



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



**ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS
ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO
EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA
PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA

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

JULIACA – PERÚ

2024



NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS
ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO
EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA
PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:


Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. MILTHON QUISPE HUANCA


PRIMER MIEMBRO

:


Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS

:


Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 869-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 23 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 10810 presentado por el (la) Bachiller: **MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA** 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. **MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO**, 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. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **2do Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES

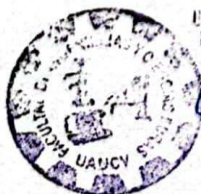
ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Mgtr. **FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle;

- * **FECHA** : Jueves 29 de agosto del 2024
- * **HORA** : 10:30 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 ANDAHUAYLAS
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 404-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 10 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 5976 por el o (la) Bachiller: **MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 429 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 075 - 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: **MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO**, 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 del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 075 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO**, 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:

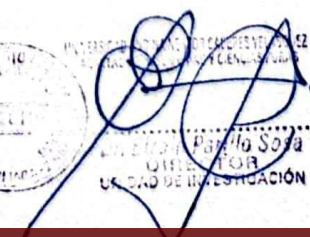
ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el o (la) Bachiller: **MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO** 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)**, **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

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 CIENCIAS PURAS
MELANY QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790


VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 141-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 08 de abril del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-01913, presentado por el señor (a) **MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 143-2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 68-2024 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 (la) estudiante: **MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO**, 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° 68-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO**.

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: **MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO** 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 **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

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. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Eirain Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	7%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
6	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1%
7	Submitted to ipn Trabajo del estudiante	<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	75885812
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-9028-6862
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8509-7224
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
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: San Román Distrito: Juliaca Localidad: Juliaca – Av. tasa Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"</p>  <p>https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1ngNacIGbMMtvV1qh6LdMIJQwdxIqY38&usp=sharing</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2024 - Setiembre 2024
URL de disciplinas OCDE	<p>Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</p> <p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</p>
https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html	

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS
 JULIACA - PERÚ

DIRECTOR

Dr. Efraín Pirillo Sosa
DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo Melany Xihomara Quispe Vilca, identificado con DNI Nro. 75865812, 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 la subnasante en suelos arcillosos empleando cenizas de eucalipto en la avenida tasa de la ciudad de Juliaca Provincia de San Román Región Puno"

Asesorado por: Mgtr. Franz Joseph Barchona Perales

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 30 de setiembre del 2024


Firma del Asesor


Firma del Estudiante


Huella



DEDICATORIA

Con mucha gratitud y todo mi aprecio a mis queridos padres, fueron ellos que siempre me impulsaron a seguir adelante y concluir con mis estudios, los cuales estaré eternamente agradecida por poner toda su fe en mí.



AGRADECIMIENTO

A mis profesores, quienes compartieron su conocimiento y me inspiraron a seguir adelante con este desafío. Agradezco especialmente a aquellos que dedicaron tiempo extra para resolver mis dudas y enriquecer mi comprensión del tema.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN.....	xi

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

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	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación de la investigación.....	4
1.4.1. Justificación técnica.....	4
1.4.2. Justificación social.....	4
1.4.3. Justificación ambiental.....	4
1.5. Hipótesis de la investigación.....	5
1.5.1. Hipótesis general.....	5



1.5.2. Hipótesis específicas	5
1.6. Variables e indicadores	5
1.6.1. Variable independiente	5
1.6.2. Variable dependiente	5
1.7. Operacionalización de variables	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.....	8
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	8
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	10
2.1.3. Antecedentes locales.....	12
2.2. Marco teórico.....	14
2.2.1. Suelo	14
2.2.2. Pavimentos.....	17
2.2.3. Subrasante	19
2.2.4. Ensayos y evaluación de la subrasante.....	21
2.2.5. Estabilización de suelos	23
2.2.6. Ceniza de eucalipto	26
2.3. Marco conceptual	35

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la investigación	36
3.2. Método de la investigación	36



3.3.	Nivel y tipo de la investigación	36
3.3.1.	Nivel de la investigación	36
3.3.2.	Tipo de investigación	36
3.4.	Población y muestra	37
3.4.1.	Población.....	37
3.4.2.	Muestra	37
3.5.	Técnicas e instrumentos	39
3.5.1.	Técnicas	39
3.5.2.	Instrumentos.....	39
3.6.	Plan de recolección y procesamiento de datos	41
3.6.1.	Desarrollo del plan de investigación	42
3.6.2.	Procesamiento y análisis de datos.....	57

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados obtenidos	58
4.1.1.	Resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante.....	58
4.1.2.	Efectos de la adición de ceniza de eucalipto con la muestra patrón	68
4.1.3.	Resultados del empleo de ceniza de eucalipto en proporciones controladas sobre el CBR de muestras de suelo subrasante	72
CONCLUSIONES		77
RECOMENDACIONES.....		78
BIBLIOGRAFÍA.....		79
ANEXOS		84



