MARCO CONCEPTUAL..... 37



### CAPITULO III

3.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	39
3.1.	Diseño de la investigación .....	39
3.2.	Método de la investigación .....	39
3.3.	Nivel y tipo de la investigación .....	40
3.3.1.	Nivel de la investigación .....	40
3.3.2.	Tipo de la investigación .....	40
3.4.	Población y muestra .....	40
3.4.1.	Población .....	40
3.4.2.	Muestra .....	41
3.5.	Técnicas e instrumentos.....	42
3.5.1.	Técnicas.....	42
3.5.2.	Instrumentos .....	42
3.6.	Plan de recolección y procesamiento de datos.....	43
a)	Ubicación de la ciudad de Lampa.....	44
b)	Obtención de las cenizas de carbón.....	45

### CAPITULO IV

4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	57
4.1.	Resultados obtenidos .....	57



CONCLUSIONES .....	76
RECOMENDACIONES .....	78
BIBLIOGRAFIA .....	78
ANEXOS .....	78



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Cuadro de operacionalización de variables .....	8
<b>Tabla 2</b> Variedad de clasificar el suelo debido a su partícula .....	19
<b>Tabla 3</b> Tipos de clasificación de suelo .....	26
<b>Tabla 4</b> Categorías de la subrasante .....	35
<b>Tabla 5</b> Distribución en combinaciones de cal y cenizas de carbón.....	41
<b>Tabla 6</b> Ubicación de las calicatas .....	44
<b>Tabla 7</b> Especímenes de la humedad de la calicata N° 1.....	57
<b>Tabla 8</b> Especímenes de la humedad de la calicata N° 2.....	58
<b>Tabla 9</b> Especímenes de la humedad de la calicata N° 3.....	58
<b>Tabla 10</b> Promedio de los especímenes de la humedad de las calicatas .....	58
<b>Tabla 11</b> Resultados de los especímenes de limite liquido de calicata N° 1 ....	59
<b>Tabla 12</b> Resultados de los especímenes de limite liquido de calicata N° 2 ....	59
<b>Tabla 13</b> Resultados de los especímenes de limite liquido de calicata N° 3 ....	60
<b>Tabla 14</b> Promedio de resultados de los especímenes de limite liquido de las tres calicatas .....	60
<b>Tabla 15</b> Resultados de los especímenes de limite plástico de calicata N° 1 ..	61
<b>Tabla 16</b> Resultados de los especímenes de limite plástico de calicata N° 2 ..	62
<b>Tabla 17</b> Resultados de los especímenes de limite plástico de calicata N° 3 ..	62
<b>Tabla 18</b> Promedio de resultados de los especímenes de limite plástico de las tres calicatas .....	63
<b>Tabla 19</b> Especímenes mezclados para limite liquido y plástico con adición 4% cenizas de carbón y 6% cal .....	64



**Tabla 20** Especímenes mezclados para limite líquido y plástico con adición 8% cenizas de carbón y 6% cal ..... 64

**Tabla 21** Especímenes mezclados para limite líquido y plástico con adición 8% cenizas de carbón y 6% cal ..... 65

**Tabla 22** Gradación de los especímenes de la calicata N° 1 ..... 66

**Tabla 23** Gradación de los especímenes de la calicata N° 2..... 67

**Tabla 24** Gradación de los especímenes de la calicata N° 3..... 68

**Tabla 25** Máxima densidad seca y optimo contenido de humedad suelo de fundación..... 69

**Tabla 26** Combinación MDS y humedad optima suelo de fundación con adición de 4% ceniza de carbón y 6% cal..... 69

**Tabla 27** Combinación MDS y humedad optima suelo de fundación con adición de 8% ceniza de carbón y 6% cal..... 70

**Tabla 28** Combinación MDS y humedad optima suelo de fundación con adición de 12% ceniza de carbón y 6% cal..... 70

**Tabla 29** Promedio de resultados de los especímenes de MDS y optimo contenido de humedad ..... 71

**Tabla 30** Resultados de CBR de los especímenes de la muestra patrón..... 72

**Tabla 31** Combinación suelo de fundación con 4% de ceniza de carbón y 6% de cal para el CBR al 100% y 95%..... 72

**Tabla 32** Combinación suelo de fundación con 8% de ceniza de carbón y 6% de cal para el CBR al 100% y 95%..... 73

**Tabla 33** Combinación suelo de fundación con 12% de ceniza de carbón y 6% de cal para el CBR al 100% y 95%..... 73



**Tabla 34** Promedio de resultados de los especímenes de las muestras de CBR  
al 100% y 95% ..... 74



## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Manera de estabilizar las tierras aplicando cal.....	17
<b>Figura 2</b> Ensayo de limite liquido .....	20
<b>Figura 3</b> Ensayo de limite plástico .....	21
<b>Figura 4</b> Moldes para realizar el proctor .....	22
<b>Figura 5</b> Moldes y aparatos CBR.....	24
<b>Figura 6</b> Depósitos de cenizas de carbón.....	27
<b>Figura 7</b> Depósitos de cenizas de carbón.....	30
<b>Figura 8</b> Combinación de cal con tierra para la estabilización del suelo.....	33
<b>Figura 9</b> Ubicación de la ciudad de Lampa.....	44
<b>Figura 10</b> La ceniza de carbón .....	46
<b>Figura 11</b> Gradación de las muestras .....	47
<b>Figura 12</b> Secado de muestras para el contenido de humedad.....	48
<b>Figura 13</b> Limite liquido .....	50
<b>Figura 14</b> Limite plástico .....	51
<b>Figura 15</b> Peso de la muestra .....	53
<b>Figura 16</b> Peso del agua para la humedad para cada muestra de Proctor.....	54
<b>Figura 17</b> Compactación de la muestra con el pistón.....	54
<b>Figura 18</b> Peso del molde más la muestra .....	55
<b>Figura 19</b> Colocación de dial en moldes diferentes.....	56
<b>Figura 20</b> Saturación de las muestras de CBR .....	56
<b>Figura 21</b> Comparación de resultados del límite liquido.....	61
<b>Figura 22</b> Comparación de resultados del límite plástico.....	63
<b>Figura 23</b> Curva de gradación del espécimen 1 .....	66



<b>Figura 24</b> Curva de gradación del espécimen 2 .....	67
<b>Figura 25</b> Curva de gradación del espécimen 3 .....	68
<b>Figura 26</b> Comparación de resultados Proctor modificado .....	71
<b>Figura 27</b> Comparación de resultados CBR .....	74



## RESUMEN

Esta investigación tiene como fin determinar la incidencia de la estabilización de suelos arcillosos con adición de cenizas de carbón y cal para el mejoramiento de la subrasante en la ciudad de Lampa. Aplicando el enfoque cuantitativo, diseño cuasi experimental. El estudio de población fue las vías y avenidas de la subrasante, el cual se determinó como muestra los jirones Juan José con calles aledañas, para ello se realizaron tres calicatas a través de extracciones de muestras. Empleando como técnica la observación, tomando como datos las fichas de ensayos de laboratorio como instrumento, para la investigación se aplicaron combinaciones con cenizas de carbón en proporciones de 4%, 8%, 12% y cal con 6%. Teniendo como resultado la muestra patrón como arcilla de baja plasticidad y al adicionar cenizas de carbón y cal redujo su plasticidad cambiando con el porcentaje de 12% de ceniza de carbón más 6% de cal cambio al tipo de suelo limo de baja plasticidad, en cuanto a la densidad y humedad subieron llegando a la densidad seca máxima de 1.704 g/cm<sup>3</sup> con una humedad optima de 21.30% en las combinaciones de 12% de ceniza de carbón más 6% de cal con respecto al CBR fue de 6.03, mientras que adicionando el 4%, 8%, 12 de ceniza de carbón más el 6% de cal, aumentó su CBR llegando hasta el 14.92% con la adición del 12%. Se concluye mientras más se adiciona cenizas de carbón reduce la plasticidad, en cuanto al Proctor aumenta su densidad y el porcentaje de humedad optima y por último mejora el CBR según se adicione las cenizas de carbón y cal.

**PALABRAS CLAVES:** Estabilización de suelos, cenizas de carbón, cal, Mejoramiento de subrasante.



## ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the incidence of clay soil stabilization with the addition of coal ash and lime for the improvement of the subgrade in the city of Lampa. Applying the quantitative approach, quasi-experimental design. The study population was the roads and avenues of the subgrade, which was determined as a sample the Juan José shreds with surrounding streets, for which three pits were made through sample extractions. Using observation as a technique, taking as data the laboratory test cards as an instrument, combinations with coal ashes in proportions of 4%, 8%, 12% and lime with 6% were applied for the investigation. As a result, the standard sample as a clay of low plasticity and the addition of coal ash and lime reduced its plasticity, changing with the percentage of 12% coal ash plus 6% lime to a silt soil type of low plasticity, as for the density and humidity, they increased reaching the maximum dry density of 1.704 g/cm<sup>3</sup> with an optimum moisture content of 21.30% in the combinations of 12% coal ash plus 6% lime with respect to the CBR was 6.03, while adding 4%, 8%, 12% coal ash plus 6% lime, increased its CBR reaching 14.92% with the addition of 12%. It is concluded that the more coal ash is added, the more plasticity is reduced, the higher the Proctor increases its density and the percentage of optimum moisture, and finally the CBR improves according to the addition of coal ash and lime.

**KEY WORDS:** Soil stabilization, coal ash, lime, subgrade improvement.



## INTRODUCCIÓN

La estabilidad y la resistencia de las subrasantes son cruciales en el proceso de cómo se construye las estructuras de tal manera se puede avalar la la cantidad de años y la funcionalidad de las estructuras, especialmente en regiones dominadas por suelos arcillosos. Estos suelos, casi siempre tienen bastante cantidad de partículas finas y una importante capacidad de retención de agua, presentan problemas como una baja capacidad portante, una elevada flexibilidad y una expansión tras la exposición a la humedad, lo que puede comprometer el estado de las infraestructuras construidas sobre ellos (Muntohar, 2002). En Lampa, donde existen estos suelos. La utilización con cierta dosificación de aditivos que refuerzan la tenacidad y mitiguen los problemas de expansión se considera un método crucial para mejorar la infraestructura viaria en estas zonas.

Esto de estabilizar los suelos con ciertos criterios de la tecnología ha cobrado importancia en la ingeniería civil, en particular mediante la aplicación de aditivos químicos y recursos reciclables. La incorporación de este aditivo orgánico, un subproducto industrial frecuente, ha sido reconocida como una opción sostenible para que los suelos sean estables, el cual tiene como el cual permite mejorar los suelos finos en cuanto a su propiedad mecánica (Santoni & Webster, 2001). La cal, un material de construcción comúnmente utilizado, mejora de la cohesión en suelos con una expansión significativa (Bell, 1996). La amalgama de estos dos elementos puede aportar una solución eficaz y sostenible al reutilizar materiales de ingeniería industrial y reducir las contaminaciones a la extracción de recursos frescos.



Este estudio examina la viabilidad de aumentar la estabilidad del suelo arcilloso por medio de incorporación con cenizas de carbón y el aditivo de cal con el fin de reforzar las cualidades de la capa de la subrasante en Lampa. Su propósito es examinar la combinación de mezcla de materiales en tenacidad y vida útil y propiedades mecánicas del suelo, estableciendo así datos para su potencial ejerciendo en iniciativas locales de infraestructura. Se prevé ilustren la eficacia de estos aditivos, lo que mejorará la calidad de las infraestructuras viarias de Lampa y fomentará la adopción de alternativas de construcción sostenibles. Actividades de construcción.

En el distrito de Lampa y por lo general en toda la región, cuando empiezan las lluvias los suelos empiezan a ser vulnerables mas que todo todos aquellos suelos con bastante arcilla y cada año tra año es un problema en toda la región, de tal manera se propone estabilizar con las cenizas de carbón en combinación fija de un porcentaje de cal el cual mejorara los suelos y la resistencia de la subrsante

El desarrollo lo realizamos en cuatro capítulos:

**En el capítulo I**, planteamos el fondo de la situación problemática

**En el capítulo II**, se realiza la información necesaria en base a antecedentes, definición de nuestras variables a través del marco teórico.

**En el capítulo III**, Definimos nuestro método y como realizamos nuestros instrumentos para su validación

**En el capítulo IV**, analizamos los resultados seguidamente de una discusión de resultados.



## CAPITULO I

### PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Análisis de la situación problemática

La cuestión de la estabilidad de tierras arcillosas en los proyectos de infraestructuras sigue siendo un reto importante a escala internacional, sobre todo en regiones con temperaturas húmedas y suelos muy flexibles. Este tipo de material casi siempre tienden a expandirse y también tiene contracción, lo que provoca la inestabilidad de los edificios construidos sobre ellos y aumenta el riesgo de asentamiento y agrietamiento (Al-Rawas et al., 2005). Los países europeos y de china aplican diversas técnicas de estabilización para hacer frente a estos retos, en particular con diferentes productos como la cal, otros aditivos como cenizas volantes y distintos subproductos industriales, que proporcionan un medio rentable y sostenible desde otro ángulo medioambiental con el fin de reforzar la resistencia de los suelos (Little et al., 2000). La aplicación de diferentes métodos que utilizan aditivos reciclados se ha adoptado en todo el mundo por su doble ventaja: minimización de las empresa que generan residuos



industriales y mejora de la eficiencia de las materias en la construcción (Prusinski y Bhattacharja, 1999).

La inestabilidad de los suelos arcillosos en Perú plantea un desafío considerable para la infraestructura, particularmente en áreas con una alta prevalencia de este tipo de suelos y fluctuaciones climáticas que exacerbaban la expansión y contracción, comprometiendo así la longevidad de las carreteras, edificios y otras estructuras civiles. Su resistencia restringida y la elevada flexibilidad de estas tierras plantean problemas en el mundo de las construcciones y su mantenimiento las cuales son comunes en regiones urbanas y rurales con actividad sísmica regular (Valverde & Gómez, 2017). Para resolver este problema, se han explorado e implementado técnicas y varias adiciones locales como materiales reciclables y subproductos industriales, y disminuir la flexibilidad (Escalante et al., 2020). No obstante, la utilización de estas técnicas permanece limitada en numerosas regiones del país, resaltando la necesidad de estudios y regulaciones adicionales que promuevan su integración en proyectos de infraestructura (Bustamante, 2018).

Los suelos en nuestra región de Puno son altos en su plasticidad, presenta un desafío significativo para el desarrollo de infraestructura, particularmente en áreas con variaciones extremas de humedad estacional, lo que resulta en lo que se contrae y se expande, que a su vez causa asentamientos diferenciales y agrietamiento en las estructuras (Quispe & Mamani, 2019). El problema se agrava por la actividad sísmica en la región, que exagera la inestabilidad del suelo e impacta en la durabilidad de la infraestructura vial y civil, frecuentemente en zonas alto andinas con acceso



restringido a nuevos métodos de construcción (Torres et al., 2021). Aunque algunos proyectos han investigado los materiales alternativos para estabilizar la tierra, este proceso es extensiva de estos métodos sigue siendo inadecuada, investigación específica que adapte las técnicas de estabilización al clima de la región (Ccallo et al., 2020).

## **1.2. Planteamiento del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cómo influye la estabilización de suelos arcillosos con adición de ceniza de carbón y cal para el mejoramiento de la subrasante en la ciudad de Lampa?

### **1.2.2. Problemas específicos**

1. ¿De qué manera influye la adición de cenizas de carbón y cal en los límites de consistencia en la estabilización de suelos arcillosos?
2. ¿De qué manera influye la adición de cenizas de carbón y cal en la densidad seca y el óptimo contenido de humedad para mejorar la subrasante en suelos arcillosos?
3. ¿De qué manera influye la adición de cenizas de carbón y cal en la capacidad de soporte del suelo para mejorar la subrasante en suelos arcillosos?



## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar cómo influye la estabilización de suelos arcillosos con adición de ceniza de carbón y cal para el mejoramiento de la subrasante en la ciudad de Lampa

### **1.3.2. Objetivos específicos**

1. Determinar cómo influye la adición de cenizas de carbón y cal en los límites de consistencia en la estabilización de suelos arcillosos
2. Determinar cómo influye la adición de cenizas de carbón y cal en la densidad seca y el óptimo contenido de humedad para mejorar la subrasante en suelos arcillosos.
3. Determinar cómo influye la adición de cenizas de carbón y cal en la capacidad de soporte del suelo para mejorar la subrasante en suelos arcillosos.

## **1.4. Justificación de la investigación**

### **1.4.1. Justificación técnica**

Proporciona un remedio tecnológico eficaz para aumentar la resistencia, reducir la expansibilidad y regular estos suelos, especialmente en regiones caracterizadas por una elevada humedad y variabilidad climática, como Puno. Las cenizas de carbón, como subproducto industrial, ofrecen una alternativa económica y ecológica, a la vez que presentan cualidades puzolánicas que,



mezcladas con cal, pueden crear compuestos cementantes en el suelo, mejorando así su capacidad portante y longevidad (Alonso y Romero, 2018).

Este método es técnicamente viable para la optimización de subrasantes en proyectos viales y de construcción, ya que mejora la cohesividad y reduce los asentamientos diferenciales, problemas prevalentes en suelos arcillosos (Ríos et al., 2019). Su aplicación también mejora la valorización los cuales reducen gastos en la construcción lo que es especialmente ventajoso en circunstancias de presupuesto limitado (Gómez & Castro, 2020).

### **1.4.2. Justificación social**

Tiene un impacto social sustancial al fomentar el desarrollo de una infraestructura más resistente y segura, que es vital con fin de mejoras la conectividad. Este tipo de técnica mejora la subrasante de las carreteras y los proyectos de construcción, disminuyendo así los gastos de mantenimiento y reparación, lo que beneficia directamente a las comunidades que dependen de carreteras estables para acceder a servicios esenciales, educación y oportunidades económicas (Mamani & Quispe, 2019). La utilización de elementos de diseño como las cenizas de carbón mejora la sostenibilidad ambiental y fomenta la conciencia sobre la reutilización de residuos, factores cada vez más apreciados en las comunidades locales (Cruz & Huanca, 2020). La investigación e implementación de esta tecnología en Puno aborda una necesidad social apremiante de infraestructura robusta y accesible, al tiempo que se alinea (Vilca et al., 2021).



### **1.4.3. Justificación ambiental**

Mediante la incorporación de cenizas de carbón y cal es un enfoque ambientalmente sostenible, facilitando la reutilización, como un producto industrial que de otro modo podría contaminar el suelo y los recursos hídricos si se maneja inadecuadamente. Además, la estabilización del suelo a través de este método puede mitigar daños de tal forma mejorar la resistencia a la degradación del suelo, particularmente en áreas como Puno, donde el cambio climático intensivas han exacerbado la erosión de la tierra y disminuido su capacidad productiva (López et al., 2019). En este contexto, la investigación ayuda a paliar las repercusiones ambientales de la reconstrucción y promueve la aplicación de prácticas verosímiles en la región (Gutiérrez & Cárdenas, 2021).

## **1.5. Hipótesis de la investigación**

### **1.5.1. Hipótesis general**

La estabilización de suelos arcillosos con adición de ceniza de carbón y cal mejoraran significativamente la subrasante en la ciudad de Lampa.

### **1.5.2. Hipótesis específicas**

1. La estabilización de los suelos arcillosos con adición de cenizas de carbón y cal reducirá significativamente el índice de consistencia
2. La adición de cenizas de carbón y cal mejorará significativamente la densidad seca del suelo arcilloso
3. La adición de cenizas de carbón y cal mejorará significativamente la capacidad de soporte del suelo arcilloso.



## 1.6. Variables e indicadores

### 1.6.1. *Variable independiente*

- Ceniza de carbón
- Cal

#### Dimensiones

- Dosificación de Ceniza de carbón en 4%, 8% y 12%
- Dosificación de cal 6%

### 1.6.2. *Variable dependiente*

- Estabilización de la subrasante

#### Dimensiones

- Índice plástico.
- Máxima densidad seca.
- CBR

## 1.7. Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Cuadro de operacionalización de variables*

Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores
Cenizas de carbón	Es un material resultante de la combinación del diversos residuos de plantas y carbón termoeléctricas e industrias que utilizan carbón como fuente de energía	Sera como un aditivo el cual mejora o estabiliza los suelos arcillosos, añadidos en proporciones específicas.	composición química	Porcentajes (%)
			Granulometría	4% CC 8% CC
Cal	La cal es un material inorgánico producido generalmente a partir que se calcina la piedra caliza mezclarse con agua forma hidróxido de calcio CaOH <sub>2</sub> (Bell, 1996)	La cal se empleó como aditivo en proporciones adecuadas junto a con aditivos diferentes en este caso la ceniza para mejoras las propiedades físicas	Proporción de mezcla	12% CC
			Composición química	Porcentaje (%) -6% cal
Variable Dependiente	Definición operacional	Definición conceptual	Dimensión	Indicadores
Estabilización de suelos arcillosos	Son fases de tratamientos de suelos con aditivos o técnicas mecánicas con el fin de que se mejore o incremente su capacidad de carga, reducir su plasticidad y controlar su comportamiento expansivo	Se estabilizará el suelo mediante incorporación en proporciones controladas con la mezcla de ceniza de carbón el cual será mezclado con el suelo, el cual busca estabilizar el suelo y será evaluado mediante resistencia y plasticidad	Plasticidad	Índice plástico
			Grado de compactación	Proctor
			Resistencia	CBR



## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Little y Prusinski (2019) su trabajo de investigación "Avances recientes en la estabilización con cal" buscan analizar que causa tiene al aplicar cal en suelos arcillosos con el fin de que mejore la propiedad en lo mecánico y mitigar la expansión y contracción en condiciones de alta humedad. La investigación implicó la ejecución de cantidades variables de cal a especímenes de tierra arcillosos en un entorno de laboratorio, el cual se hizo resistencia y el tipo de compresión no confinada, evaluaciones de la consistencia del suelo ensayos de expansión en diversas circunstancias de humedad. Los suelos tratados con cal mostraron una disminución sustancial de la flexibilidad, mejora significativamente su resistencia a la tenacidad de esa manera reducción de la expansión en circunstancias de humedad. El estudio muestra aplicando adición de cal como mejora significativamente la estabilidad de los suelos arcillosos en regiones húmedas, considerando una notable resistencia y su mejoría y una menor vulnerabilidad a las fluctuaciones de humedad. Se aconseja estabilizar



con el aditivo de cal para mejorar la dureza y estabilidad de los esquemas que se vayan construyendo en esos suelos.