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables..... 6

Tabla 2 Calificación de suelos..... 14

Tabla 3 Clasificación según índice de plasticidad..... 17

Tabla 4 Clases de subrasante..... 21

Tabla 5 Propiedades de las cenizas de eucalipto..... 30

Tabla 6 Numero de especímenes a evaluar 38

Tabla 7 Localización para las calicatas 44

Tabla 8 Humedad de calicata N° 01 – jirón Espinal 59

Tabla 9 Humedad de calicata N° 02 – jirón Nodal 59

Tabla 10 Humedad de calicata N° 03 – jirón Ocoña..... 59

Tabla 11 Estudio granulométrico de las muestras 60

Tabla 12 Índice de plasticidad de la muestra natural N° 01 – jr. Espinal 61

Tabla 13 Índice de plasticidad de la muestra natural N° 02 – jr. Nodal 61

Tabla 14 Índice de plasticidad de la muestra natural N° 03 – jr. Ocoña..... 61

Tabla 15 Promedio de suelo natural de su límite liquido 62

Tabla 16 Muestra natural hallamos su límite plástico..... 63

Tabla 17 Muestra natural hallamos su límite plástico del jirón Espinal 63

Tabla 18 Muestra natural hallamos su límite plástico del jirón Nodal 64

Tabla 19 Muestra natural hallamos su límite plástico del jirón Ocoña..... 64

Tabla 20 Promedio de suelo natural de su límite plástico 65

Tabla 21 índice de plasticidad con adición de cenizas de eucalipto en porcentajes de 4%, 8%, 12%..... 66

Tabla 22 Grado de compacto 68

Tabla 23 CBR de las muestras 68



Tabla 24	Máxima densidad seca del suelo natural, con adiciones de ceniza de eucalipto 4%, 8%, 12%.....	69
Tabla 25	humedad optima del suelo natural, con adiciones de ceniza de eucalipto 4%, 8%, 12%.....	70
Tabla 26	CBR del SN + 4%, 8%, 12% CE	72



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Signos convencionales para el perfil de calicatas, según AASHTO	15
Figura 2	Signos convencionales para el perfil de calicatas, según SUCS	16
Figura 3	Proctor modificado	21
Figura 4	Prueba de CBR.....	22
Figura 5	Ceniza de eucalipto	28
Figura 6	Localización avenida tasa	43
Figura 7	Localización avenida tasa	43
Figura 8	Tamizaje y selección de la ceniza de eucalipto	45
Figura 9	Tamizado de la muestra de los suelos	48
Figura 10	Colocando la tara al horno para su contenido de humedad	49
Figura 11	Mezclando la muestra y colocando a la cuchara Casagrande.....	50
Figura 12	Realizamos el límite plástico y su respectivo pesado	52
Figura 13	Combinación de la muestra con agua para el Proctor Modificado	54
Figura 14	Compactación de la muestra y peso compactado	54
Figura 15	Compactación de la muestra y peso compactado	56
Figura 16	Graficamos el promedio de las tres muestras	62
Figura 17	Graficamos el promedio de las tres muestras del limite plástico	65
Figura 18	Graficamos el promedio de las tres muestras del índice de plasticidad con adición de ceniza de eucalipto con porcentajes de 4%, 8%, 12%	66
Figura 19	Comparación de la máxima densidad seca de la adición de ceniza de eucalipto con porcentajes de 4%, 8%, 12%	69
Figura 20	Comparación de la humedad optima de la adición de ceniza de eucalipto con porcentajes de 4%, 8%, 12%	71
Figura 21	Comparación de CNR al 100 y 95% con adición de ceniza de eucalipto con porcentajes de 4%, 8%, 12%	73



RESUMEN

La investigación se centra en la estabilización de subrasantes en suelos arcillosos utilizando cenizas de eucalipto en la avenida tasa de Juliaca, San Román Región Puno, debido a que los suelos de la zona presentan problemas de capacidad de carga y expansividad, lo que repercute negativamente en la infraestructura vial. El estudio utiliza un enfoque cuantitativo, cuasiexperimental. Teniendo como estudio de población la avenida tasa de la salida Cusco de la ciudad de Juliaca, los cuales se extrajeron muestras del suelo de los jirones nodal, espinal y Ocoña. Se aplicó la técnica de la observación y como instrumento usamos las fichas de los ensayos realizados en laboratorio. Para esta investigación se realizó tres tipos de combinaciones de ceniza de eucalipto de 4%, 8%, 12% combinadas con la muestra natural. Se tuvo como resultados que el tipo de suelo es una arcilla de baja plasticidad teniendo como índice de plasticidad de 18.76%, y al combinar las cenizas de eucalipto con el 4%, 8%, 12% disminuyeron teniendo como índice de plasticidad 14.97%, 11.18% y 6.28%, en cuanto al CBR la muestra patrón al 100% fue de 6.01% y al combinar las cenizas de eucalipto con el 4%, 8%, 12% su resistencia aumento teniendo los siguientes valores de CBR al 100% de 7.02%, 7.38%, 8.06% .El estudio concluye que la ceniza redujo la plasticidad, redujo la expansión y mejoró la resistencia del suelo, esta investigación pone de relieve la importancia de incorporar cenizas de eucalipto para mejorar las infraestructuras viarias y abordar los retos a los que se enfrentan los suelos arcillosos de la zona.