Bayshaki et al. (2019) realizaron su estudio en Bangladesh titulado "Propiedades geotécnicas de suelos compuestos de grano fino y ceniza de madera", cuyo fin es analizar el aumento de cenizas de madera en el comportamiento geotécnico. La investigación pretendía determinar la idoneidad de este material como estabilizante de tierras plásticas con alta plasticidad como son los más comunes la arcillas, mediante su estudio el cual fue experimental que valoró diversas proporciones diferentes de ceniza en concreto, de cero, cinco, siete, diez y doce. Los cuales evaluaron medidas tal como la consistencia de los suelos, la densidad máxima y en cuanto a la tenacidad del suelo. El estudio determinó que el aditivo como la ceniza de madera disminuye la flexibilidad y la consistencia seca en el suelo arcilloso, pero al estabilizarlo con la ceniza mejora su tenacidad, identificándose una adición del 10% como la mescolanza óptima.

Parra (2019) realizó su estudio el cual fue en Colombia con el tema "Estabilización de un suelo con cal y cenizas volantes", con el fin de darle una estabilización a la tierra con algo específico utilizando cal y cenizas volantes, determinando al mismo tiempo la adición ideal de cenizas a través de la evaluación de cinco resultados pertenecientes a ensayos de tracción y a la tenacidad. Realizando su investigación de forma experimental. Los resultados indicaron que la cal ofrece ventajas superiores a las cenizas, ya que aumenta la durabilidad de los suelos a los que se aplica. Ambos compuestos, cuando se suministraron al suelo en concentraciones del 0% y el 2%, arrojaron resultados



comparables en cuanto. Se determinó ciertos porcentajes óptimos el cual se evite la deformación de la tierra eran del 4% con agregado de ceniza y del 6% cal. Los porcentajes óptimos para conseguir la máxima rigidez son un 6% de cal y el porcentaje de 8% de ceniza. Determinó para utilización de cal y cenizas volantes tiene un efecto en cuanto al estabilizarlo químicamente las tierras, comúnmente en los de tipo arcilloso, el cual es una solución idónea, económica y fácil de utilizar para el tratamiento de suelos.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Ríos y Neyra (2020) realizaron el siguiente tema de estudio "Influencia de las cenizas de carbón mineral en las propiedades de una subrasante arcillosa en Huamachuco, Libertad-2020", examinando los efectos con incorporación proporciones de cenizas de carbones en características según la tierra arcillosa en la subrasante en el lugar de Huamachuco. Su estudio de población investigación se enfocó toda la extensión referente a la carretera de la vía principal de la circunvalación, utilizando como referencia representativa una muestra de 2,5 km. Aplico para esta investigación la observación directa, usando tarjetas de prueba de caracterización del suelo el cual será de tres concentraciones de aditivos: 23.99%, 27.99% y 31.99%. Se evaluaron la gradación de la tierra , la densidad del suelo a través del ensayo de Proctor, también se realizaron la consistencia del suelo y el coeficiente portante de a traves del CBR Según los análisis de los resultados la incorporación de restos de cenizas de carbones reduce su modo plástico, ya que las proporciones establecidas fueron del cero por ciento. Con respecto a la humedad de la tierra se obtuvieron resultados superiores aplicando incorporaciones del 32%, que lo



elevó un 13.59% y redujo la consistencia la consistencia seca  $1.7890 \text{ g/cm}^3$ . La adición del 28% al CBR produjo la mejora más eficaz en su capacidad para mantener el suelo natural. Concluimos que la aplicación de este tipo de aditivos mejora la capa de la subrasante cuando se trabaje con suelos con arcilla.

Chilcon y León (2020), según su enfoque de su estudio "Evaluación de la Estabilización de Suelos Arcillosos mediante la Aplicación de Cenizas de Carbón en la Subrasante de la Av. Cusco", tuvieron como fin conocer el impacto en la estabilidad de subrasantes de tipos de tierra arcillosas realizando el método cuasi-experimental. Su estudio de población de estudio se enfocó en la subrasante completa de la vía en la Av. Cusco y se analizó como muestra 1 kilómetro. Se empleó en que consistió en la observación y análisis documental, utilizando fichas técnicas derivadas de prácticas realizadas el cual se hizo para tres suelos en el laboratorio concentraciones de aditivo (12.99%, 20.99% y 23.99%) junto a investigaciones previas realizadas por investigadores diversos. Se valoraron la gradación, la consistencia de los suelos, el ensayo de humedad óptima y densidad máxima más conocido como Proctor y el coeficiente portante de las siglas conocidas como el CBR Teniendo como consecuencia que los índices de plasticidad para los aditivos al 13%, 21% y 24% fueron de 24,4, 18,4 y 16,6, respectivamente. Los óptimos contenidos de humedad indicaron que el 28,37%, 29,27% y 30%, proporcionalmente. Del mismo modo, en cuanto a resultados de CBR obtenidos fueron 9,714%, 10,199% y 10,699%, frecuentemente.

Taca (2021), en su estudio "Estabilización de Suelos Arcillosos con Adición de Ceniza de Carbón para el Mejoramiento de la Subrasante, Vía de



Evitamiento, Abancay - Apurímac, 2021”, su fin principal fue mejorar los suelos arcillosos a través de añadidura de cenizas de carbones de esta manera mejorar la vía de evitamiento de loa subsante. El análisis empleó una metodología cuantitativa, utilizó un método el cual fue deductivo hipotético y fue clasificado como exploración experimental aplicada. Para establecer su población se enfocó con la ruta de evasión e involucró una muestra de cuatro calicatas. La metodología empleada implicó la experimentación de la observación directa y el énfasis de documentación, utilizando como todas fichas para el instrumento de datos derivadas de las pruebas de caracterización del suelo. Estos datos dieron que la incorporación de 5%, 10% y 15% de cal mejora su tenacidad de la tierra y así poder mejorar las capas de la subrasante. La tierra combinada con el doce por ciento de cal tuvo un margen de CBR al 95% con una penetración a una pulgada el resultado de 28.5 % mientras que el suelo combinado con el ocho por ciento con adición de cal llego al 24.95% para una penetración de una pulgada de un CBR del 95%. La investigación concluye que mientras se mezcla proporciones de del 5%, 10% y 15% estos tienden a subir y mejorar su resistencia de penetración, mejorando así o logrando estabilizar de una manera más resistente, identificándose el 10% como la mezcla o combinación más idónea para estabilizar

### **2.1.3. Antecedentes locales**

Mamani y Quispe (2019) en su estudio “Evaluación de la estabilización de suelos arcillosos con cal en caminos rurales de Puno” buscan evaluar la eficacia de la cal en la estabilización de suelos arcillosos para mejorar la calidad y longevidad de los caminos rurales de la región Puno. Su estudio realizo la



aplicación de cantidades variables de cal a muestras de suelo obtenidas de caminos rurales de Puno. Estos fueron puestas a pruebas de tenacidad y no confinada y de expansión. Sus resultados indicaron que el suelo tratado con cal mostró una notable disminución de la fluidez y un aumento de la resistencia, mejorando así su estabilidad en relación con las muestras no tratadas. El estudio indica que la estabilización con cal es un método eficiente para mejorar la calidad de los caminos rurales en la región de Puno, ya que ofrece una mayor durabilidad y resistencia a las situaciones meteorológicas fluctuantes, entonces es viable como alternativa para las zonas rurales.

Ccallo y Huanca (2020) en su tesis, «Uso de Materiales Locales para la Estabilización de Suelos en Carreteras de la Región Puno», se propusieron examinar la viabilidad de emplear materiales locales, incluyendo ceniza volcánica y cal, aplicados en la construcción de carreteras en Puno. Se realizaron estudios de laboratorio utilizando cantidades variables de suelo arcilloso, ceniza volcánica y mezclas de cal. Se evaluó la tenacidad y las características de expansión de las muestras. Los resultados indican que la combinación de suelo con ceniza volcánica y cal mejoró la resistencia del suelo, disminuyó la expansión y aumentó la capacidad portante, lo que es ventajoso para la estabilización del suelo en las carreteras regionales. El estudio muestra que la utilización de recursos locales para la estabilización de suelos en las carreteras de Puno es posible y respetuosa con el medio ambiente, lo que se traduce en un mejor rendimiento y durabilidad de los suelos estabilizados.

Torres y Chávez (2021) en su tesis titulada "Impacto del uso de cal y cenizas en la estabilidad de suelos arcillosos para infraestructura en Puno", se



propusieron profundizar el efecto de la cal y las cenizas para estabilidad y resistencia de suelos arcillosos utilizados en proyectos de infraestructura en Puno. La investigación se realizó combinando tierras combinadas con cal y ceniza en un laboratorio. Se evaluó su compresión como resistencia y la permeabilidad de las muestras tras un periodo de curado. Los resultados revelaron que el suelo tratado con cal y cenizas presentaba una mayor capacidad de resistencia y una notable reducción de la permeabilidad, lo que indica una mayor estabilidad para aplicaciones en infraestructuras locales. En conclusión, la aplicación es un excelente método para mejorar la calidad y longevidad de la infraestructura, ofreciendo una solución sostenible tanto económica como ambientalmente.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Estabilización de suelos arcillosos**

#### **2.2.1.1. Definición**

Mejora sus propiedades, en particular de aquellos que presentan tendencias adversas para la construcción, como los suelos arcillosos. Las tierras con alta plasticidad poseen una importante disposición el cual logra retener más agua y flexibilidad, lo que los hace propensos a sufrir alteraciones volumétricas con las fluctuaciones de humedad. Esto puede ocasionar problemas de expansión y contracción los cuales dañan y empeoran las estructuras construidas sobre ellos (Mitchell, 1993). Esta forma eficaz por aumentar la

resistencia, disminuir la flexibilidad y regular los movimientos expansivos, por lo que resulta apropiado para aplicaciones en infraestructuras (Bell, 1996).

### **2.2.1.2. Métodos de estabilización de suelos arcillosos**

Las tecnologías de estabilización se clasifican en técnicas físicas y químicas. Las técnicas según implican el grado de compacto y la integración de elementos de refuerzo, mientras que los métodos químicos utilizan adiciones como cal, cemento y sustancias puzolánicas que interactúan químicamente con los minerales del suelo para alterar su estructura interna (Ingles y Metcalf, 1972). Cuando se estabiliza químicamente es notablemente beneficiosa para las tierras con arcilla, debido a que los aditivos interactúan con los componentes de la arcilla para crear una matriz más estable que disminuye la expansión y mejora la cohesión del suelo (Little et al., 2000).

### **2.2.1.3. Uso de cal en la estabilización de suelos arcillosos**

La cal es un ingrediente prevalente debido a su capacidad hacia disminuir la flexibilidad y aumentar la resistencia. Cuando se mezcla el aditivo de la cal con el suelo, inicia alteración y un proceso de floculación-aglomeración que mejora la estabilidad del suelo (Bell, 1996). La cal facilita el desarrollo de compuestos de cementación en suelos con predominio de arcilla, mejorando notablemente su tenacidad de resistencia y disminuyendo el solaz debido a las fluctuaciones de humedad (Miller & Azad, 2000).

**Figura 1**

*Manera de estabilizar las tierras aplicando cal*



*Nota:* Se muestra la figura como estabilizan el suelo con cal. Adaptado de <https://www.horcalsa.com/wp-content/uploads/2021/06/Beneficios-de-utilizar-cal-Horcalsa-para-estabilizar-suelos-1170x650.jpg>

#### **2.2.1.4. Uso de cenizas de carbón en la estabilización de suelos arcillosos**

Poseen cualidades puzolánicas que las hacen beneficiosas para la estabilización. La mezcla de cenizas de carbón, cuando se combinan con cal y suelo, facilitan el desarrollo de compuestos que aumentan la resistencia de tenacidad y disminuyen la expansión. Este material recuperado sirve como alternativa sostenible para la estabilidad del suelo, minimizando el efecto ambiental a través de la reutilización de residuos industriales (Alonso & Romero, 2018). Las investigaciones indican que este tipo de aditivos mejoran la resiliencia y estabilidad de tierras arcillosos, lo cual es ventajoso para proyectos de infraestructura en regiones con climas fluctuantes (Santoni & Webster, 2001).



### **2.2.1.5. Beneficios y aplicaciones**

La estabilización con adiciones como la cal y las cenizas de carbón presenta numerosas ventajas, como la mejora su tenacidad de la tierra. Estos atributos hacen de la estabilización una opción viable para infraestructuras duraderas, especialmente en zonas con importantes fluctuaciones de humedad y riesgos de expansión, como se ha demostrado en numerosos lugares de América Latina (Consoli et al., 2002). Según diversos estudios este es la formulación de combinaciones de aditivos que mejoren la estabilización y, al mismo tiempo, minimicen los costos y el impacto ambiental.

### **2.2.2. Suelos arcillosos**

Se componen principalmente de partículas finas de menos de 0,002 mm y están formados por minerales arcillosos, que poseen características distintivas debido a su composición química y mineralógica. Minerales como la montmorillonita y la caolinita se generan a partir de la alteración de rocas ígneas y metamórficas debido a procesos de meteorización química y física (Mitchell, 1993). Los suelos arcillosos están muy extendidos en todo el mundo, sobre todo en las zonas de clima templado y húmedo, donde una meteorización importante favorece su desarrollo (Mitchell, 1993).

Tabla 2

*Variedad de clasificar el suelo debido a su partícula*

Sistema de clasificación	Tipo de suelo	tamaño (mm)
SUCS	Grava	75 mm – 4.75
	Arena	4.75 mm – 0.075
	Limo y arcilla (finos)	Menor a 0.075
	Arcilla	

*Nota:* Clasificación de suelos, tomado de Portal civil.

### 2.2.2.1. Propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso

Los suelos arcillosos presentan formas diferentes que los diferencian de cualquier otro material similar. Estas características incluyen una elevada flexibilidad, capacidad de retención de humedad y propensión a expandirse y contraerse con las fluctuaciones de humedad. Los suelos arcillosos poseen diferentes bases específica sustancial a causa de su porte ultrafino de sus materias, el cual permite absorber cantidades significativas de agua, aumentando así su volumen en condiciones húmedas y disminuyéndolo en situaciones áridas (Holtz & Kovacs, 1981). Este fenómeno se denomina expansividad y constituye un reto fundamental a la hora de utilizar suelos arcillosos en proyectos de construcción, ya que puede inducir movimientos diferenciales y daños estructurales en edificios y carreteras.

Entre las principales propiedades tenemos:

**A. Límites de Consistencia:** Son características esenciales que dictan el como la tierra se manifiesta en función del porcentaje de humedad. Estos delinear en

que forma se establecen la consistencia del suelo, que van de sólido a líquido, y son establecidos de tres maneras diferentes.

**Límite Líquido (LL):** Esta establecido por la cantidad de humedad de la tierra el cual pasa a un estado plástico al estado líquido. En este estado, el suelo tiene alta capacidad de deformación sin resistencia a la deformación.

## Figura 2

### *Ensayo de limite liquido*



*Nota:* Se muestra la figura el ensayo de limite líquido, mediante la copa de Casagrande. Adaptado de <https://construneic.com/wp-content/uploads/ensayo-de-limite-liquido.webp>

**Límite Plástico (LP) :** Este proceso a diferencia del otro pasa de un estado semisólido a otro estado que es el sólido, el suelo es moldeable pero no se deforma tan fácilmente como en el estado líquido.

**Figura 3***Ensayo de limite plástico*

*Nota:* Se muestra la figura el ensayo de limite plástico, sobre la superficie de un vidrio, Adaptado de <https://concivil.umsa.bo/documents/748933/0/su05+%281%29.png/eb8a7574-390b-4687-7216-a9d2ea0920ad?t=1686576646559>

**Índice de Plasticidad (IP):** Este índice se da a través de la diferencia entre los límites líquidos con la resta del límite plástico el cual dicho resultado nos da el índice de plasticidad de tal manera aplicando la carta SUCS podemos identificar que tipo de suelo hallamos según nuestros resultados y evaluar su estabilidad en proyectos de construcción.

Los límites de consistencia son esenciales en ingeniería geotécnica, ya que determinan la susceptibilidad de los suelos a los cambios volumétricos y su comportamiento ante suelos arcillosos expansivos (Holtz & Kovacs, 1981).

**B. Ensayo Proctor:** El ensayo Proctor, creado por RR Proctor en la década de 1930, fue creada hace bastante tiempo para obtener la máxima densidad seca y a través de ello obtener su humedad óptima. Esta prueba es esencial para la preparación y compactación del suelo, ya que determina que tipo de grado de

compacto tendrá y es necesario para alcanzar la densidad requerida, mejorando así la capacidad portante y minimizando la permeabilidad.

**Existen dos variantes principales del ensayo:**

**Proctor Estándar:** Utiliza un peso y una energía de compactación más bajos. Esto se aplicaba antiguamente el cual se realizaba con un pistón de menor carga para aquellas vías que requieren una baja densidad.

**Proctor Modificado:** Luego de primer método, aplicaron este método el cual tiene un pistón de mayor carga adecuada para suelos utilizados en pavimentos y otras estructuras que requieren diferentes tipos de pavimentos.

**Figura 4**

*Moldes para realizar el proctor*



*Nota:* Se muestra la figura los moldes y el pistón para realizar los ensayos de Proctor modificado y estándar. Adaptado de <https://i0.wp.com/geotecniafacil.com/wp-content/uploads/2018/04/Ensayo-proctor.jpg?w=800&ssl=1>

La curva Proctor derivada de la prueba ilustra la correlación dados por los resultados de la humedad óptima con la densidad, con su vértice significando la concentración. Esta prueba se realiza comúnmente para ensayos de todo tipo



de ingeniería de suelos para determinar los criterios de compactación in situ (Das, 2010).

**C. ÍNDICE DE CAPACIDAD DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR):** California Bearing Ratio, es una prueba de carga de penetración desarrollada por el Departamento por los años de 1920. Este ensayo tiene como característica la resistencia de la tierra a una penetración de uno o dos pulgadas, simulando las condiciones de carga a las que se verá sometida la subrasante o capa base de un pavimento.

El ensayo CBR se realiza compactando muestra el índice CBR se calcula como el porcentaje tenacidad respecto a un material estándar, y se expresa en términos porcentuales. Los valores de CBR son utilizados para evaluar el soporte que tiene como carga del sustrato y diseñar los espesores

**CBR Alto:** Indica un suelo con alta capacidad de soporte, lo cual es adecuado para sustratos en carreteras y pavimentos de alta resistencia.

**CBR Bajo:** Indica un suelo con baja capacidad de soporte, lo cual puede requerir tratamiento o estabilización para mejorar su desempeño.

El índice CBR es un parámetro muy importante, el cual se determina para que se diseñe un pavimento esto nos permite dimensionar las capas de pavimento en función a la tenacidad de la tierra subyacente, y es especialmente útil en proyectos de infraestructura vial (Huang, 2004).

Figura 5

*Moldes y aparatos CBR*

*Nota:* Se muestra la figura los moldes y aparatos necesarios para realizar el ensayo de CBR en laboratorio. Adaptado de <https://www2.caminos.upm.es/departamentos/ict/lcweb/img/ensayos/suelos/cbr/utillaje.jpg>

**2.2.2.2. Mineralogía de suelos arcillosos**

La mineralogía de este tipo de tierras arcillosos influye directamente a través de características netamente mecánico y físico. Los minerales de arcilla, como la montmorillonita, son altamente expansivos y tienden a absorber agua, lo que causa una considerable expansión y una variación en cuanto a su volumen. Otros minerales, como la caolinita, tienen una menor tendencia expansiva, lo que los hace más estables en términos de volumen (Grim, 1968). Esta diferencia en la mineralogía de los suelos arcillosos es fundamental para su clasificación y para determinar el tipo de tratamiento o estabilización que puede aplicar para mejorar su desempeño en proyectos de construcción.



### **2.2.2.3. Problemas de uso de arcillas en la construcción**

Los suelos arcillosos son conocidos por su comportamiento problemático en aplicaciones de ingeniería debido a su tendencia a retener agua y cambiar de volumen. Este fenómeno de expansión y contracción afecta la estabilidad de las estructuras construidas sobre ellos, como edificios, carreteras y otras infraestructuras. En climas húmedos, el suelo arcilloso puede absorber grandes proporciones de líquido, lo que provoca un aumento de volumen y una disminución de resistencia. Por el contrario, en climas secos o periodos de sequía, el suelo tiende a contraerse, generando grietas y asentamientos (Bell, 1996). Estos problemas hacen que el tratamiento..

### **2.2.2.4. Clasificación de suelos arcillosos según su plasticidad**

Se realiza generalmente a través del análisis de su forma plástica, mediante su forma de moldearse sin fracturarse. El índice de plasticidad son los parámetros utilizados para definir el rango de tipo de plasticidad que tienen las tierras arcillosas (Casagrande, 1948). Este se obtiene a partir de estos límites, es un indicador el cual va cambiar por diversas situaciones en forma de volumen y característica mecánica en función de su contenido de rocío, ayudando a identificar el más adecuado.

Tabla 3

*Tipos de clasificación de suelo*

Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20.02$	Altísima	CL
$IP \leq 20.05$	Mediana	CL
$IP > 7.24$	Corta	CL
$IP < 7.10$	Corta	CL
$IP = 0$	No representa	CL

*Nota:* tomado del Manual de suelos (MTC, 2014)

#### 2.2.2.5. Métodos para la estabilización de suelos arcillosos

Dada la problemática de estos suelos, existen múltiples métodos de tratamiento y estabilización que permiten mejorar sus propiedades y adecuarlos para su uso en construcción. La estabilización química, o diferentes tipos de aditivos como el cemento, cales y diversas cenizas, es una técnica efectiva la cual permite disminuir su modo plástico y aumentar la firmeza de estos terrones. La cal, en particular, reacciona con la tierra y mejora su porte de carga y estabilidad, reduciendo significativamente el riesgo de expansión y contracción (Ingles & Metcalf, 1972). La incorporación de aditivos y técnicas de estabilización es crucial de esta manera nos garantiza que las tierras arcillosas soporten las cargas estructurales sin causar daños a las infraestructuras.

### 2.2.3. Cenizas de Carbón

#### 2.2.3.1. Definición

Un producto de combustión en plantas termoeléctricas y otras industrias que utilizan este combustible fósil como fuente de energía. Durante la combustión, el carbón se quema en altas temperaturas, dejando residuos sólidos compuestos por una combinación de silicio, hierro, calcio y otros elementos traza (Ahmaruzzaman, 2010). Estos materiales tienen propiedades puzolánicas, es decir, pueden reaccionar cuando se presenta líquidos como el agua con la combinación de cal se puede conformar un compuesto de cementación, lo cual las hace útiles en aplicaciones de estabilización y construcción.