PALABRAS CLAVES: Cenizas de eucalipto, estabilización de subrasante, suelos arcillosos.



ABSTRACT

The research focuses on the stabilization of subgrades in clayey soils using eucalyptus ash in the Tasa Avenue of Juliaca, San Román, Puno Region, because the soils in the area have problems with load capacity and expansiveness, which negatively impacts road infrastructure. The study uses a quantitative, quasi-experimental approach. Having as a study population the Tasa Avenue of the Cusco exit of the city of Juliaca, from which soil samples were extracted from the nodal, spinal and Ocoña jirones. The observation technique was applied and as an instrument we used the test sheets carried out in the laboratory. For this research, three types of eucalyptus ash combinations of 4%, 8%, 12% were made combined with the natural sample. The results showed that the type of soil was a low plasticity clay with a plasticity index of 18.76%, and when combining the eucalyptus ashes with 4%, 8%, 12% it decreased with a plasticity index of 14.97%, 11.18% and 6.28%, as for the CBR the standard sample at 100% was 6.01% and when combining the eucalyptus ashes with 4%, 8%, 12% its resistance increased having the following CBR values at 100% of 7.02%, 7.38%, 8.06%. The study concludes that the ash reduced plasticity, reduced expansion and improved soil resistance, this research highlights the importance of incorporating eucalyptus ashes to improve road infrastructure and address the challenges faced by clay soils in the area.

KEY WORDS: Eucalyptus ash, subgrade stabilization, clay soils.



INTRODUCCIÓN

Este estudio se centra en la utilización de cenizas de eucalipto para estabilizar subrasantes en suelos arcillosos, especialmente en la zona de la avenida Tasa de Juliaca de San Román, Puno. El objetivo principal es evaluar cómo las cenizas de eucalipto pueden mejorar las cualidades del suelo arcilloso, aumentando su estabilidad y capacidad de soportar mayores pesos. Además de investigar las técnicas existentes para el desarrollo del suelo, el objetivo de este estudio es generar hipótesis sobre la estabilidad del suelo y las propiedades de la ceniza de eucalipto. Establecer normas y procedimientos para evaluar la capacidad del suelo en términos de estabilidad y resistencia requiere este enfoque.

La estabilización de suelos es una técnica fundamental en la ingeniería civil para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de suelos problemáticos, como los suelos arcillosos. En regiones como la ciudad de Juliaca, donde la Avenida TASA está ubicada, los suelos arcillosos presentan una serie de desafíos para la construcción de infraestructuras viales debido a su alta plasticidad y su baja resistencia a la compresión. Estos suelos, cuando están sujetos a variaciones de humedad, tienden a sufrir deformaciones significativas que afectan la estabilidad y durabilidad de las estructuras construidas sobre ellos. Por esta razón, la estabilización de suelos arcillosos es esencial para garantizar la seguridad y funcionalidad de las carreteras y otras infraestructuras en la zona. Diversos métodos de estabilización, como el uso de cal, cemento y aditivos químicos, han sido ampliamente utilizados, pero en los últimos años, los materiales naturales y residuos agrícolas, como las cenizas de eucalipto, han demostrado ser una alternativa sostenible y económica para mejorar las propiedades de los suelos (Muthukumar et al., 2019; Katti et al., 2021).



La estabilización de suelos expansivos mediante cenizas de eucalipto es una forma de controlar sus características de expansión y contracción. Tanto la expansión como la resistencia del suelo pueden mejorarse con esta técnica. El suelo se vuelve menos flexible y más resistente al agua cuando la ceniza de eucalipto reacciona con él. Los aguaceros que caen regularmente en Juliaca causan estragos en la ciudad, especialmente en los suelos más delicados. Encontrar la proporción óptima de cemento portland para mejorar el rendimiento de la subrasante y reducir los daños de las lluvias regulares es una posible respuesta a este problema.

El empleo de cenizas de eucalipto como estabilizante en suelos arcillosos ha despertado un creciente interés en la ingeniería geotécnica debido a sus propiedades químicas y físicas favorables. Las cenizas de eucalipto contienen elementos como sílice, aluminio y oxígeno, que pueden reaccionar con los componentes del suelo para formar productos más estables que mejoran su resistencia a la compresión y su capacidad de carga (Kumar et al., 2020). Este estudio se enfoca en evaluar la eficacia de las cenizas de eucalipto como estabilizante para la subrasante de la Avenida TASA en la ciudad de Juliaca, con el objetivo de determinar la cantidad óptima de ceniza necesaria para mejorar las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos de la zona. Los resultados de esta investigación podrían contribuir a la implementación de soluciones más sostenibles y eficientes en la construcción de infraestructuras viales en áreas con condiciones geotécnicas similares.

La presente investigación se realizará de la siguiente manera

El capítulo I fundamentaremos y plantearemos el problema que existen con nuestro tema de estudio, analizando la situación problemática, planteando donde parte el problema general y también especificaremos nuestros problemas específicos, de tal modo plantearemos nuestros objetivos y por último haremos la justificación técnica de nuestro estudio.