#### Figura 6

*Depósitos de cenizas de carbón*



*Nota:* Se muestra en la figura depósitos de ceniza de carbón que se produce en las industrias. Adaptado de [https://i0.wp.com/aldia.microjuris.com/wp-content/uploads/2018/03/shutterstock\\_705962929.jpg?resize=1000%2C663&quality=89&ssl=1](https://i0.wp.com/aldia.microjuris.com/wp-content/uploads/2018/03/shutterstock_705962929.jpg?resize=1000%2C663&quality=89&ssl=1)

### 2.2.3.2. Características de la ceniza

- **Tamaño de partículas:** Este aditivo volante es fina, con partículas entre 1 y 100 micrones, mientras que la ceniza de fondo es más gruesa.
- **Color:** Generalmente gris o gris oscuro, aunque puede variar a negro si hay mayor contenido de carbón no quemado.
- **Densidad aparente:** Aproximadamente entre 1.5 y 2.5 g/cm<sup>3</sup>.
- **Superficie específica:** Alta superficie específica (300-500 m<sup>2</sup>/kg), lo que favorece las reacciones químicas con otros materiales como la cal

### 2.2.3.3. Composición y Propiedades

Las cenizas de carbón están compuestas principalmente por óxidos de sílice (SiO<sub>2</sub>), alúmina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), que les confieren propiedades puzolánicas. Estas propiedades permiten que la ceniza reaccione con cal que mejoran la cohesión y resistencia de los materiales a los que se agrega (Malhotra & Mehta, 1996). Hay de dos tipos cenizas volantes, que son partículas finas y ligeras capturadas en filtros, y cenizas de fondo, que son más gruesas y pesadas y se depositan en el fondo de las calderas.

### 2.2.3.4. Aplicaciones en la construcción con ceniza

Debido a sus propiedades puzolánicas, las cenizas de carbón son utilizados como material de sustitución parcial de cemento en concretos y morteros, mejorando la tenacidad y estabilidad de estos bastos (Chindaprasirt et al., 2005). Además, se usan, especialmente suelos arcillosos, ya que ayudan a

reducir la expansión y sus características de la tierra. Al combinarse con cal, las reliquias de carbón forman compuestos cementantes que aumentan la tenacidad y reducen la plasticidad de la tierra tratado (Kumar et al., 2007).

#### **2.2.3.5. Uso de ceniza de carbón como estabilizador**

Permite mejorar las características de las tierras, facilitando su uso en aplicaciones de infraestructura. La ceniza de carbón actúa como un agente puzolánico que reacciona con la cal y el agua aluminatos, que aumentan la cohesión y resistencia del suelo (Alonso & Romero, 2018). Estación estabiliza en tierras expansivas, a través de adición de cenizas de carbón reduce significativamente la expansión y mejora la durabilidad del suelo frente a ciclos de humedad y sequía.

#### **2.2.3.6. Ventajas del uso de cenizas de carbón**

El uso en la estabilización de suelos y otros materiales de construcción no solo es beneficioso en términos para que mejore su tenacidad y otras propiedades, sino que además representa una ventaja ambiental y económica. Al reutilizar un residuo industrial, (Pandey & Singh, 2010). Además, el uso de cenizas de carbón como material de estabilización puede disminuir los costos, y disminuir dependencia de bastos vírgenes y proporcionar una alternativa sostenible en proyectos de infraestructura.

#### **2.2.3.7. Limitaciones del uso de la ceniza de carbón**

Aunque las cenizas de carbón tienen muchos beneficios, su uso también presenta algunas limitaciones y riesgos ambientales. Por ejemplo, las cenizas

pueden contener metales pesados que, bajo ciertas condiciones, pueden ser lixiviados y contaminar el suelo o el agua (Sarkar et al., 2006). Por lo tanto, es esencial realizar estudios de caracterización de las cenizas antes de su uso y evaluar su compatibilidad con el suelo y el entorno local para minimizar posibles impactos negativos.

#### **2.2.4. Cal**

##### **2.2.4.1.1. Definición**

La cal es un material inorgánico obtenido principalmente de la calcinación de rocas calizas (carbonato de calcio,  $\text{CaCO}_3$ ) a altas temperaturas. Este proceso produce ( $\text{CaO}$ , (Boynton, 1980). La cal es ampliamente esgrimida en la construcción y en la equilibrio de tierras debido a su capacidad de modificar las peculios químicas y físicas de los materiales con los que se mezcla.

#### **Figura 7**

*Depósitos de cenizas de carbón*



*Nota:* Se muestra en la figura la cal el cual es un químico muy antiguo. Adaptado de <https://mycal.com.pe/wp-content/uploads/2021/09/cal-1200x900-1.jpg.webp>

#### 2.2.4.2. Propiedades químicas de la cal

- Óxido de calcio (CaO): Constituye alrededor del 90-95% en la cal viva y cerca del 70-75%
- Óxido de magnesio (MgO): Entre 1-5%, contribuyendo a las reacciones químicas en mezclas de suelos.
- Óxido de sílice (SiO<sub>2</sub>) y óxido de aluminio (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): En pequeñas cantidades, favorecen la formación de compuestos cementantes.

#### 2.2.4.3. Efectos de la cal en los suelos arcillosos

La aplicación es particularmente efectiva con el fin de garantizar su mejora debido a la cal con el fin de disminuir su plasticidad y mejorar su tenacidad a la compresión y reducir la expansión. La cal interactúa con los minerales expansivos de arcilla, como la montmorillonita, provocando una reducción de agua entonces, disminuyendo la expansión (Bell, 1996). Estos cambios son especialmente importantes en infraestructuras construidas sobre suelos expansivos que pueden verse alterados por diversas circunstancias

##### 2.2.4.3.1. Características de la cal

La cal tiene la función de reaccionar con el agua y minerales del suelo, especialmente con los arcillosos, dando lugar a reacciones que mejoran la estructura y resistencia del suelo. Las principales reacciones incluyen:

**Reacciones puzolánicas:** La cal hidratada reacciona con los silicatos y aluminatos del suelo, formando compuestos cementantes, como silicatos de calcio hidratados (C-S-H) y aluminatos de calcio hidratados, que aumentan la resistencia del suelo

#### 2.2.4.4. Mecanismos con cal para estabilizar

Los mecanismos de estabilización de suelos con cal incluyen principalmente la floculación y aglomeración, así como las reacciones puzolánicas. En el proceso de floculación y aglomeración, la cal reacciona con los minerales arcillosos, provocando que se aglomeren y formen una distribución más estable. Las reacciones puzolánicas, que ocurren entre la cal y los minerales de sílice y alúmina del suelo, producen su durabilidad del suelo estabilizado (Sherwood, 1993).

#### 2.2.4.5. Aplicación de cal como estabilizador de los suelos

La cal como estabilizadores de suelo más utilizados en proyectos de infraestructura vial, cimientos y otras construcciones que requieren suelos duraderos y de alta resistencia. En carreteras y pavimentos, la cal se emplea, haciendo el suelo menos susceptible a los cambios de volumen que podrían afectar la integridad estructural de la superficie (Little, 1999). La incorporación también es popular completo a su disponibilidad y ser económico, lo que se emplea como una solución viable para diferentes tipos de proyectos.

Al adicionar cal a este tipo de suelos, se observan las siguientes mejoras:

**Aumento de la capacidad portante:** Mejora significativamente (CBR) del suelo, permitiendo que soporte mayores cargas.

**Incremento de la durabilidad:** Al reaccionar con la arcilla, la cal mejora la tenacidad y los cambios de humedad, lo que aumenta su durabilidad.

**Reducción de la expansión y contracción:** Al neutralizar las propiedades expansivas de ciertos suelos arcillosos, la cal minimiza los problemas asociados con el levantamiento y agrietamiento en estructuras viales.

### Figura 8

*Combinación de cal con tierra para la estabilización del suelo*



*Nota:* Se muestra en la figura la estabilización de cal con combinación de tierra. Adaptado de <https://www.calcinor.com/wp-content/uploads/2020/11/extendido-cal.jpg>

#### 2.2.4.6. Ventajas y limitaciones del uso de la cal en la estabilización

Tiene como ventaja la reducción de la plasticidad y una mayor durabilidad de los suelos tratados. Además, es un método accesible y económico en diferentes contextos geográficos y climáticos. Sin embargo, existen limitaciones, como la dependencia de la reacción química en condiciones húmedas y la posible ineffectividad en suelos con bajo contenido de arcilla o minerales puzolánicos (Miller & Azad, 2000). También se debe considerar el impacto ambiental, ya que la producción de cal requiere energía y genera emisiones de CO<sub>2</sub>. Sus principales ventajas son:



**Economía:** La cal respectivamente económica, especialmente en comparación de otros tipos como el cemento.

**Accesibilidad:** La producción y distribución de cal están ampliamente desarrolladas, lo que facilita su disponibilidad para proyectos de construcción en diversas regiones.

**Sostenibilidad:** Una solución ambientalmente responsable, ya que permite reutilizar y mejorar suelos existentes en lugar de reemplazarlos.

#### **2.2.4.7. Eficiencia de la cal en la estabilización de suelos**

Numerosos estudios han demostrado ser un estabilizador de efectivo para tierras con arcilla. Por ejemplo, Consoli et al. (2002) observaron cuando se adiciona este tipo de aditivo como la cal en suelos arcillosos mejora significativamente, haciendo adecuados para aplicaciones de infraestructura que requieren alta durabilidad. Estos hallazgos destacan la utilidad de la cal como una opción práctica y eficiente en la mejora de suelos.

#### **2.2.5. Mejoramiento de la Subrasante**

##### **2.2.5.1. Definición**

Esta capa soporta cargas transmitidas por el asfalto y las distribuidas al suelo subyacente (Das, 2010). El tipo de material de calidad para ser empleado como la subrasante es determinante en el comportamiento de la superestructura; por lo tanto, el mejoramiento de su resistencia y capacidad de carga es esencial en proyectos de infraestructura vial, especialmente en áreas para que cumpla el diseño.

### 2.2.5.2. Capas de la subrasante según su categoría

Esta establecido según su capacidad de soporte, el cual esta contemplado en seis grupos que van desde una subrasante inadecuada hasta el rango mas alto que es de una subrasante excelente, el cual cada una tiene un rango especifico según del porcentaje de CBR de cada suelo.

**Tabla 4**

*Categorías de la subrasante*

Categorías	CBR (%)	Comportamiento de la subrasante
F1	CBR < 3%	Subr. inadecuada
F2	De CBR $\geq$ 3% a CBR < 6%	Subr. pobre
F6	CBR $\geq$ 30%	Subr. excelente

*Nota:* tomado del Manual de carreteras (MTC, 2014)

### 2.2.5.3. Importancia del mejoramiento de la subrasante

Cuando se presenta una subrasante débil o de baja capacidad de carga puede causar asentamientos diferenciales y fisuras en el pavimento, reduciendo la vida útil de la estructura. Una subrasante mejorada proporciona como una base estable en diferentes pavimentos, lo cual es esencial para soportar el tráfico y minimizar el mantenimiento a largo plazo (Huang, 2004). La necesidad de mejorar la subrasante es particularmente importante en suelos con alta plasticidad, suelos arcillosos expansivos o áreas con condiciones de suelo no favorables

#### 2.2.5.4. Métodos del mejoramiento de la subrasante

Existen diversos métodos para mejorar la subrasante, los cuales pueden clasificarse en técnicas de estabilización mecánica y estabilización química:

- **Estabilización Mecánica:** Involucra el grado de compacto y el refuerzo de la subrasante mediante técnicas de compactación, geotextiles o geomallas, que aumentan su resistencia y estabilidad (Koerner, 2012).
- **Estabilización Química:** se aplica con diferentes tipos de aditivos los cuales varían en relación al costo para la aplicación de estos ya sea el cemento, el cal u otros. Estos aditivos alteran su característica de la tierra (Ingles & Metcalf, 1972).

#### 2.2.5.5. Uso de aditivos en el mejoramiento de la subrasante

El uso de aditivos como la cal y otros aditivos es común en diferentes tratamientos de las tierras arcillosas debido a su capacidad para modificar la estructura interna del suelo. La cal, por ejemplo, reacciona con los minerales de arcilla, mejorando su tenacidad y disminuye la parte plástica. La ceniza de carbón, al ser un material puzolánico, se combina con la cal para formar compuestos de cementación los cuales fortalecen la tierra y mejoran su durabilidad (Sherwood, 1993). Estos aditivos son particularmente útiles en suelos expansivos, donde el riesgo de expansión y contracción debe minimizarse para evitar daños estructurales.



### 2.2.5.6. Ventajas del mejoramiento de la subrasante

Ofrece numerosos beneficios, como el incremento en la capacidad de carga, la disminución de asentamientos y la rebaja de la filtración, lo cual protege el pavimento de la infiltración de agua y mejora su durabilidad (Little, 1999). Además, una subrasante mejorada reduce gastos con el paso del tiempo y prolonga por muchos años más la calidad de las vías. Estos beneficios son esenciales para asegurar una base estable y confiable para cualquier tipo de pavimento.

## 2.3. MARCO CONCEPTUAL

**Aditivo:** Sustancia añadida a una proporción de tierra con el fin de mejorar sus características como tenacidad, cohesión y plasticidad.

**Arcilla:** Tipo de suelo con partículas finas y alta plasticidad., lo cual influye en su expansión y contracción.

**Ceniza de Carbón:** Posee propiedades puzolánicas que lo hacen útil en la estabilidad de tierras al reaccionar con la cal para formar compuestos cementantes.

**Compactación:** Proceso mediante el cual disminuye su parte del volumen de aire en el suelo al aplicar presión, aumentando su densidad y resistencia. Es una técnica fundamental para mejorar subrasantes.

**Geomalla:** Material sintético de estructura reticulada utilizado para estabilizar diferentes tipos de suelo para mejorar su tenacidad y distribución de cargas. Se emplea frecuentemente en el refuerzo de subrasantes.



**Mejoramiento de la Subrasante:** Proceso de tratamiento de la capa de suelo natural sobre la cual se construyen las capas de pavimento. El objetivo es aumentar su capacidad de carga y reducir su deformabilidad.

**Minerales de Arcilla:** Componentes minerales presentes en los suelos arcillosos, como la montmorillonita y la caolinita. Estos minerales influyen en las propiedades expansivas y en la plasticidad del suelo.

**Resistencia a la Compresión:** Capacidad de un suelo o material de soportar cargas sin sufrir deformación o fractura. Es un indicador importante de la estabilidad y durabilidad de suelos estabilizados.

**Subrasante:** Capa de suelo natural sobre la cual se construyen las capas de pavimento en carreteras y otras infraestructuras viales. Su estabilidad y capacidad de carga son fundamentales para la durabilidad de la estructura.

**Suelo Arcilloso:** Tipo de suelo compuesto mayoritariamente por partículas finas de arcilla, con alta plasticidad y capacidad de retención de agua, lo que puede generar problemas de expansión y contracción en condiciones de humedad.

**Terraplén:** Estructura de tierra compactada construida para levantar una vía, carretera o ferrocarril.

**Tratamiento Químico:** Uso de sustancias químicas, como cal, cemento o cenizas volantes, con el propósito de que mejore o estabilice los suelos.



## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Diseño de la investigación

Aquel componente crucial que determina la estructura y estrategia para recolectar y analizar datos en un estudio. Un diseño adecuado usualmente lo utilizamos en la acopiación de datos pertinentes, de tal manera garantizamos nuestros datos sean válidos, fiables y aplicables a los objetivos del estudio Hernández et al. (2014, pág. 198).

Nuestra exploración fue cuasiexperimental, ya que no se llevó un control exacto para que sea netamente experimental, puesto que hubo manipulación de las variables de cal y cenizas de carbón en diferentes proporciones.

#### 3.2. Método de la investigación

Este procedimiento se hace referencia a la exploración que consiste en técnicas y diversos procedimientos los cuales son empleados en el análisis del base datos acopiados. Esto se da a través de una secuencia el cual es una guía del desarrollo de estudio el cual está estructurado de una manera adecuada, el cual está debidamente sistematizado el cual asegure su validez, fiabilidad y la objetividad de nuestros descubrimientos, Hernández et al. (2014, pág. 198).



Entonces nuestro estudio es un método científico

### **3.3. Nivel y tipo de la investigación**

#### **3.3.1. Nivel de la investigación**

Según Creswell y Creswell (2017), El grado de profundidad y complicación según examina un problema de indagación se establece por su nivel. Para afrontar los siguientes retos en el diseño de estudios, es esencial comprender los distintos niveles de investigación.

Como nuestra investigación tiene causa y efecto será de nivel de investigación explicativo

#### **3.3.2. Tipo de la investigación**

Como señalan Hernández et al. (2014, pág. 198), para la exploración enmarcada se enfoca en enmendar dificultades prácticas a través la aplicación de sapiencias supuestos. Este tipo de investigación es directamente relevante para situaciones del mundo real y suele estar orientado a mejorar procesos, productos o políticas.

Para nuestra investigación es aplicada.

### **3.4. Población y muestra**

#### **3.4.1. Población**

A efectos de un proyecto de investigación, el término población se refiere a los componentes o individuos que poseen las características específicas que se están investigando. Hernández et al. (2018).

Para esta exploración se consideró como población a las vías y/o carreteras de subrasante inconsistentes el distrito de Lampa

### 3.4.2. Muestra

Hernández et al. (2018) A efectos de este debate, definiremos a un subconjunto de la población el cual lo definiremos como la muestras que se elige porque puede resultar imposible o problemático recabar datos de la población completa en muchos aspectos de la situación.

Nuestra muestra fue la vía del jirón Juan José con jirones aledaños

**Tabla 5**

*Distribución en combinaciones de cal y cenizas de carbón*

Descripción	Índice de plasticidad	Proctor modificado	CBR
SF - Suelo de fundación	1	1	1
R1 – 6% cal + 4% CC	1	1	1
R1 – 6% cal + 8% CC	1	1	1
R1 – 6% cal + 12% CC	1	1	1
TOTAL	4	4	4

*Nota:* SF (Suelo de fundación), (CC, Ceniza de carbón y cal)



### 3.5. Técnicas e instrumentos

#### 3.5.1. Técnicas

Según Silvestre y Huamán (2019), es la parte principal el cual nos permite tener una información valida y muy confiable el cual os permita responder a nuestras interrogantes planteadas.

Para realizar nuestra investigación realizamos diferentes técnicas, pero el mas primordial fue el siguiente:

**Observación directa:** A través de esta técnica nos permitió la cuantificación y la toma de datos de las pruebas

**Análisis de información:** Con esta técnica analizamos nuestros datos obtenidos y comparamos con las normas y reglamentos de tal manera tener una síntesis adecuada al momento de procesar nuestros datos.

#### 3.5.2. Instrumentos

Según Hernández et al. (2014, pág. 198), Los investigadores confían o se validan en su investigación a través de sus instrumentos porque son herramientas vitales los cuales nos permite recoger, medir e interpretar datos. La elección para usar los instrumentos adecuados es muy importante.

Nuestras herramientas de estudio consistieron en las hojas que se utilizaron para recoger los datos de los numerosos ensayos a cabo, incluido el cálculo de humedad, los límites de plasticidad, el límite líquido, CBR y proctor.



### 3.6. Plan de recolección y procesamiento de datos

Según el desarrollo de nuestra exploración planteamos tres etapas, el cual está considerado de la siguiente manera, la primera que trata de la búsqueda de información por los diferentes medios, la segunda parte está contemplada por la ubicación de la muestra de nuestra investigación a su vez la extracción de material para ser llevados al laboratorio y la tercera etapa está considerado las pruebas de ensayos.

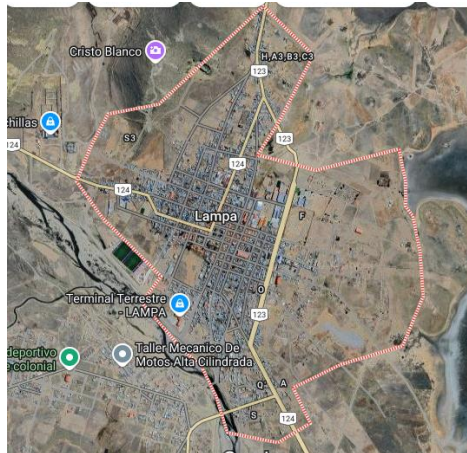
**I ETAPA:** Búsqueda de información: Aquí comenzamos con una serie de búsqueda de toda la información necesaria el cual consiste en buscar información en libros, revistas, guías de laboratorio, tesis nacionales e internacionales, artículos científicos, normas, reglamentos, páginas web, los cuales fueron útiles para realizar nuestro trabajo de investigación

**II ETAPA:** Ubicación de estudio y acopio de material. Primeramente, fuimos al lugar planteado para nuestra investigación, para este estudio fuimos a la ciudad de lampa y nos ubicamos en el jirón Juan José como calle principal y jirones aledaños Se hicieron 3 extracciones de muestra para nuestro tramo de estudio. Por otra parte, se realizó el acopio de cenizas de carbón de diferentes centros de servicios de comida como pollerías y parrillas

## a) Ubicación de la ciudad de Lampa

**Figura 9**

*Ubicación de la ciudad de Lampa*



Nota: Tomado de Google Maps.

**Tabla 6**

*Ubicación de las calicatas*

Calicata	Jirón	Profundidad (m)	Referencia
C-1	Jr. Juan José	1.50	Con jr. Sucre
C-2	Jr. Juan José	1.50	Con jr. San Román
C-3	Jr. Juan José	1.50	Con jr. Junín

*Nota:* Las ubicaciones fueron en el jirón Juan José con calles aledañas

Según nuestra tabla mostramos el lugar el cual realizamos nuestras calicatas en los jirones de Juan José y jirones aledaños, el cual extrajimos nuestra muestra para llevarlos a laboratorio y realizar los ensayos correspondientes.



## ***b) Obtención de las cenizas de carbón***

La ceniza de carbón se obtiene a partir de la combustión de residuos de carbón, los cuales se convierten en cenizas. Este proceso se puede realizar de manera controlada en instalaciones adecuadas para asegurar una combustión completa y obtener la ceniza de manera eficiente. Para nuestro estudio obtuvimos nuestra ceniza de carbón a través de la recolección u acopio del desecho de las pollerías y parrilleras los cuales desechan bastante cenizas semanalmente. Los cuales seleccionamos a través de un tamizado de la siguiente manera:

- Primero tamizamos nuestras cenizas de carbón por la malla N° 4 y todo el material sobrante lo desechamos
- Luego tamizamos en el tamiz N° 200 el cual utilizamos todo el material pasante de dicha malla
- Y por último el material retenido de la malla 200, lo pulverizamos con una comba de goma tratando así de obtener más material que sea pasante de la malla N° 200

## Figura 10

### *La ceniza de carbón*



*Nota:* Desechos de ceniza de carbón.

**III ETAPA:** Ensayos de laboratorio. Se realizaron diferentes pruebas de laboratorio, el cual consistió primeramente en obtener resultados de la muestra patrón y seguidamente ensayos con las combinaciones de cal y cenizas de carbón, los cuales realizamos los siguientes ensayos

#### **c) Ensayo de Análisis Granulométrico:**

#### **Ensayos de análisis de granulometría de suelos**

- Empezamos a sacar la muestra con bastante cuidado para obtener su humedad y poner a al horno
- Seguidamente hacemos secar la muestra a temperatura ambiente
- Luego realizamos la pulverización de los terrones de arcilla
- Seguidamente lavamos nuestra muestra en el tamiz N° 200, hasta que pase todo el material más fino y este limpio
- Luego hacemos secar a temperatura ambiente o al horno a 65°C

- Finalmente tamizamos la muestra en los diferentes tamices en este caso para suelos finos que van desde la malla número cuatro hasta la malla 200, y luego pesamos el retenido de cada malla
- realizamos la siguiente preparación de la muestra:

### **Materiales y herramientas para realizar el ensayo**

Necesitamos bandejas de metal, cucharas, taras, cincel, martillo de goma, tamices, balanza de precisión, horno a 105°C, bolsas herméticas.

### **Análisis de resultados:**

Anotamos nuestros datos obtenidos en nuestras fichas correspondientes, seguidamente pasamos nuestra información en nuestra hoja electrónica, tanto el peso de la humedad, y el peso retenido de cada tamiz, de tal manera obtenemos que tipo de suelo es según lo retenido en la malla N° 4 y la malla N° 200.

### **Figura 11**

*Gradación de las muestras*



*Nota:* Se realiza el tamizado por las diferentes mallas

## CONTENIDO DE HUMEDAD:

Se realiza según a la muestra, como se encuentre ya sea seco, semi seco o saturado

### Procedimiento según ASTM D-2216.

- Primeramente, al sacar una muestra alterada o inalterada lo ponemos a una bolsa hermética
- Luego al llegar al laboratorio pesamos la tara un colocamos la muestra y pesamos la muestra saturada.
- Luego colocamos al horno y esperamos a que este seco
- Y finalmente debemos enfriar y pesamos nuestra muestra seca, no necesariamente tiene que estar 24 horas en el horno según sea su humedad controlamos el tiempo

### Figura 12

*Secado de muestras para el contenido de humedad*





*Nota:* Realizamos el secado de la muestra al horno de 105° C

Para el cálculo del contenido de humedad aplicamos la ecuación siguiente:

$$W(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Donde:

WW = peso inicial

WS = peso seco

### **ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA:**

Los métodos ASTM D-4318, MTC E-111 y MTC E-110 son las normas con las que nos basamos para realizar dichos ensayos el cual nos indican el procedimiento que debemos realizar para obtener datos confiables, según los estándares:

#### **Preparación de la muestra:**

Comenzamos con nuestros ensayos de límites primeramente tenemos que hacer secar la muestra, y luego pulverizar con nuestro martillo de goma todos los terrones de arcillas, para luego tamizarlos en la malla N° 40 y utilizar todo el material pasante de nuestra malla.

**Figura 13***Limite liquido*

*Nota:* Se golpea según el rango en la cuchara Casagrande

**Método de Casagrande (ASTM D-4318):**

- Tamizamos nuestro material a utilizar por la malla N° 40 y usamos el material pasante
- Pesamos y mezclamos con agua destilada una cantidad de 100 g aproximados y lo movemos hasta que este uniforme u homogéneo
- Envolvemos con una bolsa hermética y lo dejamos 12 horas para que la humedad sea uniforme
- Calibramos la copa de Casagrande y ponemos la muestra
- Enrasamos por lo meos 1cm y luego partimos con el ranurador
- Empezamos a golpear en los rangos establecidos y cuando empieza acerrar 1cm detenemos el ensayo y cortamos ese pedazo
- Pesamos nuestra tara con nuestra muestra y lo colocamos al horno

- Luego de secar al horno, pesamos nuestra muestra seca

### Método de límite de Atterberg (MTC E-111 y MTC E-110):

- Tamizamos nuestro material a utilizar por la malla N° 40 y usamos el material pasante
- Pesamos y mezclamos con agua destilada una cantidad de 8 g aproximados y hacemos una bolita y lo partimos en 3 bolitas
- Empezamos hacer rollitos por 1 minuto los cuales debemos hacer 100 repeticiones
- Si los rollitos se fisuran entonces pesamos la muestra y si no fisura volvemos a realizar dicho ensayo bajándole su humedad
- Los rollitos lo hacemos sobre una base de vidrio el cual nos permite que no nos quite humedad
- Pesamos nuestra tara con nuestra muestra húmeda y lo colocamos al horno
- Luego de secar al horno, pesamos nuestra muestra seca

### Figura 14

#### *Límite plástico*



*Nota:* realizamos los rollitos hasta que se fracture



## **CÁLCULO DEL ENSAYO DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD:**

Tomamos nuestros resultados de límite líquido y plástico y la diferencia es nuestro índice de plasticidad

Cálculo:

$$LL = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Cálculo:

$$LP = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Cálculo del Índice de Plasticidad:

Es así de la siguiente manera

$$IP = LL - LP$$

## **ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO:**

Los procedimientos nos guiaremos del manual del MTC.

## Figura 15

### *Peso de la muestra*



*Nota:* Pesamos 5200 g para realizar nuestro ensayo de Proctor

### **Preparación de la muestra:**

- Primeramente, hacemos secar nuestra muestra a temperatura ambiente
- Pulverizamos los terrones con un mazo de goma
- Pesamos un total de 5200 g de muestra
- Armamos cuatro juegos con diferentes porcentajes de agua según el tipo de suelo, y lo ponemos a una bolsa y lo cerramos por 6 horas para que homogenice la humedad

### **Moldeo de las probetas:**

- Sacamos la muestra de cada bolsa y lo colocamos en bandejas y lo dividimos o partimos en 5 partes iguales
- Pesamos el molde y lo medimos
- Echamos la muestra en diferentes capas de cinco y se da 56 golpes y al terminar enrasamos y pesamos el molde más la muestra

- Luego con la ayuda de un cincel sacamos una muestra de humedad tanto de la parte superior como la parte inferior para luego pesar y llevar al horno
- Finalmente pesamos la muestra seca del horno

**Figura 16**

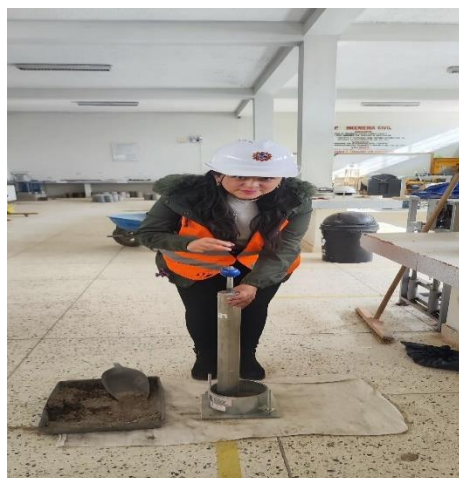
*Peso del agua para la humedad para cada muestra de Proctor*



*Nota: Pesamos diferentes porcentajes de agua para cada muestra*

**Figura 17**

*Compactación de la muestra con el pistón*



*Nota: Realizamos 56 golpes con el pistón en 5 capas*

## Figura 18

*Peso del molde más la muestra*



*Nota:* Anotamos el peso de la muestra más el molde

### **Análisis de resultados:**

Estos resultados lo procesamos y determinamos a través de la curva que nos dará la máxima densidad seca y su contenido de humedad óptimo

### **ENSAYO DE CBR:**

Es de suma importancia para determinar la resistencia del suelo

### **Preparación de la muestra:**

- Primeramente, tamizamos en la malla  $\frac{3}{4}$  para seleccionar nuestra muestra
- Pesamos una muestra de 5200 g para nuestra muestra

- Colocamos en el molde la pesa abiertas y cerradas y colocamos encima el papel filtro, seguidamente ponemos la muestra en 5 capas de con golpes de 12, 25 y 56 golpes
- Pones las placas con vástago encima del molde
- Ponemos el trípode encima del molde y colocamos al agua
- Por último, ponemos los diales para la lectura de su saturación a cuatro días

**Figura 19**

*Colocación de dial en moldes diferentes*



*Nota:* Anotamos la lectura de cada 24 horas

**Figura 20**

*Saturación de las muestras de CBR*



*Nota:* Saturamos por 4 días los molde de CBR



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Resultados obtenidos

Mostraremos los datos obtenidos realizando el análisis según las normas y reglamentos para realizar los ensayos del suelo de fundación y con las adiciones de cenizas de carbón del 4%, 8%, 12% más el 6% de cal para estabilizar el suelo.

Resultados obtenidos de la muestra natural y con la combinación de cenizas de carbón y cal

##### 4.1.1. Contenido de humedad

#### Tabla 7

*Especímenes de la humedad de la calicata N° 1*

Detalle	Peso (g)
SF1 - Esp. Seco + t.	267.10
SF2 - Esp. Seco + t.	244.30
ESP. Peso t.	43.20
Esp. agua	22.80
Peso esp. seco	201.10
Porcentaje húmedo %	11.34

**Tabla 8***Especímenes de la humedad de la calicata N° 2*

<b>Detalle</b>	<b>Peso (g)</b>
SF1 - Esp. Seco + t.	294.50
SF2 - Esp. Seco + t.	271.60
ESP. Peso t.	38.20
Esp. agua	22.90
Peso esp. seco	233.40
Porcentaje húmedo %	9.61

**Tabla 9***Especímenes de la humedad de la calicata N° 3*

<b>Detalle</b>	<b>Peso (g)</b>
SF1 - Esp. Seco + t.	277.60
SF2 - Esp. Seco + t.	254.80
ESP. Peso t.	40.60
Esp. agua	22.65
Peso esp. seco	214.20
Porcentaje húmedo %	10.64

**Tabla 10***Promedio de los especímenes de la humedad de las calicatas*

<b>Detalle</b>	<b>Promedio (%)</b>
Calicata - 1	11.34
Calicata - 2	9.61

Calicata - 3	10.64
Porcentaje húmedo %	10.53

#### 4.1.2. Límites de consistencia

**Tabla 11**

*Resultados de los especímenes de limite liquido de calicata N° 1*

Detalle	Peso (g)	Peso (g)
SF1 - Esp. Seco + t.	40.76	39.94
SF2 - Esp. Seco + t.	35.05	34.67
Esp. Peso t.	21.10	20.80
Esp. agua	5.71	5.27
Esp. Seco	13.95	13.87
Humedad %	40.93	38.00
Numero de golpes	25	28
Limite liquido %	39.46 %	

**Tabla 12**

*Resultados de los especímenes de limite liquido de calicata N° 2*

Detalle	Peso (g)	Peso (g)
SF1 - Esp. Seco + t.	43.55	42.41
SF2 - Esp. Seco + t.	35.88	36.02
Esp. Peso t.	19.10	20.65
Esp. agua	7.67	6.39
Esp. Seco	16.78	15.37
Humedad %	45.71	41.57

Numero de golpes	24	27
Limite liquido %	44.05 %	

**Tabla 13**

*Resultados de los especímenes de limite liquido de calicata N° 3*

Detalle	Peso (g)	Peso (g)
SF1 - Esp. Seco + t.	42.57	40.84
SF2 - Esp. Seco + t.	39.95	39.02
Esp. Peso t.	31.20	32.10
Esp. agua	2.62	1.82
Esp. Seco	8.75	6.92
Humedad %	29.94	26.30
Numero de golpes	23	25
Limite liquido %	27.84 %	

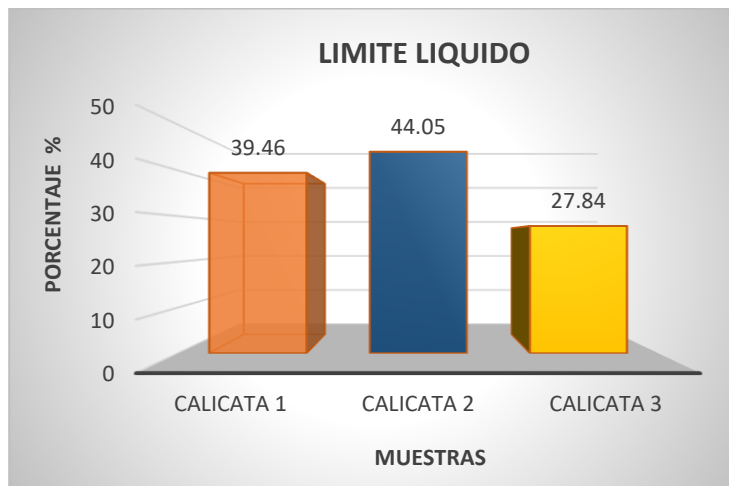
**Tabla 14**

*Promedio de resultados de los especímenes de limite liquido de las tres calicatas*

Detalle	Promedio (%)
SF1 – LL calicata - 1	39.46
SF2 – LL calicata - 2	44.05
SF3 – LL calicata - 3	27.84
Promedio Limite liquido %	37.12 %

**Figura 21**

*Comparación de resultados del límite líquido*



**Tabla 15**

*Resultados de los especímenes de límite plástico de calicata N° 1*

Detalle	Peso (g)	Peso (g)
SF1 - Esp. Seco + t.	19.50	19.04
SF2 - Esp. Seco + t.	17.55	17.33
Esp. Peso t.	6.20	6.05
Esp. agua	1.95	1.71
Esp. Seco	11.35	11.28
Humedad %	17.18	15.16
Límite líquido %	16.17 %	

Tabla 16

*Resultados de los especímenes de limite plástico de calicata N° 2*

Detalle	Peso (g)	Peso (g)
SF1 - Esp. Seco + t.	19.32	20.47
SF2 - Esp. Seco + t.	17.15	18.06
Esp. Peso t.	6.32	6.20
Esp. agua	2.17	2.41
Esp. Seco	10.83	11.86
	20.04	20.32
Limite plástico %		20.18 %

Tabla 17

*Resultados de los especímenes de limite plástico de calicata N° 3*

Detalle	Peso (g)	Peso (g)
SF1 - Esp. Seco + t.	16.37	20.47
SF2 - Esp. Seco + t.	15.05	18.06
Esp. Peso t.	6.15	6.20
Esp. agua	1.32	2.41
Esp. Seco	10.83	11.86
	14.83	15.82
Limite plástico %		15.32 %

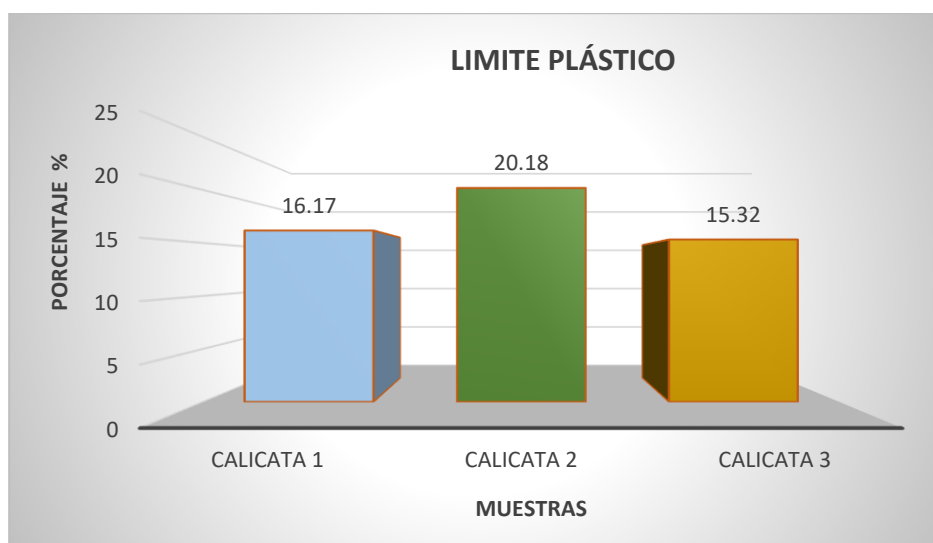
**Tabla 18**

*Promedio de resultados de los especímenes de limite plástico de las tres calicatas*

Detalle	Promedio (%)
SF1 – LP calicata - 1	16.17
SF2 – LP calicata - 2	20.18
SF3 – LP calicata - 3	15.32
Promedio Limite liquido %	17.22 %

**Figura 22**

*Comparación de resultados del límite plástico*



**Tabla 19**

*Especímenes mezclados para limite líquido y plástico con adición 4% cenizas de carbón y 6% cal*

Detalle	LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLÁSTICO	
	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
SF1 - Esp. Seco + t.	44.07	42.48	20.72	20.42
SF2 - Esp. Seco + t.	40.89	40.11	18.62	18.29
Esp. Peso t.	31.15	32.05	6.20	6.05
Esp. agua	3.18	2.37	2.10	2.13
Esp. Seco	9.74	8.06	12.42	12.24
Humedad %	32.65	29.40	16.41	17.40
Numero de golpes	23	25		
Limite liquido %		30.72 %		17.16 %
Índice de plasticidad %				13.56 %

**Tabla 20**

*Especímenes mezclados para limite líquido y plástico con adición 8% cenizas de carbón y 6% cal*

Detalle	LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLÁSTICO	
	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
SF1 - Esp. Seco + t.	42.01	41.09	19.32	20.47
SF2 - Esp. Seco + t.	38.91	37.11	17.15	18.06
Esp. Peso t.	19.05	20.55	6.32	6.20
Esp. agua	5.10	3.98	2.17	2.41
Esp. Seco	17.89	16.56	10.83	11.86
Humedad %	28.56	24.03	20.04	20.32
Numero de golpes	22	20		



Limite liquido %	25.89 %	20.18 %
Índice de plasticidad %	5.71 %	

**Tabla 21**

*Especímenes mezclados para limite líquido y plástico con adición 8% cenizas de carbón y 6% cal*

Detalle	LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLÁSTICO	
	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
SF1 - Esp. Seco + t.	40.57	39.84		
SF2 - Esp. Seco + t.	38.95	38.76		
Esp. Peso t.	31.20	32.10		
Esp. agua	1.62	1.08		
Esp. Seco	7.75	6.66		
Humedad %	20.90	16.22		
Numero de golpes	15	14		
Limite liquido %	17.45 %		<b>NP</b>	
Índice de plasticidad %	<b>NO PRESENTA</b>			

**INTERPRETACIÓN DE ANALISIS**

según los datos que obtuvimos en nuestras tablas con adición de cenizas de carbón con porcentajes de 4, 8 y 12 por ciento más la adición de cal del 6 por cierto, muestran que a diferencia de la muestra patrón que es un tipo de suelo de arcilla de baja plasticidad, estos tienden a disminuir su plasticidad según se va aumentando las cenizas teniendo como ultimo resultado la muestra con 12% de CC con 6% de cal el cual ya no presenta plasticidad cambiando así al tipo de suelo de limo de baja plasticidad, de tal manera es un buen resultado ya que le quita su plasticidad al suelo y lo vuelve menos expansivo.