En el Capítulo II se expone el contexto de la investigación a nivel mundial, regional y nacional. También se incluyen las ideas más cruciales de la investigación, así como el marco conceptual que sustenta la mención más actual en donde se abarcara los últimos acontecimientos referentes a nuestro tema de estudio

En el Capítulo III nos adentramos en el planteamiento de la investigación, esbozando su diseño, técnica, nivel y relación con el tema de actualidad.

Capítulo IV Se realizará todo en análisis e interpretación de los ensayos de límites de consistencia, granulometrías, densidad del suelo y CBR



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la situación problemática

Los suelos ricos en arcilla están muy extendidos en todo el mundo, sobre todo en los climas más húmedos. Debido a su escasa capacidad de drenaje, su elevada plasticidad y su sensibilidad a la expansión y contracción por los cambios de humedad, los suelos arcillosos plantean una serie de problemas para la construcción de infraestructuras en el contexto de Juliaca, una ciudad de la región de Puno de la provincia de San Román (López et al., 2021). Los problemas de estabilidad causados por estos suelos en la configuración de la subrasante tienen un impacto directo en la longevidad y seguridad de la construcción de carreteras, especialmente en regiones muy transitadas.

Los daños en las carreteras y la necesidad de repararlas son dos consecuencias económicas de las catástrofes naturales que se producen regularmente en Perú, especialmente en la época de lluvias, lo que a su vez afecta a la movilización económica. Aunque el suelo es un tema candente a escala mundial, los suelos no mejorados pueden ser vulnerables a los efectos del clima y del tráfico humano. Para satisfacer las necesidades del proyecto y los criterios económicos, es esencial la estabilización del suelo, que puede incluir modificaciones químicas o mecánicas. La mejora de la resistencia a la compresión, la resistencia a la intemperie, la eficiencia de los materiales y la disminución de los costes de mantenimiento son ventajas de los métodos de estabilidad química, como las combinaciones de suelo y cemento. Perú es un gran lugar para utilizar técnicas que



reduzcan el consumo de materiales y los gastos de mantenimiento, como las combinaciones suelo-cemento.

Para mejorar tanto la fluidez del tráfico rodado como la belleza de las avenidas, es de suma importancia localizar la opción de pavimentación más adecuada tanto por su longevidad como por su coste. Además de estas insuficiencias, hay que tener en cuenta la falta de recursos financieros, por lo que se sugiere llevar a cabo una investigación sobre el comportamiento estructural de los pavimentos rígidos y flexibles, Es vital dar prioridad a la eficiencia y durabilidad del pavimento previsto se utilicen de la manera más eficaz posible. Esto se debe a que el monto de inversión que se requerirá será bastante considerable

Las cualidades mecánicas de los suelos problemáticos pueden mejorarse mediante su estabilización, haciéndolos aptos para la construcción de infraestructuras. Debido a su bajo coste, disponibilidad y beneficios medioambientales, las cenizas de eucalipto han ganado interés recientemente como alternativa de material estabilizador (Martínez & Gutiérrez, 2022). Además de mejorar las cualidades del suelo, este método de estabilización disminuye el impacto ambiental al reciclar un material que de otra forma sería desechado; esto lo logra aprovechando residuos del sector forestal.

El desarrollo de carreteras que sean a la vez eficientes y eficaces es de suma importancia, independientemente de la ubicación geográfica, porque estas carreteras mejoran la movilidad de los habitantes y el movimiento de bienes críticos. A su vez, esto contribuye al crecimiento socioeconómico de la región y garantiza que sea más fácil acceder a los servicios básicos dentro del barrio. Se ha demostrado que en la actualidad no existen carreteras asfaltadas en la región, circunstancia que se dificulta aún más, que se caracteriza por una elevada pluviosidad. Además, la presencia de vientos da lugar a la dispersión de polvo, lo que a su vez provoca un aumento de la prevalencia de trastornos respiratorios y otros problemas sanitarios relacionados con ellos, eficaz de drenaje pluvial durante la temporada de lluvias, las carreteras son casi inaccesibles para los automóviles.

En la región de Puno no se ha investigado lo suficiente sobre la utilidad de la ceniza de eucalipto para estabilizar ciertos suelos arcillosos, como los que se encuentran en la avenida Tasa de Juliaca, a pesar de los beneficios potenciales de este material. No se sabe cuál es la mejor dosis ni cómo afectará a largo plazo esta sustancia estabilizadora debido a la escasez de investigaciones en este campo (Díaz et al., 2020). Para mejorar la calidad y longevidad de las infraestructuras viarias en esta zona, es imprescindible realizar estudios que evalúen su comportamiento para averiguar si es una alternativa viable y rentable para la estabilización de subrasantes.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo influye el empleo de cenizas de eucalipto en la estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la av. tasa de la ciudad de Juliaca?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿De qué manera influye la ceniza de eucalipto en los límites de consistencia para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos?
2. ¿De qué manera influye las cenizas de eucalipto en la densidad seca y el óptimo contenido de humedad para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos?
3. ¿De qué manera influye las cenizas de eucalipto en la capacidad de soporte del suelo para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar cómo influye las cenizas de eucalipto en la subrasante en los suelos arcillosos de la av. tasa de la ciudad de Juliaca.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Determinar cómo influye la ceniza de eucalipto en los límites de consistencia para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos



2. Determinar cómo influye las cenizas de eucalipto en la densidad seca y el óptimo contenido de humedad para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos.
3. Determinar cómo influye las cenizas de eucalipto en la capacidad de soporte del suelo para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación técnica

La construcción de carreteras se ve dificultada por las deformaciones, asentamientos y fallos estructurales provocados por la elevada plasticidad de los suelos arcillosos y su potencial de expansión y contracción. En regiones como Juliaca, donde el clima es riguroso y las fluctuaciones estacionales de humedad son frecuentes, se necesita un método asequible para estabilizar el suelo. Dado que la ceniza de eucalipto, un subproducto de la combustión de madera, reacciona con los minerales del suelo para mejorar su resistencia y estructura, puede utilizarse para estabilizar los suelos. En comparación con los estabilizantes caros y perjudiciales para el medio ambiente, esta opción es más adecuada.

1.4.2. Justificación social

El crecimiento económico y social de una región depende en gran medida de la estabilidad y longevidad de su sistema de transporte. Las carreteras y autopistas de Juliaca se han deteriorado demasiado rápido debido a problemas con los suelos arcillosos, lo que tiene un grave impacto en el tráfico y la movilidad. El uso de ceniza de eucalipto para la estabilización del subsuelo mejora enormemente la calidad y la vida útil de estas infraestructuras, lo que se traduce en un transporte más seguro y eficiente. Como resultado, la calidad de vida de los habitantes se ve afectada positivamente por la disminución de los gastos y los problemas asociados al mantenimiento de las carreteras y los accidentes.

1.4.3. Justificación ambiental



La estabilización del suelo con cenizas de eucalipto es una forma ecológica de tratar los residuos agrícolas. La eliminación de las cenizas, un subproducto de la quema de madera, suele provocar la contaminación del suelo y otros problemas medioambientales. Esta estrategia disminuye el efecto medioambiental de la basura y evita la necesidad de eliminarla en vertederos. Además, este enfoque contribuye a la reutilización de residuos agrícolas, lo cual tiene un impacto ambiental positivo al evitar la acumulación de desechos, al mismo tiempo que reduce la necesidad de recursos no renovables, promoviendo prácticas más sostenibles en la ingeniería civil (Singh et al., 2018).

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. *Hipótesis general*

La estabilización de suelos con ceniza de eucalipto mejorara significativamente la subrasante en suelos arcillosos de la av. tasa de la ciudad de Juliaca.

1.5.2. *Hipótesis específicas*

1. La estabilización de los suelos con cenizas de eucalipto mejorara significativamente los límites de consistencia en los suelos arcillosos
2. La adición de cenizas de eucalipto mejorará significativamente la densidad seca y disminuirá el óptimo contenido de humedad del suelo arcillosos
3. Determinar cómo influye las cenizas de eucalipto en la capacidad de soporte del suelo para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos.

1.6. Variables e indicadores

1.6.1. *Variable independiente*

Ceniza de eucalipto

Dimensiones

- Dosificación de Ce en 4%, 8% y 12%

1.6.2. *Variable dependiente*



Estabilización de la subrasante

Dimensiones

- Índice plástico.
- Máxima densidad seca.
- CBR

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
cenizas de eucalipto	<p>las cenizas de eucalipto es un tipo principalmente por carbonato de calcio (CaCO₃) y otros minerales. Se forma a partir de la acumulación de sedimentos marinos y lacustres, como conchas de moluscos y otros materiales orgánicos.</p> <p>La ceniza de eucalipto es un material obtenido a partir de la incineración de las hojas y ramas del árbol de eucalipto. Este material contiene una alta concentración de minerales y compuestos químicos que le confieren propiedades que pueden ser aprovechadas en diversas aplicaciones.</p>	Proporciones	CE+4%	Ficha de control de calidad de laboratorio
			CE+8%	
			CE+12%	
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN



Estabilización de la subrasante en suelos arcillosos	Las carreteras, los trenes y los pavimentos dependen en gran medida de la subrasante, una capa de tierra compactada, ya que las cualidades de esta capa determinan la capacidad de carga y la durabilidad a largo plazo de la estructura.	Índice plástico	Plasticidad del suelo	Equipos y herramientas de laboratorio
		Grado de compactación	Proctor modificado	
		CBR	Capacidad portante del suelo	Guías de laboratorio