### 4.1.3. Gradación de las muestras

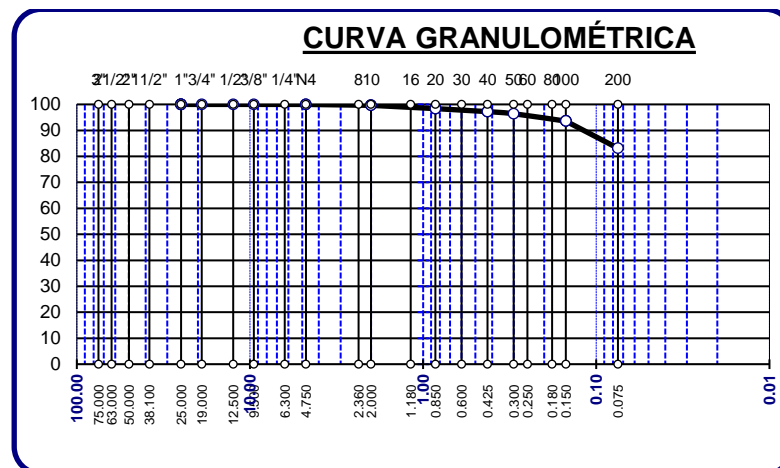
**Tabla 22**

*Gradación de los especímenes de la calicata N° 1*

Tamiz	P. retenido	% Ret. Parcial
N° 4	0.00	0.00
N° 8	0.88	0.35
N° 16	3.16	1.26
N° 30	2.89	1.16
N° 50	2.04	0.82
N° 100	7.10	2.84
N° 200	26.08	10.43
Base	207.85	83.14
Total	250.00	100.00
Perdida %	83.14	
Tipo de suelo	SUCS CL	ASSTHO A-6 (13)

**Figura 23**

*Curva de gradación del espécimen 1*



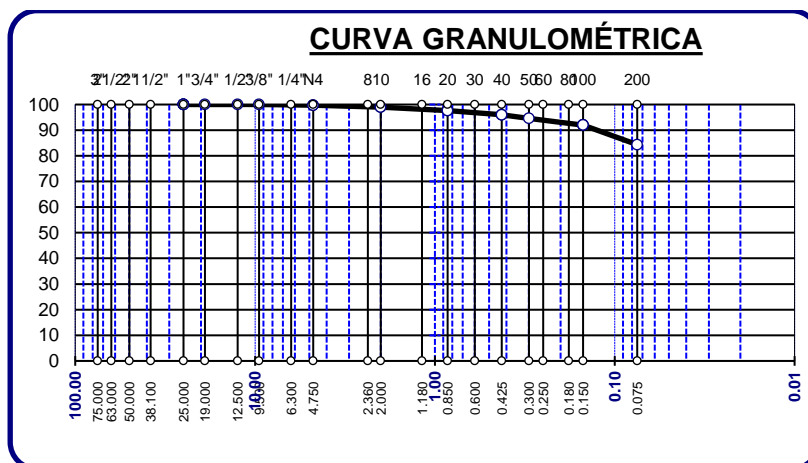
**Tabla 23**

*Gradación de los especímenes de la calicata N° 2*

Tamiz	P. retenido	% Ret. Parcial
N° 4	0.66	0.26
N° 8	1.92	0.77
N° 16	3.33	1.33
N° 30	4.05	1.62
N° 50	3.57	1.43
N° 100	6.55	2.62
N° 200	19.04	7.62
Base	210.88	84.35
Total	250.00	100.00
Perdida %	84.35	
Tipo de suelo	SUCS CL	ASSTHO A-7-6 (14)

**Figura 24**

*Curva de gradación del espécimen 2*





#### 4.1.4. Proctor modificado

**Tabla 25**

*Máxima densidad seca y optimo contenido de humedad suelo de fundación*

Descripción de la muestra				
Detalle	M-1	M-2	M-3	M-4
Densidad del suelo seco	1.586	1.658	1.644	1.534
Humedad	15.25	17.17	19.07	21.47
Promedio Max. D. seca		1.662		g/cm <sup>3</sup>
Promedio humedad op.		17.77		%

**Tabla 26**

*Combinación MDS y humedad optima suelo de fundación con adición de 4% ceniza de carbón y 6% cal*

Descripción de la muestra				
Detalle	M-1	M-2	M-3	M-4
Densidad del suelo seco	1.500	1.578	1.554	1.435
Humedad	15.29	17.01	19.70	21.67
Promedio Max. D. seca		1.589		g/cm <sup>3</sup>
Promedio humedad op.		17.97		%

**Tabla 27**

*Combinación MDS y humedad óptima suelo de fundación con adición de 8% ceniza de carbón y 6% cal*

Descripción de la muestra				
Detalle	M-1	M-2	M-3	M-4
Densidad del suelo seco	1.622	1.715	1.696	1.616
Humedad	17.15	19.72	21.72	23.44
Promedio Max. D. seca		1.718		g/cm <sup>3</sup>
Promedio humedad op.		20.23		%

**Tabla 28**

*Combinación MDS y humedad óptima suelo de fundación con adición de 12% ceniza de carbón y 6% cal*

Descripción de la muestra				
Detalle	M-1	M-2	M-3	M-4
Densidad del suelo seco	1.623	1.696	1.688	1.574
Humedad	18.40	20.46	22.44	24.42
Promedio Max. D. seca		1.704		g/cm <sup>3</sup>
Promedio humedad op.		21.30		%

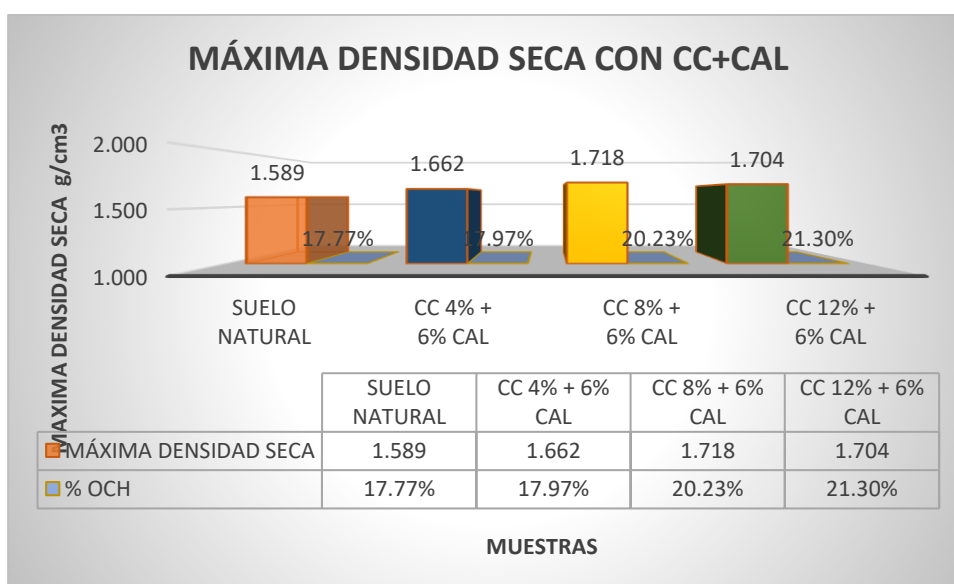
**Tabla 29**

*Promedio de resultados de los especímenes de MDS y optimo contenido de humedad*

Detalle	MDS (g/cm <sup>3</sup> )	Humedad Op. (%)
Suelo de fundación	1.589 g/cm <sup>3</sup>	17.77 %
SF + 4% CC + 6% Cal	1.662 g/cm <sup>3</sup>	17.97 %
SF + 8% CC + 6% Cal	1.718 g/cm <sup>3</sup>	20.23 %
SF + 12% CC + 6% Cal	1.704 g/cm <sup>3</sup>	21.30 %

**Figura 26**

*Comparación de resultados Proctor modificado*



**Tabla 30**

*Resultados de CBR de los especímenes de la muestra patrón*

Calicata	CBR patrón	
	CBR al 100%	CBR al 95%
SF Patrón X-1	6.14	4.87
SF Patrón X-2	6.04	4.82
SF Patrón X-3	5.92	4.99
<b>Promedio</b>	6.03	4.90

**Tabla 31**

*Combinación suelo de fundación con 4% de ceniza de carbón y 6% de cal para el CBR al 100% y 95%*

Calicata	CBR 4% Ceniza de carbón + 6% cal	
	CBR al 100%	CBR al 95%
S/N	6.03	4.90
SF + CC 4% + Cal 6% - E1	6.30	5.05
SF + CC 4% + Cal 6% - E2	6.71	6.04
SF + CC 4% + Cal 6% - E3	6.45	5.31
<b>Promedio</b>	7.25	5.40

**Tabla 32**

*Combinación suelo de fundación con 8% de ceniza de carbón y 6% de cal para el CBR al 100% y 95%*

<b>CBR 8% Ceniza de carbón + 6% cal</b>		
<b>Calicata</b>	<b>CBR al 100%</b>	<b>CBR al 95%</b>
S/N	6.03	4.90
SF + CC 8% + Cal 6% - E1	11.18	9.53
SF + CC 8% + Cal 6% - E2	12.32	10.96
SF + CC 8% + Cal 6% - E3	12.41	11.64
<b>Promedio</b>	<b>11.97</b>	<b>10.71</b>

**Tabla 33**

*Combinación suelo de fundación con 12% de ceniza de carbón y 6% de cal para el CBR al 100% y 95%*

<b>CBR 12% Ceniza de carbón + 6% cal</b>		
<b>Calicata</b>	<b>CBR al 100%</b>	<b>CBR al 95%</b>
S/N	6.03	4.90
SF + CC 12% + Cal 6% - E1	15.24	13.40
SF + CC 12% + Cal 6% - E2	13.98	11.71
SF + CC 12% + Cal 6% - E3	15.54	12.12
<b>Promedio</b>	<b>14.92</b>	<b>12.41</b>

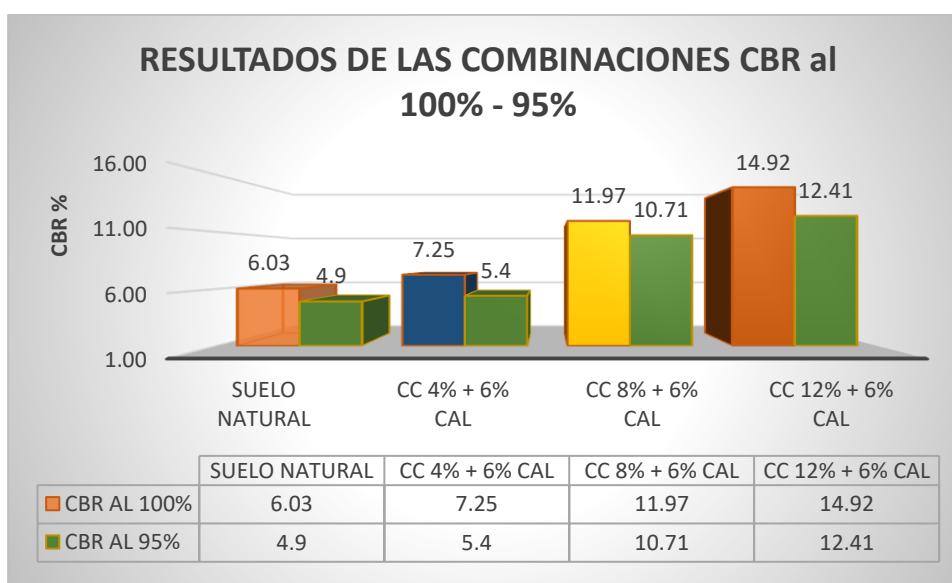
**Tabla 34**

*Promedio de resultados de los especímenes de las muestras de CBR al 100% y 95%*

Detalle	CBR 100%	CBR 95%
Suelo de fundación	6.03 %	4.90 %
SF + 4% CC + 6% Cal	7.25 %	5.40 %
SF + 8% CC + 6% Cal	11.97 %	10.71 %
SF + 12% CC + 6% Cal	14.92 %	12.41 %

**Figura 27**

*Comparación de resultados CBR*



#### 4.2. Discusión de resultados

El índice de consistencia fue de 23.29%, 23.87%, 12.51%, los cuales fueron superiores con respecto a lo que concluye Taca (2021), los cuales emplearon una adición de ceniza del carbón en porcentajes de 5%, 10% y 15% llegando a valores del índice de plasticidad de 12.80 %, 7.15 % y 5.32 % para contenidos de ceniza de 4 %, 10 % y 15 % respectivamente, obteniéndose el menor valor de 5.32 para el 15 % de ceniza de carbón, mientras que al adicionar las cenizas de carbón se redujo su índice plástico teniendo los resultados de con 4% CC con 6% cal de 30.72%, con 8% CC con 6% cal 5.71% y el ultimo 12% CC con 6% cal no presenta plasticidad.

La máxima densidad seca fue de 1.589, 1.662, 1.718, 1.704 con empleo del 4%, 8% y 12% respectivamente obteniendo el mayor valor el de 8% de CC con 6% de cal%, entonces la máxima densidad seca fue inferior en cuanto a lo que concluye Taca (2021), los cuales emplearon una adición del 5%, 10% y 15% llegando a valores de MDS de 1.840, 1.997 y 1.907, teniendo como máximo valor la adición del 10% de ceniza de carbón

En cuanto al CBR al 100% obtenido fue de 6.03%, 7.25%, 11.97%, 12.52%, en combinaciones de la muestra patrón con adiciones de 4%, 8%, 12% respectivamente, donde nuestros resultados fueron inferiores con respecto a lo que concluyo Taca (2021), obteniendo El CBR de 9.4% suelo natural, 19.02 %, 24.95 % y 28.50 % para contenidos de ceniza de 5 %, 10 % y 15 % respectivamente, obteniéndose el mayor valor de 28.50 % para el 15 % de ceniza de carbón, para valores superiores a ésta, el CBR tiende a disminuir.

## CONCLUSIONES

**CONCLUSIÓN GENERAL.** Concluimos que este método para mejorar las propiedades mecánicas de los suelos. A través de una serie de ensayos de laboratorio, se constató que la adición de cenizas de carbón reduce significativamente el índice de plasticidad del suelo, incrementando su capacidad de carga. Esto es especialmente relevante en contextos donde los suelos arcillosos, caracterizados por su alta expansividad y baja estabilidad, presentan desafíos críticos para la infraestructura vial. La utilización de cenizas de carbón, como subproducto abundante y de bajo costo en la región, no solo mejora las condiciones del suelo, sino que también promueve prácticas sostenibles al reutilizar un residuo local. Este enfoque contribuye a la economía circular y a la reducción del impacto ambiental asociado con la construcción y mantenimiento de infraestructuras viales.

**C1,** Concluimos con respecto al índice de plasticidad que, la reducción del índice de plasticidad obtenida mediante la estabilización con cenizas de carbón evidencia la viabilidad de este material como estabilizante efectivo para suelos arcillosos. Esta mejora en las propiedades del suelo contribuye a la durabilidad y sostenibilidad de las obras viales en regiones como Juliaca, donde la estabilidad de la subrasante es un factor crítico para la infraestructura.

**C2,** Con respecto al objetivo número dos concluimos que Los ensayos realizados han mostrado que la adición de cenizas de carbón modifica tanto la máxima densidad seca como el óptimo contenido de humedad del suelo. Específicamente, la incorporación de cenizas generalmente tiende a aumentar la máxima densidad seca, lo que indica una mejora en la compactabilidad del



suelo. Esto se debe a que las partículas de ceniza, al rellenar los vacíos entre las partículas de suelo, permiten una compactación más eficiente, resultando en una estructura del suelo más densa y estable.

**C3**, Finalmente concluimos que la incorporación de cenizas de carbón mejora significativamente el índice CBR del suelo arcilloso estabilizado a medida que se incrementa la proporción de cenizas en la mezcla, se observa un aumento en el CBR, lo que indica una mayor capacidad de carga y una mejor resistencia del suelo a la deformación bajo condiciones de tráfico pesado, este incremento en el CBR se debe a la reacción puzolánica entre los componentes de las cenizas y las partículas del suelo, que da lugar a la formación de compuestos cementantes, mejorando la cohesión y rigidez del suelo.



## RECOMENDACIONES

**R1**, Combinar las cenizas de carbón con otro aditivo ya sea con el cemento o cenizas volantes los cuales son aditivos que mejoran bastante el tipo de suelo, también cambiar las dosificaciones para observar hasta que punto se puede añadir o utilizar las cenizas de carbón.

**R2**, Con respecto con el aumento de cenizas de carbón a los índices de plasticidad se debe trabajar con rangos de porcentajes menores ya que no se puede manipular al momento de realizar el ensayo, el cambio es muy brusco y se tiene bastante inconveniente al realizar dicha prueba

**R3**, Para los ensayos de densidad debe ser controlado los porcentajes que se va aumentando, puesto que a mayor adición de cenizas estos tienden a absorber mucha más agua el cual no es bueno para nuestro mejoramiento de nuestra subrasante por que empieza a colacionarse.

**R4**, Para los ensayos CBR para el 95% y 100% se debe establecer porcentajes óptimos para que se aplique en campo, buscar la menor dosificación posible para permitir que sea económico y se pueda aplicar en el campo real, ya que los resultados mostraron mejoría y aumentan la resistencia de nuestro suelo

..



## BIBLIOGRAFIA

- Ahmaruzzaman, M. (2010). *Una revisión sobre la utilización de cenizas volantes*. Progreso en la ciencia de la energía y la combustión, 36(3), 327-363.
- Alonso, C. y Romero, F. (2018). *Propiedades puzolánicas de la ceniza de carbón en la estabilización de suelos*. Revista de Ingeniería de Materiales, 10(3), 145-153.
- Barros, E. (2014). *Compactación de suelos*. Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido de <https://es.slideshare.net/edisonbarros98/compactaciones-de-los-suelos>
- Bell, FG (1996). *Estabilización con cal de minerales arcillosos y suelos*. *Ingeniería Geológica*, 42(4), 223-237.
- Bell, FG (1996). *Estabilización con cal de minerales arcillosos y suelos*. *Ingeniería Geológica*, 42(4), 223-237.
- Ccallo, H., Gómez, R., & Huanca, S. (2020). *Uso de materiales locales para la estabilización de suelos en carreteras de la región de Puno*. Revista de Ingeniería Civil Andina, 5(3), 70-78.
- Ccansaya, F. (2014). *Plastidad de lo suelos*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/fritzccamsaya/plasticidad-de-suelos>
- Consoli, NC, Prietto, PDM, & da Silva Lopes, L. (2002). *Comportamiento ingenieril de una arena reforzada con residuos plásticos*. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 128(6), 462-472.



- Consoli, NC, Prietto, PDM, & da Silva Lopes, L. (2002). *Comportamiento ingenieril de una arena reforzada con residuos plásticos*. Revista de Ingeniería Geotécnica y Geoambiental, 128(6), 462-472.
- Consoli, NC, Prietto, PDM, & da Silva Lopes, L. (2002). *Comportamiento ingenieril de una arena reforzada con residuos plásticos*. Revista de Ingeniería Geotécnica y Geoambiental, 128(6), 462-472.
- Creswell, J., & Creswell, D. (2017). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage Publications. Obtenido de [https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/510378/mod\\_resource/content/1/creswell.pdf](https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/510378/mod_resource/content/1/creswell.pdf)
- Escalante, E., Martínez, M. y Vera, L. (2020). *Uso de materiales locales para la estabilización de suelos en proyectos de infraestructura en Perú*. Revista de Construcción y Tecnología, 8(1), 50-58.
- Gómez. (2020). *Estabilización de suelos arcillosos con cal*. Obtenido de <https://www.horcalsa.com/blog/estabilizacion-de-suelos-arcillosos-con-cal-horcalsa/>
- Hernandez & Baptista. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill. Mexico. Obtenido de <https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. (2018). *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES S.A.
- Ingles, OG, y Metcalf, JB (1972). *Principios y prácticas de estabilización de suelos*. Sydney: Butterworths.



- Ingles, OG, y Metcalf, JB (1972). *Principios y prácticas de estabilización de suelos*. Butterworths.
- Little, DN, Nair, S., & Prusinski, JR (2000). *Avances recientes en la estabilización con cal*. Transportation Research Board.
- Little, DN, Nair, S., y Prusinski, JR (2000). *Avances recientes en la estabilización con cal*. Transportation Research Board.
- Maldonado, Y. (2021). *Pavimento: Tipos, propiedades, características y usos*.  
Obtenido de <https://geologiaweb.com/materiales/pavimento/>
- Mamani, R., & Quispe, L. (2019). *Evaluación de la estabilización de suelos arcillosos con cal en caminos rurales de Puno*. Revista Andina de Ingeniería, 8(2), 45-53.
- Miller, GA, y Azad, S. (2000). *Influencia del tipo de suelo en la estabilización con polvo de horno de cemento*. Construcción y materiales de construcción , 14(2), 89-97.
- Miller, GA, y Azad, S. (2000). *Influencia del tipo de suelo en la estabilización con polvo de horno de cemento*. Construcción y materiales de construcción, 14(2), 89-97.
- Mitchell, JK (1993). *Fundamentos del comportamiento del suelo*. John Wiley & Sons.
- Muntohar, AS (2002). *Utilización de la quema incontrolada de cenizas de cáscara de arroz para la mejora del suelo*. Dimensi Teknik Sipil , 4(1), 100-105.



- Saavedra, M. (2022). *Evaluación de las propiedades de la subrasante estabilizada con óxido de calcio para vía no pavimentada Pazos*. Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Saavedra\_CM-SD%20(2).pdf
- Santoni, RL, & Webster, SL (2001). *Construcción de aeródromos y carreteras mediante estabilización de arenas con fibras*. Journal of Transportation Engineering , 127(2), 96-104.
- Santoni, RL, & Webster, SL (2001). *Construcción de aeródromos y carreteras mediante estabilización de arenas con fibras*. Journal of Transportation Engineering, 127(2), 96-104.
- Taha, RA, Taha, MR, & Al-Rawas, AA (2002). *Evaluación de suelos expansivos tratados con cemento y polvo de cemento*. Ingeniería geotécnica y geológica, 20(3), 203-217.
- Torres, R., Pérez, J., & Chávez, M. (2021). *Impacto del uso de cal y cenizas en la estabilidad de suelos arcillosos para infraestructura en Puno*. Revista Peruana de Ingeniería y Construcción, 12(1), 89-97.
- Valverde, A., & Gómez, C. (2017). *Problemática de los suelos arcillosos en la infraestructura de carreteras en el Perú*. Revista de Ingeniería Civil , 29(2), 159-168.
- Yangua, H. (2023). *Diseño de mezcla adicionando fibra de caucho sintético para mejorar las propiedades mecánicas del concreto*. Pimentel - Perú: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Yangua%20Criollo%20Hilmer.pdf



Yepes, V. (2010). *La estabilización de suelos*. Obtenido de

<https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/01/23/la-estabilizacion-de-suelos/>

Zapata, R. (2018). *Tipos de suelos: Caracterización de suelos arcillosos y limosos*.

Argentina: Universidad Nacional de Rosario. Obtenido de

<https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/TIPOS%20DE%20SUELO.pdf>



### ANEXOS

#### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TITULO:** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA

PROBELMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGIA
¿Cómo influye la estabilización de suelos arcillosos con adición de ceniza de carbón y cal para el mejoramiento de la subrasante en la ciudad de Lampa?	Determinar cómo influye la estabilización de suelos arcillosos con adición de ceniza de carbón y cal para el mejoramiento de la subrasante en la ciudad de Lampa	La estabilización de suelos arcillosos con adición de ceniza de carbón y cal mejoraran significativamente la subrasante en la ciudad de Lampa.	<b>Variable independiente</b>  Cenizas de carbón  Cal	Granulometría (g)  Proporción de mezcla (4%, 8%, 12%)  Composición química	<b>Enfoque:</b> Cuantitativo <b>Tipo:</b> Aplicada <b>Nivel:</b> Explicativo <b>Diseño:</b> Cuasi experimental
PROBELMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPOTESIS ESPECIFICO	VARIABLES	DIMENSIONES	INSTRUMENTOS
1. ¿De qué manera influye la adición de cenizas de carbón y cal en los límites de consistencia en la estabilización de suelos arcillosos?	Determinar cómo influye la adición de cenizas de carbón y cal en los límites de consistencia en la estabilización de suelos arcillosos	1. La estabilización de los suelos arcillosos con adición de cenizas de carbón y cal reducirá significativamente el índice de consistencia	<b>Variable Dependiente</b>  Estabilidad de suelos arcillosos	Índice de consistencia  Proctor modificado  CBR	Fichas de ensayos de:  -Contenido de humedad  -Limite liquido  -Limite plástico  -Índice de consistencia  -Proctor modificado  -CBR
2. ¿De qué manera influye la adición de cenizas de carbón y cal en la densidad seca y el óptimo contenido de humedad para mejorar la subrasante en suelos arcillosos?	Determinar cómo influye la adición de cenizas de carbón y cal en la densidad seca y el óptimo contenido de humedad para mejorar la subrasante en suelos arcillosos.	2. La adición de cenizas de carbón y cal mejorará significativamente la densidad seca del suelo arcilloso			
3. ¿De qué manera influye la adición de cenizas de carbón y cal en la capacidad de soporte del suelo para mejorar la subrasante en suelos arcillosos?	Determinar cómo influye la adición de cenizas de carbón y cal en la capacidad de soporte del suelo para mejorar la subrasante en suelos arcillosos.	3. La adición de cenizas de carbón y cal mejorará significativamente la capacidad de soporte del suelo arcilloso.			