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Según, Macías y Ortiz (2022) en su proyecto “Estudio de las hojas de eucalipto como agente estabilizador de subrasante”, en la parte de Europa y desafíos para el desarrollo de un método europeo”, Cuando se trata del ciclo de vida de una infraestructura viaria, el diseño del firme y la selección de la mezcla son componentes cruciales que repercuten en los elementos políticos, económicos, técnicos, sociales y medio ambientales. Recientemente se han realizado investigaciones centradas en las características de los materiales y los modelos de comportamiento que caracterizan el comportamiento de los pavimentos y los materiales de construcción, Se consideró necesario actualizar los métodos de diseño de firmes que ya se utilizan, sobre todo en Estados Unidos, donde la ejecución de este procedimiento ya está en marcha. Por otra parte, en Europa se siguen utilizando hasta hoy procesos que se histórica de los métodos de diseño de pavimentos, destacando las limitaciones tempranas de los antiguos métodos empíricos. Posteriormente se presentarán los métodos franceses, británicos y Shell actualmente utilizados en Europa, destacando sus principales componentes en términos de metodología, tráfico, condiciones climáticas y subrasante. Se presenta el diseño y modelado de mezclas asfálticas en Europa con su inclusión en los métodos de diseño de



pavimentos. Finalmente, se presentan los principales desafíos para el desarrollo de un método europeo de diseño de pavimentos, así como los desarrollos recientes de investigación que pueden utilizarse para ese método.

Además, Olaya (2019) en su proyecto "Aplicación de agentes naturales como estabilizadores de suelos arcillosos para la construcción de vías", sostiene que Deberían construirse caminos forestales para proporcionar rutas económicas de transporte de madera y al mismo tiempo causar un impacto ambiental mínimo. Por tanto, el uso ampliado de materiales locales (tierra, piedra) es fundamental. Como los suelos cohesivos no pueden drenarse por gravedad y los suelos cohesivos saturados tienen una baja capacidad de carga, su uso como material de construcción plantea problemas. Este problema se puede solucionar estabilizando el suelo con cal. Se construyó una carretera experimental para evaluar el efecto del suelo cohesivo estabilizado con cal sobre los pavimentos construidos sobre ella. Se construyeron nueve versiones de pavimento sobre tres espesores diferentes (15, 25 y 35 cm) de suelo estabilizado con cal. Para comparar, también se construyó un pavimento tradicional sin estabilización con cal. Se calculó la capacidad portante de las capas estabilizadas y de los pavimentos terminados. El comportamiento a largo plazo de los pavimentos se puso a prueba midiendo el efecto del tráfico artificial sobre su capacidad portante. Los resultados mostraron que el módulo de capacidad de carga de la estabilización con cal era de alrededor de 500 MPa. Fueron necesarios entre 25 y 35 cm de estabilización con cal debajo de los pavimentos para un buen rendimiento a largo plazo. 35 cm de espesor del suelo local estabilizado fueron suficientes para soportar el tráfico aplicado sin daños graves. Por lo tanto, el suelo cohesivo tratado con cal se puede recomendar como capa de subrasante en condiciones forestales.

Según Costa et al. (2022) en su investigación "Propuesta para evaluación in situ de aspectos geotécnicos y estructurales de una vía de transporte pesado", sostiene que Con el tiempo, las vías del ferrocarril varían su calidad estructural en función de la acumulación de tráfico y el mantenimiento. Estos cambios pueden provocar diferentes respuestas de la vía en términos de tensiones y deformaciones inesperadas que, a su vez, pueden provocar

cierta pérdida de calidad geométrica y afectar la transitabilidad. El monitoreo del estado de la vía puede indicar la variación de las características geotécnicas y estructurales en términos de acumulación de tráfico, mantenimiento, drenaje, etc. El conocimiento de estas variaciones puede proporcionar información sobre los principales factores que afectan el comportamiento de la vía y así apoyar la planificación del mantenimiento de una gestión ferroviaria. operador. El objetivo de este artículo es proponer un procedimiento para la evaluación in situ mediante el monitoreo de las respuestas geotécnicas y estructurales de secciones típicas de una vía de transporte pesado (314 kN/eje) en la región norte de Brasil. La instrumentación implementada fue concebida utilizando galgas extensométricas para mediciones de deformación, celdas de presión verticales para monitoreo de tensiones y un transductor lineal de desplazamiento variable (LVDT) acoplado a un dispositivo de medición de desplazamiento (DMD) y sensores táctiles. Además, se instalaron sensores de succión para medir la presión de poro negativa en la subrasante. A partir de las deformaciones en el alma del carril y considerando un modelo analítico, fue posible determinar las cargas dinámicas de las ruedas. Se observó que los valores del factor de carga varían según la velocidad del tren y la calidad de la vía, así como la influencia de la carga dinámica en las tensiones sobre el perfil. Con respecto a la subrasante, la presión de succión presentó ligera variación (condición cercana a la saturación) durante el período de análisis, por lo que podría influir en las respuestas estructurales de la vía a la carga.

2.1.2. Antecedentes nacionales

La propuesta de Soto (2022), consiste en estabilizar el nivel de subrasante de la ruta Batanchaca - Yarusyacan en Pasco utilizando cenizas de eucalipto. El efecto de las cenizas de eucalipto sobre la química y las características físicas del suelo es el objetivo de esta investigación. Las condiciones del pavimento pueden reconocerse y pueden derivarse valores ponderados para determinar el estado general del pavimento, de acuerdo con esta afirmación. Las condiciones del pavimento pueden detectarse mediante el análisis



estructural y funcional de la superficie del pavimento, utilizando el Índice de Estado del Pavimento (PCI) y las técnicas VIZIR, determinar el tipo de intervención y, a partir de este conocimiento, evaluar si la carretera investigada es apta o no para la circulación del tráfico. Es posible ofrecer soluciones de tratamiento, como el mantenimiento normal o la rehabilitación, con la ayuda de la comprensión del estado estructural y funcional del pavimento flexible. Los resultados del índice de estado determinarán si se recomiendan o no estas opciones de tratamiento

En su propuesta Arbieta (2023) titulada "Estabilización de subrasantes blandas con ceniza de eucalipto y cal, carretera Tamburco - Karkatera, Apurímac 2022", busca mejorar la estabilidad de la subrasante mediante el uso de lutita y cal. Los resultados se midieron mediante observaciones transversales, y el enfoque fue descriptivo más que experimental. Se definieron los parámetros óptimos de construcción del firme y se desarrolló la secuencia de pavimentación de la carretera. El objetivo aquí es evaluar la influencia de la metodología AASHTO 93 sobre la transitabilidad vehicular en 2021 en las calles de Tinguña, Ica, observando la optimización del flujo vehicular.

Cristobal y Quinte (2022) En su estudio tuvo como del destino turístico Piedra Parada en Concepción, Fue durante la construcción de la carretera que une Huancavelica y Lircay que se realizó el estudio. La parte de la carretera que se estaba construyendo se encontraba entre el kilómetro 15 y el kilómetro 20, En el marco del "Pliego de Prescripciones las capacidades estructurales y funcionales del pavimento flexible dentro de la capa asfáltica de la carretera cumplen las normas de calidad necesarias. Este era el objetivo del estudio. y comprender los criterios establecidos por la EG-2013, Además, la capacidad estructural y funcional del pavimento flexible en su capa asfáltica debe evaluarse con la ayuda de varios instrumentos, como la viga Benkelman y el dispositivo Merlin. En la formulación del enfoque metodológico se utilizaron tanto enfoques descriptivos como transversales; Para trazar la curva de deflexión, se utilizó una viga Benkelman con el fin de medir las deflexiones. El proceso consistió en registrar las



deflexiones a varias distancias del eje de carga, incluidos 0, 25, 50, 100 y 500 centímetros. Se realizaron doscientas observaciones de las irregularidades presentes en la superficie de rodadura para determinar el grado de rugosidad que poseía el pavimento flexible, Se utilizó el patín móvil Merlín para identificar todas y cada una de las anomalías. Estos resultados proporcionan pruebas que apoyan la hipótesis que se propuso al inicio de la investigación.

2.1.3. Antecedentes locales

Guerra (2021). El comportamiento estructural de pavimentos flexibles y rígidos en el lado este de la Av. Circunvalación y Av. Tintaya en Juliaca fue estudiado por Herencia Tanto los cálculos de la capa de pavimento como la opción vial óptima fueron informados por el uso en el estudio de la estabilización con ceniza de eucalipto. Como parte del proyecto también se llevó a cabo una investigación geotécnica de la subrasante. Ello incluyó la excavación de pozos de prueba y el análisis de muestras en laboratorio mediante métodos como el análisis granulométrico, los límites de Atterberg, el ensayo Proctor modificado y el coeficiente de capacidad portante de California. En la etapa siguiente, se realizó el cálculo estructural. Para ello se aplicó el método AASHTO 93 y la Norma CE. 010 para firmes urbanos, que forma parte del Reglamento Nacional de la Edificación (R.N.E.). En conclusión, se realizó una comparación entre los dos diseños con el fin de tomar una determinación respecto a cuál era más apropiado para el proyecto que se estaba discutiendo, Como resultado del examen de los datos y teniendo en cuenta las circunstancias de tráfico y climáticas del proyecto en cuestión, se ha determinado que el pavimento rígido tiene un rendimiento estructural superior en comparación con el pavimento flexible. Esta aplicación se adapta mejor al pavimento rígido, ya que posee una mayor resistencia y demuestra una durabilidad superior a la del pavimento ligero.

Por su parte Castillo (2019), con la finalidad de mejorar la subrasante en la región Puno, la tesis de Rubio busca identificar los impactos de la adición de ceniza de hoja de



eucalipto a suelos arcillosos. Científica, del tipo investigación aplicada, y a nivel explicativo es la técnica de investigación. En contraste con la variación de -4,60% en el MDS y de -5,53% en el CBR, los datos demuestran que el PI se reduce en -12,56% al 10% de ceniza y en 18,68% al 15% de ceniza. Hay un cambio de +470,91% en el valor CBR al 10% de ceniza y un cambio de +647,27% al 15% de ceniza. Los resultados indican que la mejora de la estabilidad de la subrasante en la región del Pilcomayo mediante la incorporación de ceniza de hojas de eucalipto en suelos arcillosos mostró resultados excepcionales al 10% de ceniza. Los resultados muestran que la estabilización del suelo arcilloso con ceniza de hoja de eucalipto es beneficiosa, y los beneficios son aún mejores al 10% de ceniza.