### ENSAYOS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**TESIS:** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA  
**SOLICITANTE:** Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI  
**MUESTRA:** CALICATA N° 01  
**PROFUNDIDAD:** 1.50 m  
**UBICACIÓN:** Jr. JUAN JOSE CON JF. SUCRE  
**LUGAR:** DISTRITO DE LAMPA  
**FECHA:** 19 DE AGOSTO DEL 2024

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	267.10
SUELO SECO + TARRO	gr	244.30
PESO DEL TARRO	gr	43.20
PESO DEL AGUA	gr	22.80
PESO DEL SUELO SECO	gr	201.10
HUMEDAD %	%	11.34

### LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO			
TARRO N°		Q	W
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	40.76	39.94
SUELO SECO + TARRO	gr	35.05	34.67
PESO DEL TARRO	gr	21.10	20.80
PESO DEL AGUA	gr	5.71	5.27
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.95	13.87
HUMEDAD %	%	40.93	38.00
N° DE GOLPES		25	25

LÍMITE PLÁSTICO	
1	3
19.50	19.04
17.55	17.33
6.20	6.05
1.95	1.71
11.35	11.28
17.18	15.16

**LÍMITE LÍQUIDO % :** 39.46      **LÍMITE PLÁSTICO % :** 16.17

**ÍNDICE PLÁSTICO % :** 23.29

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$   
Donde:  
LL = Límite Líquido  
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
N = Número de Golpes



UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
MGT. ARMANDO YANATORRES  
CIP 180007

B. N° 006-00304507



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN Y CAL  
 PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA

SOLICITANTE : Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI

MUESTRA : CALICATA N° 01

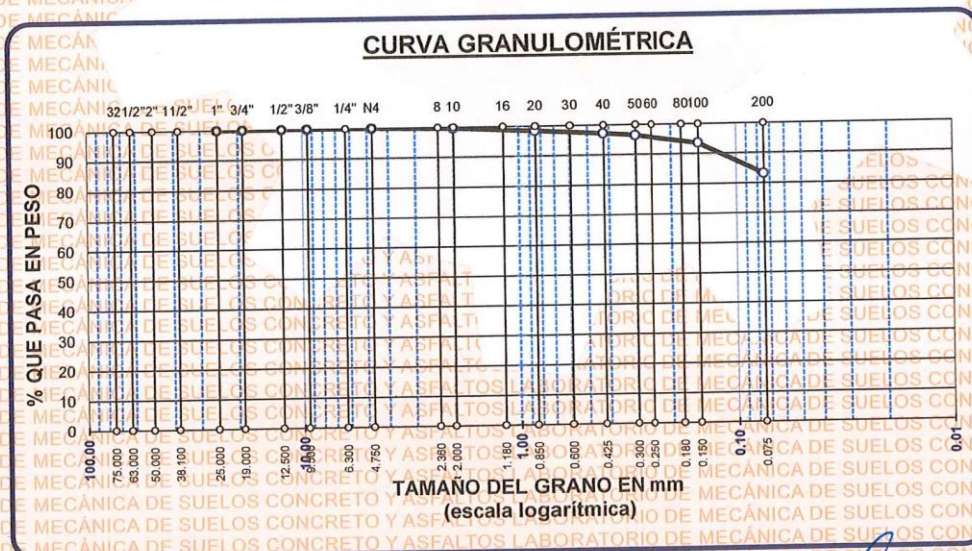
PROFUNDIDAD : 1.50 m

UBICACIÓN : Jr. JUAN JOSE CON Jr. SUCRE

LUGAR : DISTRITO DE LAMPA

FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000					P.I.= 250.00
2"	50.000					P.L.= 42.15
1 1/2"	38.100					P.P.= 207.85
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	% W = 11.34
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 39.46
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 16.17
1/4"	6.300					I.P.= 23.29
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360					D10= ---- Cu= ----
No10	2.000	0.88	0.35	0.35	99.65	D30= ---- Cc= ----
No16	1.180					D60= ----
No20	0.850	3.16	1.26	1.62	98.38	CLASIFICACIÓN:
No30	0.600					:
No40	0.425	2.89	1.16	2.77	97.23	SUCS : CL
No50	0.300	2.04	0.82	3.59	96.41	ASSTHO : A-6 (13)
No60	0.250					OBSERVACIONES:
No80	0.180					
No100	0.150	7.10	2.84	6.43	93.57	
No200	0.075	26.08	10.43	16.86	83.14	
BASE		207.85	83.14	100.00	0.00	
TOTAL		250.00	100.00			
% PERDIDA		83.14				



UANCV - ICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. ARMA YAYANA TORRES  
CIP 165297

B. N° 006-00304507



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**TESIS** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN Y CAL

PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA

**SOLICITANTE** : Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI

**MUESTRA** : CALICATA N° 02

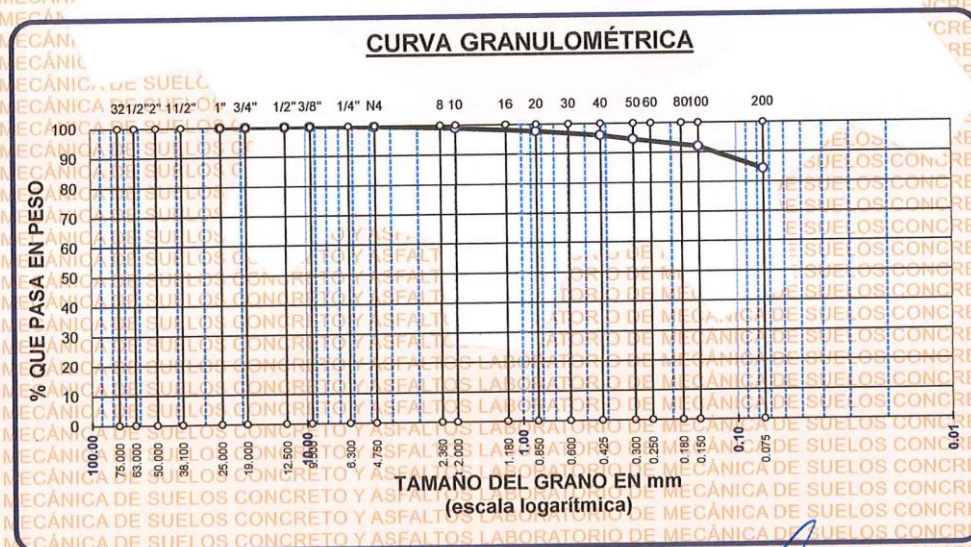
**PROFUNDIDAD** : 1.50 m

**UBICACIÓN** : Jr. JUAN JOSE CON Jr. SAN ROMÁN

**LUGAR** : DISTRITO DE LAMPA

**FECHA** : 19 DE AGOSTO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000					P.I.= 250.00
2"	50.000					P.L.= 39.12
1 1/2"	38.100					P.P.= 210.88
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	% W = 9.81
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 44.05
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 20.18
1/4"	6.300					I.P.= 23.87
No4	4.750	0.66	0.26	0.26	99.74	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360					D10= ---- Cu= ----
No10	2.000	1.92	0.77	1.03	98.97	D30= ---- Cc= ----
No16	1.180					D60= ----
No20	0.850	3.33	1.33	2.36	97.64	CLASIFICACIÓN:
No30	0.600					:
No40	0.425	4.05	1.62	3.98	96.02	SUCS : CL
No50	0.300	3.57	1.43	5.41	94.59	ASSTHO : A-7-6 (14)
No60	0.250					OBSERVACIONES:
No80	0.180					
No100	0.150	6.55	2.62	8.03	91.97	
No200	0.075	19.04	7.62	15.65	84.35	
BASE		210.88	84.35	100.00	0.00	
TOTAL		250.00	100.00			
% PERDIDA						



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO M.S.C. JEFATURA JULIACA  
 Mgtr. ANITA JOYANA TORRES  
 CIP 10527

B. N° 006-00304507



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**TESIS:** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA  
**SOLICITANTE:** Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI  
**MUESTRA:** CALICATA N° 03  
**PROFUNDIDAD:** 1.50 m  
**UBICACIÓN:** Jr. JUAN JOSE CON JR. JUNIN  
**LUGAR:** DISTRITO DE LAMPA  
**FECHA:** 19 DE AGOSTO DEL 2024

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	277.60
SUELO SECO + TARRO	gr	254.80
PESO DEL TARRO	gr	40.60
PESO DEL AGUA	gr	22.80
PESO DEL SUELO SECO	gr	214.20
HUMEDAD %	%	10.64

### LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

#### LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		D	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	42.57	40.84
SUELO SECO + TARRO	gr	39.95	39.02
PESO DEL TARRO	gr	31.20	32.10
PESO DEL AGUA	gr	2.62	1.82
PESO DEL SUELO SECO	gr	8.75	6.92
HUMEDAD %	%	29.94	26.30
N° DE GOLPES		23	23

#### LÍMITE PLÁSTICO

8	2
16.37	17.13
15.05	15.64
6.15	6.22
1.32	1.49
8.90	9.42
14.83	15.82

**LÍMITE LÍQUIDO % :** 27.84      **LÍMITE PLÁSTICO % :** 15.32

**ÍNDICE PLÁSTICO % :** 12.51

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Límite Líquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Número de Golpes

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 Mgtr. ARYAN POYAN TORRES  
 CIP 105527



B.N° 006-00304507



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**TESIS** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA  
**SOLICITANTE** : Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI  
**MUESTRA** : CON 4% DE CENIZA DE CARBÓN - 6% DE CAL  
**LUGAR** : DISTRITO DE LAMPA  
**FECHA** : 19 DE AGOSTO DEL 2024

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	254.10
SUELO SECO + TARRO	gr	237.50
PESO DEL TARRO	gr	44.10
PESO DEL AGUA	gr	16.60
PESO DEL SUELO SECO	gr	193.40
HUMEDAD %	%	8.58

### LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

#### LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	44.07	42.48
SUELO SECO + TARRO	gr	40.89	40.11
PESO DEL TARRO	gr	31.15	32.05
PESO DEL AGUA	gr	3.18	2.37
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.74	8.06
HUMEDAD %	%	32.65	29.40
N° DE GOLPES		23	23

#### LÍMITE PLÁSTICO

1	2
20.72	20.42
18.62	18.29
6.20	6.05
2.10	2.13
12.42	12.24
16.91	17.40

**LÍMITE LÍQUIDO %** : 30.72      **LÍMITE PLÁSTICO %** : 17.16

**ÍNDICE PLÁSTICO %** : 13.56

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

W<sub>n</sub> = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UANCV - FICE  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Mg. ARMANDO J. ANATORES  
 DIP 105297

B. N° 006-0030450 7



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**TESIS:** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA

**SOLICITANTE:** Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI

**MUESTRA:** CON 8% DE CENIZA DE CARBÓN - 6% DE CAL

**LUGAR:** DISTRITO DE LAMPA

**FECHA:** 19 DE AGOSTO DEL 2024

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	274.50
SUELO SECO + TARRO	gr	261.40
PESO DEL TARRO	gr	40.10
PESO DEL AGUA	gr	13.10
PESO DEL SUELO SECO	gr	221.30
HUMEDAD %	%	5.92

### LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°	LÍMITE LÍQUIDO		
		C	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	42.01	41.09
SUELO SECO + TARRO	gr	36.91	37.11
PESO DEL TARRO	gr	19.05	20.55
PESO DEL AGUA	gr	5.10	3.98
PESO DEL SUELO SECO	gr	17.86	16.56
HUMEDAD %	%	28.56	24.03
N° DE GOLPES		22	22

LÍMITE PLÁSTICO	
3	4
19.32	20.47
17.15	18.06
6.32	6.20
2.17	2.41
10.83	11.86
20.04	20.32

**LÍMITE LÍQUIDO % :** 25.89      **LÍMITE PLÁSTICO % :** 20.18

**ÍNDICE PLÁSTICO % :** 05.71

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

W<sub>n</sub> = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes

UNANCV FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 MGR. ARMANDO JOYAN TORRES  
 CIP 16527

B. N° 006-0030450 7



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



**TESIS:** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN Y CAL  
**SOLICITANTE:** PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA  
 Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI  
**MUESTRA:** CON 12% DE CENIZA DE CARBÓN - 6% DE CAL  
**LUGAR:** DISTRITO DE LAMPA  
**FECHA:** 19 DE AGOSTO DEL 2024

### CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	261.10
SUELO SECO + TARRO	gr	251.70
PESO DEL TARRO	gr	38.10
PESO DEL AGUA	gr	9.40
PESO DEL SUELO SECO	gr	213.60
HUMEDAD %	%	4.40

### LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

#### LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		M	N
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	40.57	39.84
SUELO SECO + TARRO	gr	38.95	38.76
PESO DEL TARRO	gr	31.20	32.10
PESO DEL AGUA	gr	1.62	1.08
PESO DEL SUELO SECO	gr	7.75	6.66
HUMEDAD %	%	20.90	16.22
N° DE GOLPES		15	15

#### LÍMITE PLÁSTICO


LÍMITE LÍQUIDO % : 17.45 LÍMITE PLÁSTICO % : NP

ÍNDICE PLÁSTICO % : NP

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$   
 Donde:  
 LL = Límite Líquido  
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)  
 N = Número de Golpes

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 Mgtr. ARMANDO JOYANA TORRES  
 CIP 165287

B. N° 006-0030450 7



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



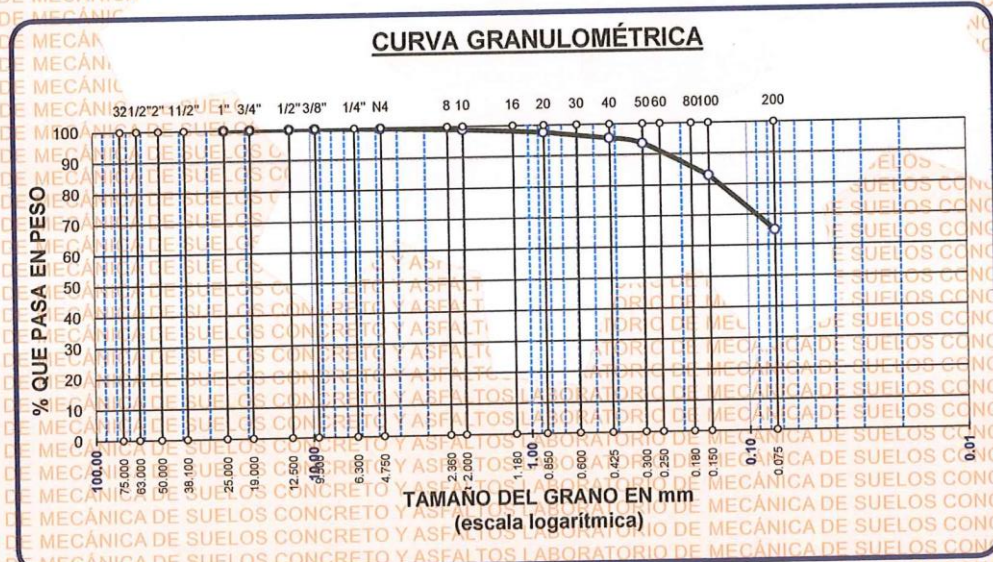
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

**TESIS:** ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA  
**SOLICITANTE:** Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI  
**MUESTRA:** CALICATA N° 03  
**PROFUNDIDAD:** 1.50 m  
**UBICACIÓN:** Jr. JUAN JOSE CON Jr. JUNIN  
**LUGAR:** DISTRITO DE LAMPA  
**FECHA:** 19 DE AGOSTO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	38.100				
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.300				
No4	4.750	0.69	0.28	0.28	99.72
No8	2.360				
No10	2.000	2.10	0.84	1.12	98.88
No16	1.180				
No20	0.850	3.06	1.22	2.34	97.66
No30	0.600				
No40	0.425	5.55	2.22	4.56	95.44
No 50	0.300	4.62	1.85	6.41	93.59
No60	0.250				
No80	0.180				
No100	0.150	26.75	10.70	17.11	82.89
No200	0.075	45.06	18.02	35.13	64.87
BASE		162.17	64.87	100.00	0.00
TOTAL		250.00	100.00		
% PERDIDA			64.87		

**TAMAÑO MÁXIMO:**  
**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**  
 P.L.= 250.00  
 P.L.= 87.83  
 P.P.= 162.17  
 % W = 10.64  
**LIMITES DE CONSISTENCIA:**  
 L.L.= 27.84  
 L.P.= 15.32  
 I.P.= 12.51  
**CARACT. GRANULOMÉTRICAS:**  
 D10= ---- Cu= ----  
 D30= ---- Cc= ----  
 D60= ----  
**CLASIFICACIÓN:**  
 :  
**SUCS : CL**  
**ASSTHO : A-6 (7)**  
**OBSERVACIONES:**



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 Ing. ARMANDO YAYANA TORRES  
 CIP 160007

B. N° 006-00304507



**UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**

### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

**TESIS** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA

**SOLICITANTE** : Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI

**MUESTRA** : SUELO DE FUNDACIÓN

**UBICACIÓN** : Jr. JUAN JOSE CON Jr. SUCRE

**LUGAR** : DISTRITO DE LAMPA

**FECHA** : 23 DE AGOSTO DEL 2024

**MOLDE No** : 1 **VOLUMEN DEL MOLDE** : 2079 cm<sup>3</sup>

**No DE CAPAS** : 5 **GOLPES POR CAPA** : 56 golpes

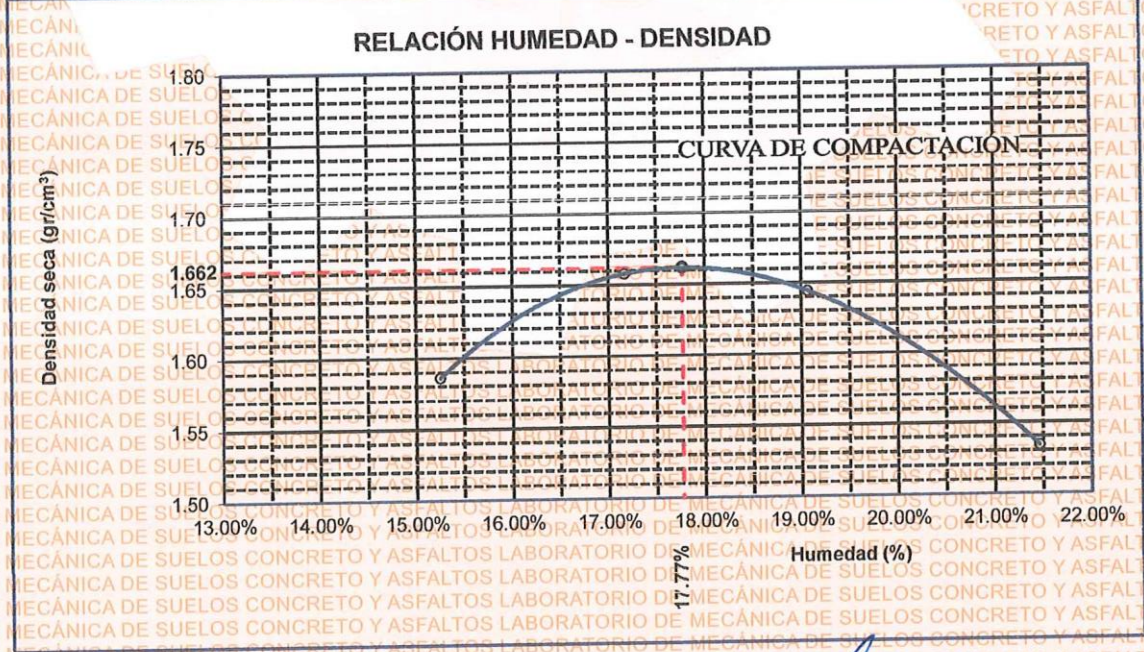
Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9738	9976	10008	9812
Peso del Molde	gr.	5938	5938	5938	5938
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	3800	4038	4070	3874
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1.828	1.942	1.958	1.863

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	241.10	238.60	236.10	239.00	235.11	231.55	240.09	238.10
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	216.88	214.05	209.34	212.66	205.75	203.06	207.30	204.89
Peso del Agua	gr.	24.22	24.55	26.76	26.34	29.36	28.49	32.79	33.21
Peso de la Capsula	gr.	56.10	55.00	54.20	58.60	52.30	53.20	51.44	53.21
Peso del Suelo Seco	gr.	160.78	159.05	155.14	154.06	153.45	149.86	155.86	151.68
% de Humedad	%	15.05%	15.44%	17.25%	17.10%	19.13%	19.01%	21.04%	21.89%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	15.25%		17.17%		19.07%		21.47%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.586		1.658		1.644		1.534	

**METODO**: ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"

**MAXIMA DENSIDAD SECA** : 1.662 gr/cm<sup>3</sup>

**HUMEDAD OPTIMA** : 17.77%



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JELAJRA

MAYOR ANA JOYANA TORRES

B. N° 006-00304507



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

<b>TESIS</b>	: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI
<b>MUESTRA</b>	: SUELO DE FUNDACIÓN
<b>UBICACIÓN</b>	: Jr. JUAN JOSE CON Jr. SUCRE
<b>LUGAR</b>	: DISTRITO DE LAMPA
<b>FECHA</b>	: 23 DE AGOSTO DEL 2024

<b>MOLDE No</b>	III		II		I		
<b>No de CAPAS</b>	5		5		56		
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>	12		25				
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	
<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	10400	10183	10610	10481	10751	10679
<b>Peso del Molde</b>	gr.	6795	6795	6744	6744	6785	6785
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr.	3605	3388	3866	3737	3966	3894
<b>Volumen del Suelo</b>	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	1.713	1.610	1.839	1.778	1.892	1.857

<b>Capsula No</b>	No	4								
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	203.10	240.10	305.10	266.50	268.90	311.50	248.30	281.50	329.30
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	175.10	218.47	292.60	232.50	238.60	290.10	220.10	244.50	305.60
<b>Peso del Agua</b>	gr.	28.00	21.63	12.50	34.00	30.30	21.40	28.20	37.00	23.70
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	37.40	37.50	38.20	38.10	38.50	38.22	38.20	38.40	38.40
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	137.70	180.97	254.40	194.40	200.10	251.88	181.90	206.10	267.20
<b>% de Humedad</b>	%	20.33%	11.95%	4.91%	17.49%	15.14%	8.50%	15.50%	17.95%	8.87%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	16.14%		4.91%	16.32%		8.50%	16.73%		8.87%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cc.	1.475		1.534	1.581		1.639	1.621		1.706

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
19/08/2024	08:40: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
20/08/2024	08:40: a.m.	24:00:00	0.55	0.01	0.01	0.51	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01
21/08/2024	08:40: a.m.	48:00:00	0.61	0.02	0.01	0.60	0.02	0.01	0.62	0.02	0.01
22/08/2024	08:40: a.m.	72:00:00	0.79	0.02	0.02	0.64	0.02	0.01	0.69	0.02	0.02
23/08/2024	08:40: a.m.	96:00:00	0.81	0.02	0.02	0.78	0.02	0.02	0.76	0.02	0.02

### PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I						
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.			
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		0.80	28.5	1.4		2.90	37.4	1.9	3.20	39.9	2.0	3.20	39.9	2.0	3.20	39.9
1.27	01:00		3.00	37.9	1.9		6.20	51.4	2.6	7.20	58	2.8	7.20	58	2.8	7.20	58
1.91	01:30		5.50	48.5	2.5		8.50	61.2	3.1	10.90	71	3.6	10.90	71	3.6	10.90	71
2.54	02:00	70.31	7.00	54.8	2.8		11.05	72.0	3.6	14.20	85	4.3	14.20	85	4.3	14.20	85
3.81	03:00		10.30	68.8	3.5		13.60	82.9	4.2	18.20	102	5.2	18.20	102	5.2	18.20	102
5.09	04:00	105.00	12.90	79.9	4.0		16.20	93.9	4.7	22.30	120	6.1	22.30	120	6.1	22.30	120
6.35	05:00		14.60	87.1	4.4		19.00	105.8	5.3	26.10	136	6.9	26.10	136	6.9	26.10	136
7.62	06:00		16.20	93.9	4.7		21.30	115.5	5.8	29.30	149	7.6	29.30	149	7.6	29.30	149
8.84	07:00																
10.16	08:00																

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

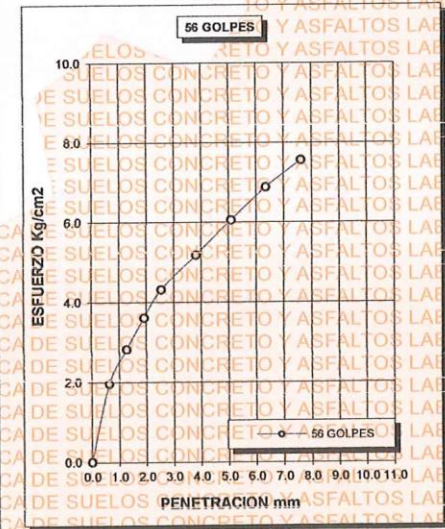
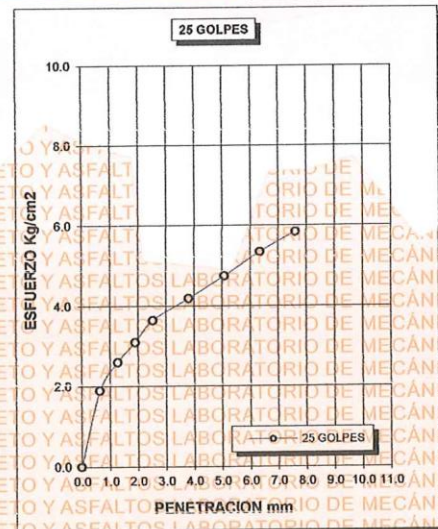
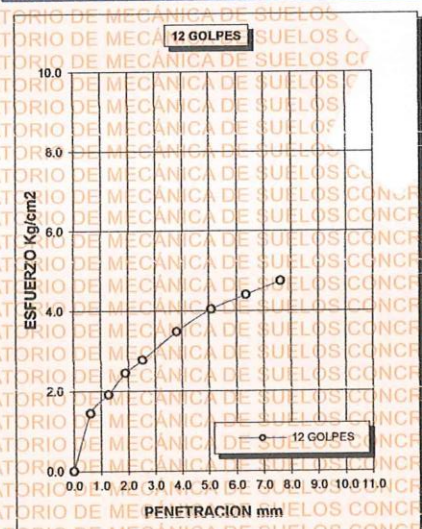
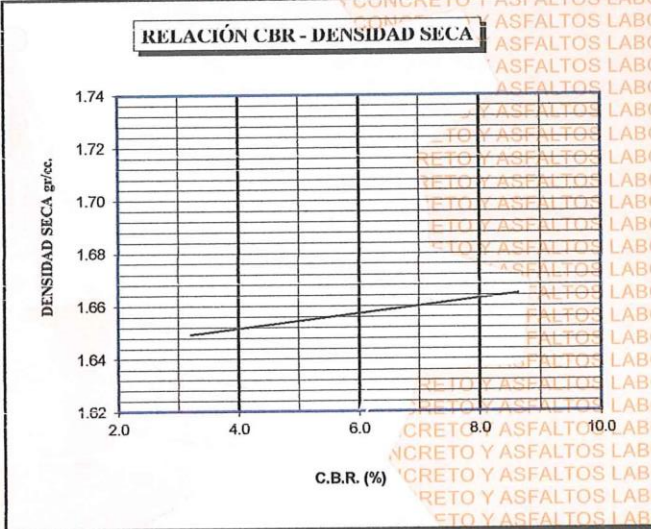
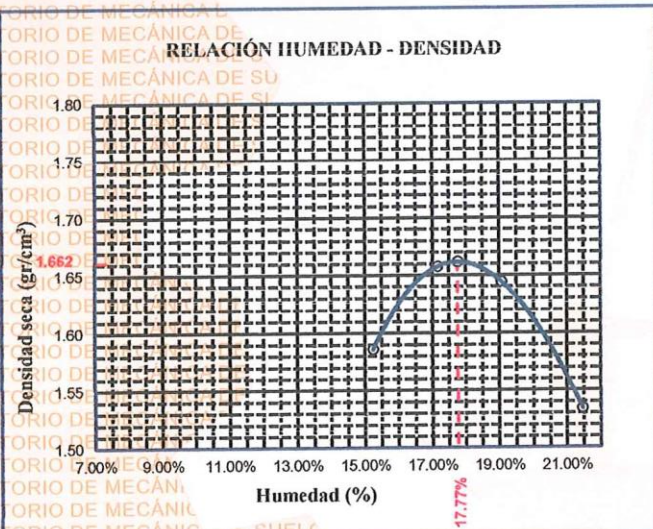
UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 Ing. ARMANDO VILLANOR TORRES  
 CIP 105297

B. N° 006-00304507



**UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**

<b>TESIS</b>	: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)</b> : 1.662
<b>MUESTRA</b>	: SUELO DE FUNDACIÓN	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> : 17.77%
<b>UBICACIÓN</b>	: Jr. JUAN JOSE CON Jr. SUCRE	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> : 6.03
<b>LUGAR</b>	: DISTRITO DE LAMPA	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> : 4.90
<b>FECHA</b>	: 23 DE AGOSTO DEL 2024	<b>CLASIFICACIÓN</b> : CL
		<b>AASHTO</b> : A-6 (11)
		<b>EMBEBIDO</b> : 4 DIAS



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 B. N° 006-00304507  
 Mgr. ARNOLD YANAY TORRES  
 CIP 100000000



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

**TESIS** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA

**SOLICITANTE** : Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI

**MUESTRA** : 4% CENIZA DE CARBÓN - 6% CAL

**UBICACIÓN** : Jr. JUAN JOSE

**LUGAR** : DISTRITO DE LAMPA

**FECHA** : 23 DE AGOSTO DEL 2024

**MOLDE No** : 1 **VOLUMEN DEL MOLDE** : 2079 cm<sup>3</sup>

**No DE CAPAS** : 5 **GOLPES POR CAPA** : 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9537	9780	9809	9571
Peso del Molde	gr.	5942	5942	5942	5942
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	3595	3838	3867	3629
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1.729	1.846	1.860	1.746

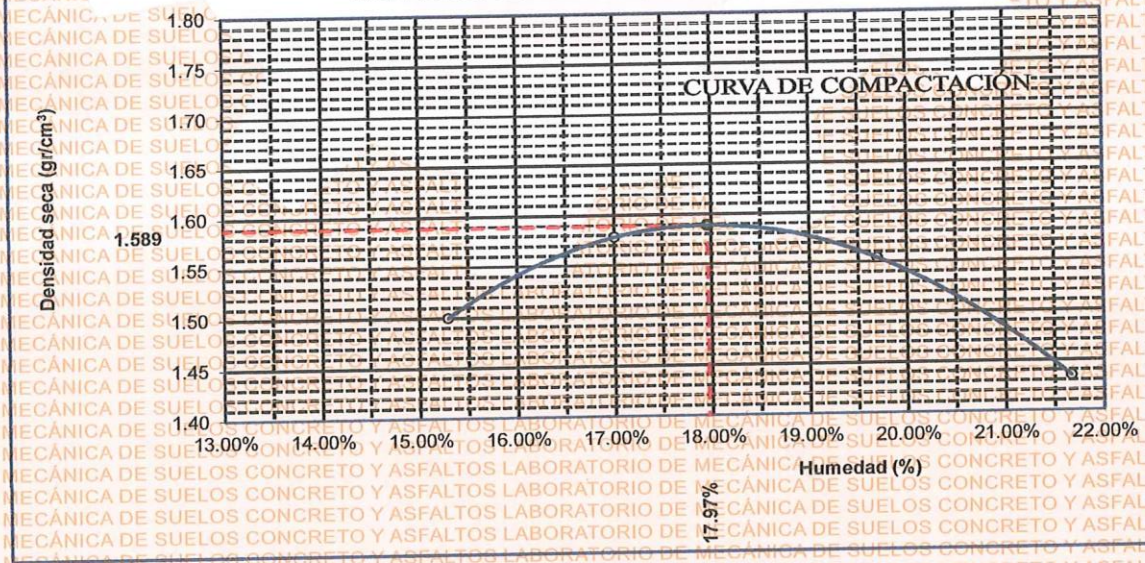
Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	190.30	193.30	185.60	190.12	178.88	184.70	190.10	188.50
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	171.06	174.60	165.00	170.02	157.14	162.30	165.00	163.05
Peso del Agua	gr.	19.24	18.70	20.60	20.10	21.74	22.40	25.10	25.45
Peso de la Capsula	gr.	48.50	49.00	48.30	47.20	48.20	47.10	46.60	48.10
Peso del Suelo Seco	gr.	122.56	125.60	116.70	122.82	108.94	115.20	118.40	114.95
% de Humedad	%	15.70%	14.89%	17.65%	16.37%	19.96%	19.44%	21.20%	22.14%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	15.29%		17.01%		19.70%		21.67%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.500		1.578		1.554		1.435	

**METODO:** ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"

**MAXIMA DENSIDAD SECA** : 1.589 gr/cm<sup>3</sup>

**HUMEDAD OPTIMA** : 17.97%

### RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

MGR. APRIL ROSA TORRES  
 CIP 165297

B. N° 006-00304507



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

<b>TESIS</b>	: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI
<b>MUESTRA</b>	: 4% CENIZA DE CARBÓN - 6% CAL
<b>UBICACIÓN</b>	: Jr. JUAN JOSE
<b>LUGAR</b>	: DISTRITO DE LAMPA
<b>FECHA</b>	: 23 DE AGOSTO DEL 2024

<b>MOLDE No</b>	III		II		I	
<b>No DE CAPAS</b>	5		5		5	
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>	12		25		56	
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	10804	10402	10958	10785	11028	10789
<b>Peso del Molde</b>	gr.	6795	6795	6744	6744	6785	6785
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr.	4009	3607	4214	4041	4243	4004
<b>Volumen del Suelo</b>	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	1.905	1.714	2.005	1.923	2.024	1.910

<b>Capsula No</b>	No	4								
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	205.40	203.60	210.50	210.30	204.50	206.30	211.10	201.50	204.60
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	178.10	176.09	194.20	185.42	180.06	189.50	188.50	180.00	188.03
<b>Peso del Agua</b>	gr.	27.30	27.51	16.30	24.88	24.44	16.80	22.60	21.50	16.57
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	39.00	40.10	39.50	41.20	38.60	39.44	39.55	40.10	39.60
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	139.10	135.99	154.70	144.22	141.46	150.06	148.95	139.90	148.43
<b>% de Humedad</b>	%	19.63%	20.23%	10.54%	17.25%	17.28%	11.20%	15.17%	15.37%	11.16%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	19.93%		10.54%	17.26%		11.20%	15.27%		11.16%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cc.	1.588		1.550	1.710		1.729	1.756		1.718

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
19/08/2024	09:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
20/08/2024	09:00: a.m.	24:00:00	0.65	0.02	0.01	0.52	0.01	0.01	0.46	0.01	0.01
21/08/2024	09:00: a.m.	48:00:00	0.71	0.02	0.02	0.59	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01
22/08/2024	09:00: a.m.	72:00:00	0.86	0.02	0.02	0.62	0.02	0.01	0.55	0.01	0.01
23/08/2024	09:00: a.m.	96:00:00	0.92	0.02	0.02	0.70	0.02	0.02	0.61	0.02	0.01

### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I					
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.		
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00					0.00	0.00	0.00				
0.63	00:30		1.20	30.2	1.5					4.50	44	2.2				
1.27	01:00		5.00	46.4	2.3					10.30	69	3.5				
1.91	01:30		7.10	55.3	2.8					16.60	96	4.8				
2.54	02:00	70.31	9.70	66.3	3.4					22.30	120	6.1				
3.81	03:00		13.70	83.3	4.2					29.60	151	7.6				
5.09	04:00	105.00	16.50	95.2	4.8					35.40	175	8.9				
6.35	05:00		19.30	107.0	5.4					38.60	189	9.6				
7.62	06:00		22.10	118.9	6.0					42.10	204	10.3				
8.84	07:00															
10.16	08:00															

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 Ing. ARIAN JOYANTORRES  
 CIP 103207

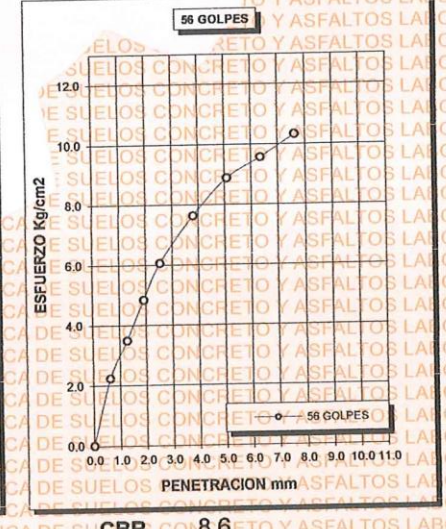
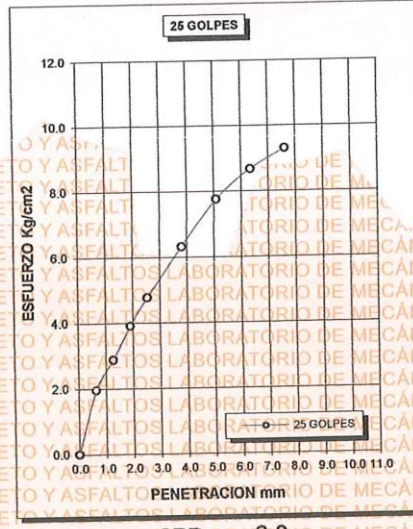
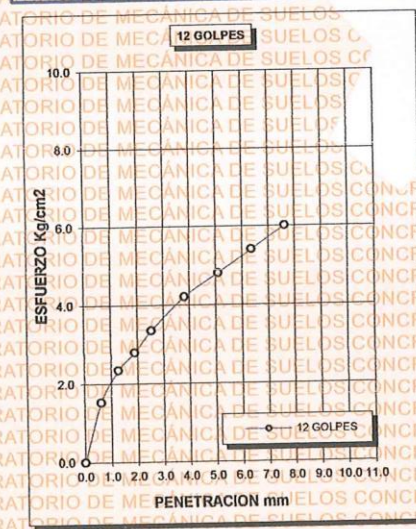
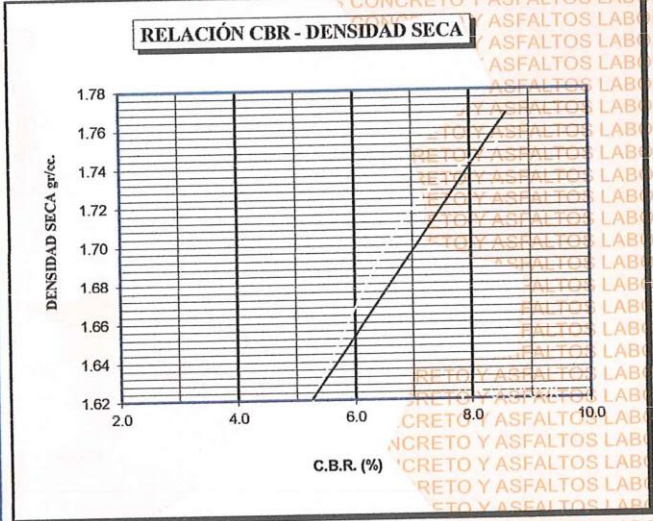
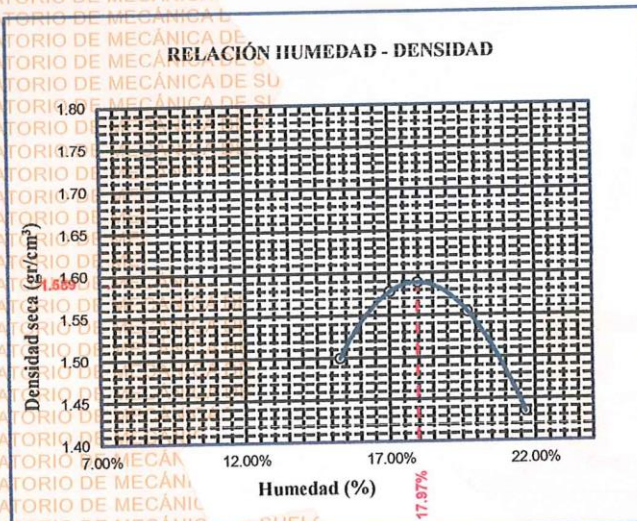
B. N° 006-00304507



**UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**

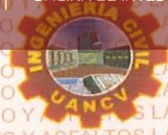


<b>TESIS</b>	: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)</b> 1.589
<b>MUESTRA</b>	: 4% CENIZA DE CARBÓN - 6% CAL	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 17.97%
<b>UBICACIÓN</b>	: Jr. JUAN JOSE	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 7.25
<b>LUGAR</b>	: DISTRITO DE LAMPA	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 5.40
<b>FECHA</b>	: 23 DE AGOSTO DEL 2024	<b>CLASIFICACIÓN</b> : CL - ML
		<b>AASHTO</b> : A-4 (5)
		<b>EMBEBIDO</b> : 4 DIAS



UANCV - P.C.P.  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 B. N° 006-00304507

LABORATORIO M.S.C.A.  
 Ing. ANITA BOYANA TORRES  
 CIP 165297



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

**TESIS** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA

**SOLICITANTE** : Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI

**MUESTRA** : 8% CENIZA DE CARBÓN - 6% CAL

**UBICACIÓN** : Jr. JUAN JOSE CON Jr. SAN ROMÁN

**LUGAR** : DISTRITO DE LAMPA

**FECHA** : 23 DE AGOSTO DEL 2024

**MOLDE No** : 1 **VOLUMEN DEL MOLDE** : 2079 cm<sup>3</sup>

**No DE CAPAS** : 5 **GOLPES POR CAPA** : 56 golpes

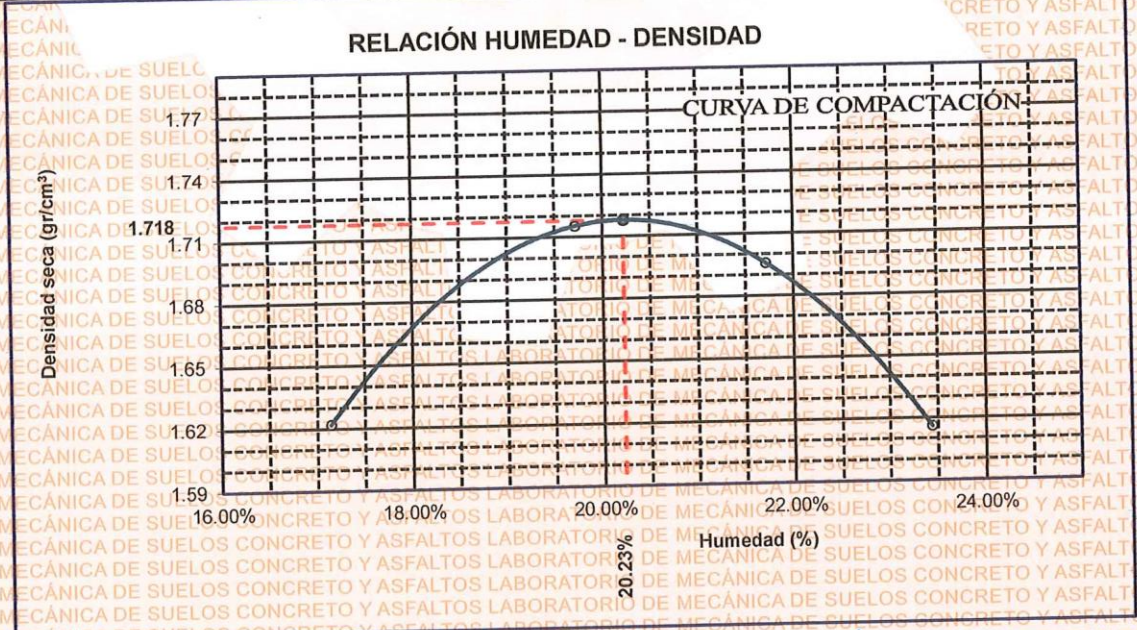
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9888	10207	10229	10085
Peso del Molde	gr.	5938	5938	5938	5938
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	3950	4269	4291	4147
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1.900	2.053	2.064	1.995

Capsula No	No	SUP.		INF.		SUP.		INF.	
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	185.60	190.12	178.88	184.70	190.10	188.50	195.10	190.06
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	165.00	170.02	157.14	162.30	165.00	163.05	167.00	162.05
Peso del Agua	gr.	20.60	20.10	21.74	22.40	25.10	25.45	28.10	28.01
Peso de la Capsula	gr.	48.50	49.00	48.30	47.20	48.20	47.10	45.30	44.30
Peso del Suelo Seco	gr.	116.50	121.02	108.84	115.10	116.80	115.95	121.70	117.75
% de Humedad	%	17.68%	16.61%	19.97%	19.46%	21.49%	21.95%	23.09%	23.79%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	17.15%		19.72%		21.72%		23.44%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.622		1.715		1.696		1.616	

**METODO:** ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"

**MAXIMA DENSIDAD SECA** : 1.718 gr/cm<sup>3</sup>

**HUMEDAD OPTIMA** : 20.23%



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL

Mgtr. ARNOLD J. TORRES  
 CIP 100027

B. N° 006-00304507



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

<b>TESIS</b>	: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI
<b>MUESTRA</b>	: 8% CENIZA DE CARBÓN - 6% CAL
<b>UBICACIÓN</b>	: Jr. JUAN JOSE CON Jr. SAN ROMÁN
<b>LUGAR</b>	: DISTRITO DE LAMPA
<b>FECHA</b>	: 23 DE AGOSTO DEL 2024

<b>MOLDE No</b>	III	II	I
<b>No DE CAPAS</b>	5	5	5
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>	12	25	56
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO SIN SATURAR

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	10472	10212	10702	10533	10962	10797
<b>Peso del Molde</b>	gr.	6795	6795	6744	6744	6785	6785
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr.	3677	3417	3958	3789	4177	4012
<b>Volumen del Suelo</b>	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	1.747	1.623	1.883	1.803	1.992	1.914

<b>Capsula No</b>	No	4								
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	195.20	192.50	187.20	188.30	190.32	185.20	188.20	186.57	180.30
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	169.05	167.00	170.06	164.50	166.00	168.80	167.05	165.11	164.03
<b>Peso del Agua</b>	gr.	26.15	25.50	17.14	23.80	24.32	16.40	21.15	21.46	16.27
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	40.20	41.00	38.11	36.22	37.50	38.30	38.10	37.10	36.50
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	128.85	126.00	131.95	128.28	128.50	130.50	128.95	128.01	127.53
<b>% de Humedad</b>	%	20.29%	20.24%	12.99%	18.55%	18.93%	12.57%	16.40%	16.76%	12.76%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	20.27%		12.99%	18.74%		12.57%	16.58%		12.76%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cc.	1.453	1.437		1.586	1.601		1.709	1.697	

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
19/08/2024	11:50: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
20/08/2024	11:50: a.m.	24:00:00	0.53	0.01	0.01	0.53	0.01	0.01	0.48	0.01	0.01
21/08/2024	11:50: a.m.	48:00:00	0.61	0.02	0.01	0.57	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01
22/08/2024	11:50: a.m.	72:00:00	0.76	0.02	0.02	0.64	0.02	0.01	0.58	0.01	0.01
23/08/2024	11:50: a.m.	96:00:00	0.88	0.02	0.02	0.75	0.02	0.02	0.61	0.02	0.01

### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		6.70	53.6	2.7		8.00	59.1	3.0		10.20	68	3.5	
1.27	01:00		11.70	74.8	3.8		14.00	84.6	4.3		19.50	108	5.5	
1.91	01:30		16.50	95.2	4.8		19.50	107.9	5.5		27.10	140	7.1	
2.54	02:00	70.31	21.20	115.1	5.8		25.60	133.8	6.8		33.60	168	8.5	
3.81	03:00		26.30	136.8	6.9		35.20	174.5	8.8		43.60	210	10.6	
5.09	04:00	105.00	32.10	161.4	8.2		42.10	203.8	10.3		52.00	246	12.4	
6.35	05:00		37.10	182.6	9.2		49.80	236.5	12.0		59.60	278	14.1	
7.62	06:00		42.30	204.7	10.3		57.20	267.9	13.5		64.20	298	15.0	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV / FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL

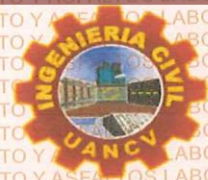
MOT. ARMA. J. ANATORES  
CIP 166237

LABORATORIO IN S C A  
JEFATURA

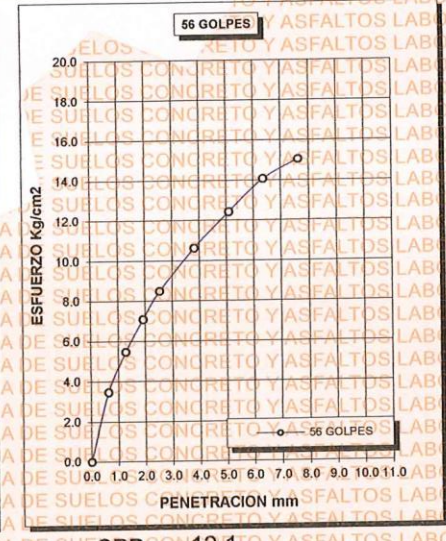
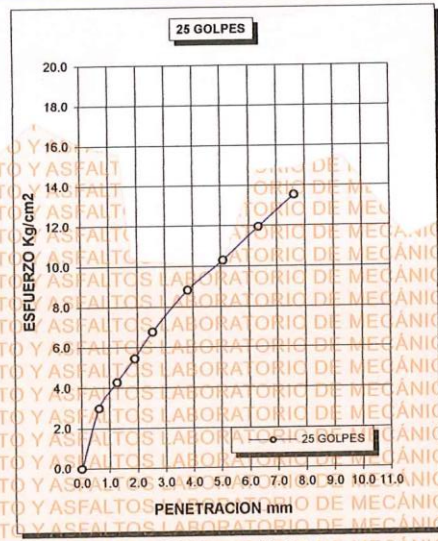
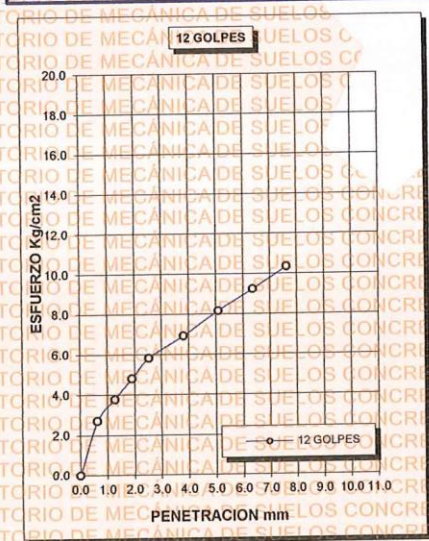
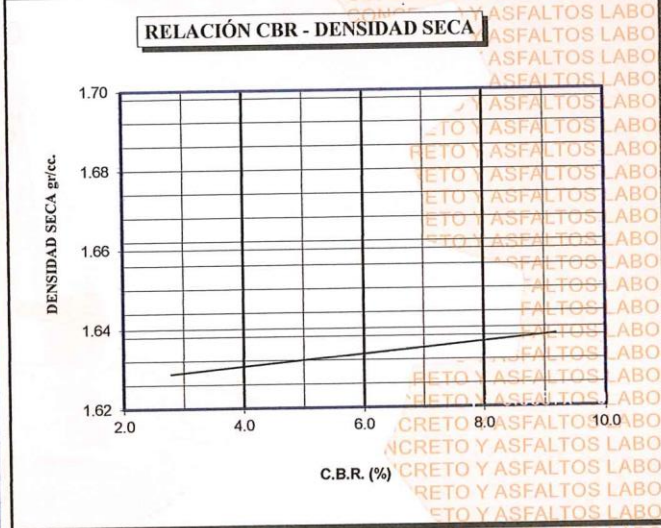
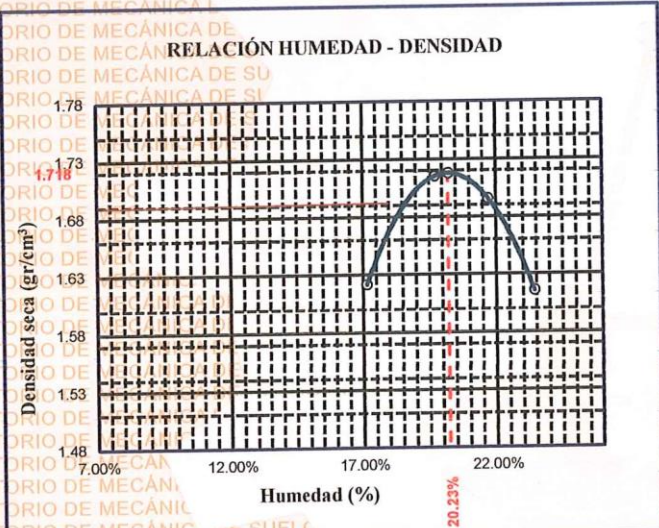
B. N° 006-00304507



**UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



<b>TESIS</b>	: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)</b> 1.718
<b>MUESTRA</b>	: 8% CENIZA DE CARBÓN - 6% CAL	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 20.23%
<b>UBICACIÓN</b>	: Jr. JUAN JOSE CON JR. SAN ROMÁN	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 11.97
<b>LUGAR</b>	: DISTRITO DE LAMPA	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 10.71
<b>FECHA</b>	: 23 DE AGOSTO DEL 2024	<b>CLASIFICACIÓN</b> : CL
		<b>AASHTO</b> : A-7-6 (12)
		<b>EMBEBIDO</b> : 4 DIAS



CBR 8.3

CBR 9.6

CBR 12.1

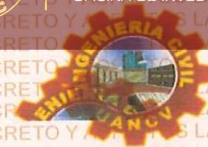


UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 M<sup>g</sup>. ANTONIO VANA TORRES  
 CIP 16627

B. N° 006-00304507



**UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

**TESIS** : ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA

**SOLICITANTE** : Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI

**MUESTRA** : 12% CENIZA DE CARBÓN - 6% CAL

**UBICACIÓN** : Jr. JUAN JOSE CON Jr. SAN ROMÁN

**LUGAR** : DISTRITO DE LAMPA

**FECHA** : 23 DE AGOSTO DEL 2024

**MOLDE No** : 1      **VOLUMEN DEL MOLDE** : 2079 cm<sup>3</sup>

**No DE CAPAS** : 5      **GOLPES POR CAPA** : 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9933	10186	10235	10010
Peso del Molde	gr.	5938	5938	5938	5938
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	3995	4248	4297	4072
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1.922	2.043	2.067	1.959

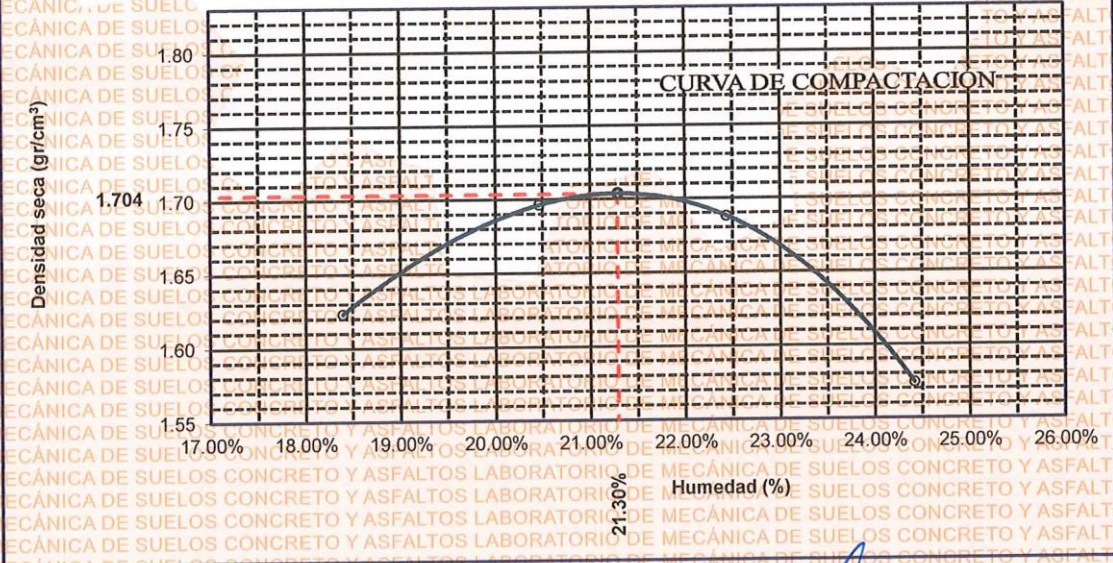
Capsula No	No	SUP.		INF.		SUP.		INF.	
		SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	188.30	192.30	190.10	183.30	195.10	193.60	188.50	191.50
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	167.22	170.32	166.33	161.08	168.20	167.05	161.00	165.17
Peso del Agua	gr.	21.08	21.98	23.77	22.22	26.90	26.55	27.50	26.33
Peso de la Capsula	gr.	50.16	53.30	50.71	52.00	49.50	47.50	50.60	55.10
Peso del Suelo Seco	gr.	117.06	117.02	115.62	109.08	118.70	119.55	110.40	110.07
% de Humedad	%	18.01%	18.78%	20.56%	20.37%	22.66%	22.21%	24.91%	23.92%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	18.40%		20.46%		22.44%		24.42%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.623		1.696		1.688		1.574	

**METODO:** ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"

**MAXIMA DENSIDAD SECA** : 1.704 gr/cm<sup>3</sup>

**HUMEDAD OPTIMA** : 21.30%

**RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD**



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. ARMANDO JAYANTORRES  
 CIP 100007

B. N° 006-00304507



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

<b>TESIS</b>	: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI
<b>MUESTRA</b>	: 12% CENIZA DE CARBÓN - 6% CAL
<b>UBICACIÓN</b>	: Jr. JUAN JOSE CON JR. SAN ROMÁN
<b>LUGAR</b>	: DISTRITO DE LAMPA
<b>FECHA</b>	: 23 DE AGOSTO DEL 2024

<b>MOLDE No</b>	III	II	I
<b>No DE CAPAS</b>	5	5	5
<b>NUMERO DE GOLPES POR CAPA</b>	12	25	56
<b>CONDICIONES DE LA MUESTRA</b>	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	10492	10092	10584	10285	10633	10409
<b>Peso del Molde</b>	gr.	6795	6795	6744	6744	6785	6785
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr.	3697	3297	3840	3541	3848	3624
<b>Volumen del Suelo</b>	cc.	2102.04	2102.04	2104.68	2104.68	2099.27	2099.27
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	1.759	1.568	1.825	1.682	1.833	1.726

<b>Capsula No</b>	No	4									
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	185.20	201.30	178.30	188.30	193.60	185.40	196.30	188.50	190.20	
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	162.00	175.15	163.22	167.12	171.18	170.20	175.00	169.30	174.06	
<b>Peso del Agua</b>	gr.	23.20	26.15	15.08	21.18	22.42	15.20	21.30	19.20	16.14	
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	38.20	36.50	39.20	38.20	36.30	37.30	39.10	36.70	38.55	
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	123.80	138.65	124.02	128.92	134.88	132.90	135.90	132.60	135.51	
<b>% de Humedad</b>	%	18.74%	18.86%	12.16%	16.43%	16.62%	11.44%	15.67%	14.48%	11.91%	
<b>Promedio de Humedad</b>	%	18.80%			12.16%			16.53%			11.44%
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cc.	1.480			1.398			1.566			1.510

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
19/08/2024	08:40: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
20/08/2024	08:40: a.m.	24:00:00	0.56	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01
21/08/2024	08:40: a.m.	48:00:00	0.65	0.02	0.01	0.56	0.01	0.01	0.56	0.01	0.01
22/08/2024	08:40: a.m.	72:00:00	0.77	0.02	0.02	0.64	0.02	0.01	0.60	0.02	0.01
23/08/2024	08:40: a.m.	96:00:00	0.83	0.02	0.02	0.72	0.02	0.02	0.63	0.02	0.01

### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		7.10	55.3	2.8		9.10	63.8	3.2		11.40	74	3.7	
1.27	01:00		12.30	77.3	3.9		15.40	90.5	4.6		20.10	110	5.6	
1.91	01:30		17.50	99.4	5.0		20.10	110.4	5.6		28.50	146	7.4	
2.54	02:00	70.31	22.10	118.9	6.0		26.40	137.2	6.9		34.70	172	8.7	
3.81	03:00		27.40	141.4	7.1		36.70	180.9	9.1		44.50	214	10.8	
5.09	04:00	105.00	33.10	165.6	8.4		44.50	214.0	10.8		53.60	253	12.8	
6.35	05:00		38.10	186.8	9.4		51.30	242.9	12.3		60.10	280	14.2	
7.62	06:00		43.60	210.2	10.6		58.70	274.3	13.9		66.10	306	15.5	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

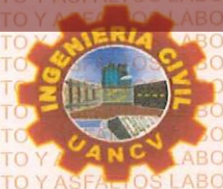
UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL

Mgtr. ARMANDO YANATORRES  
CIP 10527

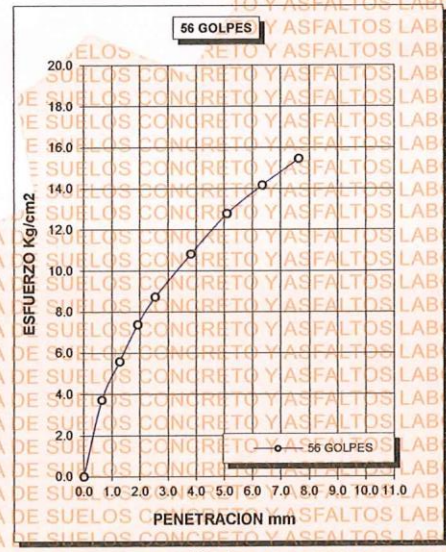
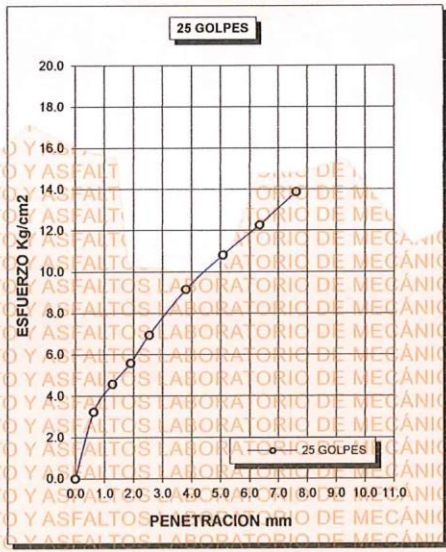
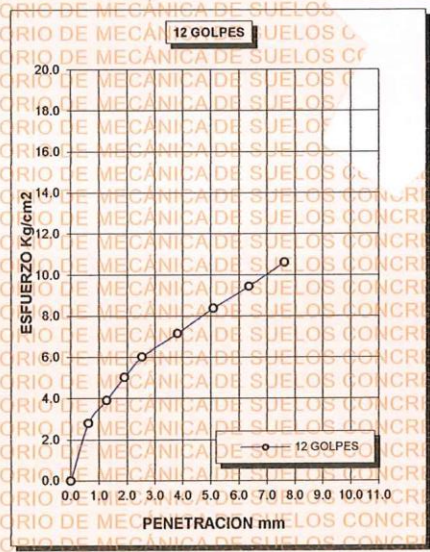
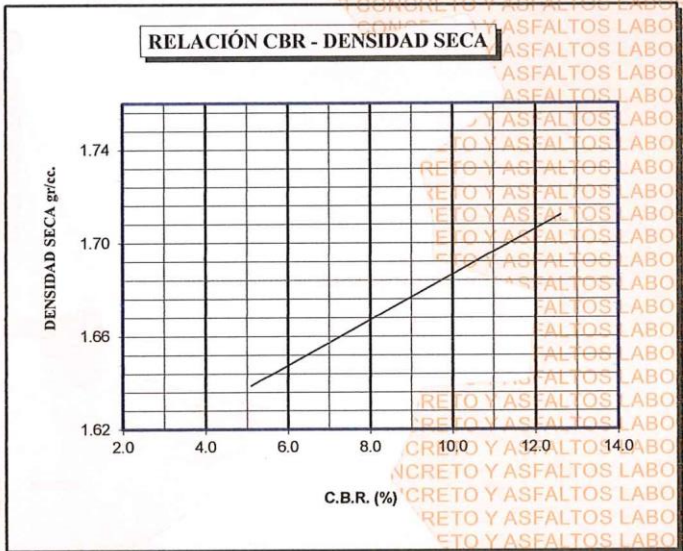
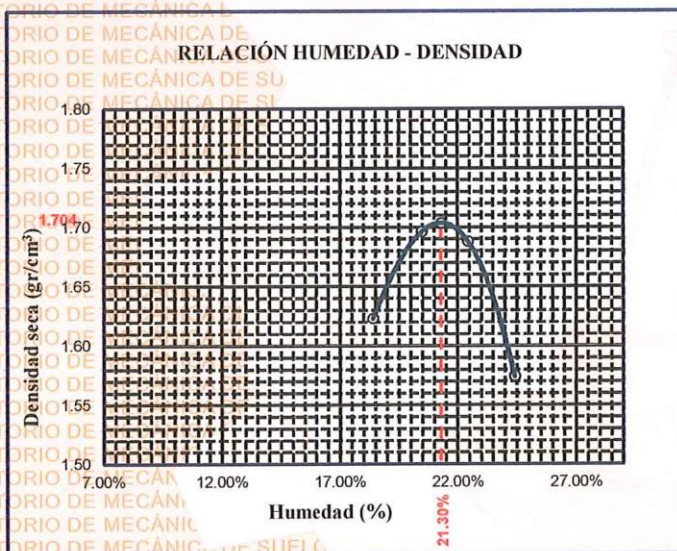
B. N° 006-00304507



**UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS**



<b>TESIS</b>	: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>	
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. NOELIA VILLACORTA LLAYQUI	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	1.704
<b>MUESTRA</b>	: 12% CENIZA DE CARBÓN - 6% CAL	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b>	21.30%
<b>UBICACIÓN</b>	: Jr. JUAN JOSE CON JR. SAN ROMÁN	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b>	14.92
<b>LUGAR</b>	: DISTRITO DE LAMPA	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b>	12.41
<b>FECHA</b>	: 23 DE AGOSTO DEL 2024	<b>CLASIFICACIÓN</b>	: ML
		<b>AASHTO</b>	: A-4 (4)
		<b>EMBEBIDO</b>	: 4 DIAS



UANCV - FIOP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 MSc. ARMANDO TORRES

B. N° 006-00304507



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS  
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN  
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 06/11/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: NOELIA VILLACORTA LLAYQUI

Dirección: Jr. GARCIA LORCA Mz. F1 - Lt. 11

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 77528936

Teléfono: 990837676 email: noeliavillacortallayqui@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON ADICIÓN DE CENIZA DE CARBÓN Y CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRSANTE EN LA CIUDAD DE LAMPA

Palabras claves, (3 a 5 términos): ESTABILIZACIÓN, SUELOS ARCILLOSOS, CENIZA DE CARBÓN, CAL, MEJORAMIENTO DE SUBRSANTE.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

1

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



**2. Referencia de tesis:**

Bachiller  Título  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

**3. Licencias:**

**a) Licencia estándar:**

**Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.**

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_
- No autorizo.

**b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:**

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

**Sí:** significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

**No:** significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



### Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

Firma de Autor



huella digital

06 de noviembre del 2024

Fecha