Por otro lado, Cárdenas (2020) "El SIG utilizado para evaluar la condición del pavimento y la estabilidad de taludes en la carretera Lunahuaná." Evaluar el estado del firme y el comportamiento de las formaciones rocosas por las que pasa una carretera es esencial para un Inventario Calificado de Carreteras, según él. Esto se debe a que proporciona información esencial necesaria para planificar adecuadamente el mantenimiento rutinario o la rehabilitación de la carretera, así como para prevenir problemas de erosión, Los desprendimientos de tierra y otras formas de avería pueden poner en peligro la capacidad de la carretera para acoger el tráfico. Por lo tanto, la evaluación, la prevención y el mantenimiento deben realizarse con regularidad y considerarse una política estatal para garantizar que la red de carreteras se mantiene en el mejor estado posible, garantizando así la seguridad de quienes la utilizan. Uno de los objetivos primordiales de esta investigación es realizar un análisis exhaustivo del estado del pavimento y del comportamiento de las formaciones rocosas en todo el tramo que se extiende desde Cañete hasta Lunahuaná, específicamente entre los kilómetros 29 y 31. Para esta investigación se ha utilizado el Sistema de Información Geográfica (SIG). Para lograr este objetivo, se calculó el índice de rugosidad del firme utilizando la información obtenida en investigaciones anteriores. Del mismo modo, se detectaron fallos en el firme antes de utilizar el método del PCI para evaluar su estado. Además, se identificaron lugares

importantes caracterizados por la presencia de problemas. Estos elementos permiten visualizar el estado actual de la carretera de forma clara y eficaz. La utilización de estos recursos hace factible sugerir procedimientos correctivos para garantizar el adecuado mantenimiento y preservación del pavimento.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Suelo

Su formación es fruto de la combinación de cinco factores que interactúan entre sí: material originario, topografía, clima, organismos vivos y tiempo (Maldonado 2021)

El suelo tiene varias propiedades y características, como textura, porosidad, color, estructura y profundidad, que influyen en su capacidad para retener agua, nutrientes y oxígeno. También tiene una composición que incluye material mineral, materia orgánica, agua y aire, que trabajan juntos para proporcionar un medio adecuado para el crecimiento de las plantas.

Los gases, líquidos y organismos vivos que juntos forman un medio natural capaz de soportar vida vegetal. Es el resultado la roca madre y otros materiales a lo largo del tiempo.

2.2.1.1. Clasificación de los suelos por el tamaño de sus partículas

La clasificación de los suelos por el tamaño de sus partículas se puede realizar mediante el análisis granulométrico. Las clasificaciones más comunes son las proporcionadas por el (USCS) y el American. Aquí se presentan la clasificación de los suelos.

Tabla 2

Calificación de suelos

Sistema de clasificación	Tipo	Partículas (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.

2.2.1.2. Propiedades del suelo

Las biológicas que determinan, así como su uso en diferentes aplicaciones, como la agricultura, la construcción y la conservación del medio ambiente. Aquí se presentan las principales propiedades del suelo:

1. Textura del suelo:

Es el espesor con la que cuenta un tipo de suelo

2. Estructura del suelo:

Una buena estructura del suelo favorece la permeabilidad, la aireación y el enraizamiento de las plantas.

3. Porosidad del suelo:

Espacio vacío en el suelo, que puede estar lleno de agua (poros de agua) o aire (poros de aire). Influencia en la infiltración del agua, la retención de agua y la disponibilidad de oxígeno para las raíces.

4. Densidad del suelo:

Se refiere a la masa entre el volumen

5. Consistencia del suelo:

A cambio de forma o volumen bajo fuerzas externas, como la sequedad, la humedad o el tráfico. Puede influir en la facilidad de labranza, compactación y erosión.

2.2.1.3. Clasificación de suelos

Principalmente para pavimentos. En función de su tamaño y propiedades.

Figura 1

Signos convencionales para el perfil de calicatas, según AASHTO

SIMBOLOGÍA	CLASIFICACIÓN	SIMBOLOGÍA	CLASIFICACIÓN
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		MATERIA ORGANICA
	A - 2 - 6		ROCA SANA
	A - 2 - 7		ROCA DESINTEGRADA
	A - 4		



Nota: Simbología AASHTO, tomado de (MTC, 2014).

Figura 2

Signos convencionales para el perfil de calicatas, según SUCS

	Grava bien mezclada arena, grava con poco o nada de material fino, variación en tamaños granulares.		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy baja.
	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco nada de material fino.		Arenas arcillosas, mezclas de arena-arcillosa.
	Gravas limosas mezclas de grava-arena limosa.		Limas orgánicas y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas o limas arcillosas con ligera plasticidad.
	Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-arcilla grava con material fino cantidad apreciable de material fino.		Arcillas inorgánicas de plasticidad baja o mediana, arcillas grasas, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas magras.
	Arena bien graduada, arenas con grava, poco o nada de material fino. Arenas limpias poco o nada, amplia variación en tamaño granulares y cantidades de partículas en tamaño intermedios.		Limas orgánicas y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad.
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias.		Lima inorgánicas suelos finos granosos o limosas, micáceas o diatomáceas, limas elásticas.

	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad, arcillas grasosas.
	Arcillas orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limas orgánicas.
	Turba, suelos considerablemente orgánicos.

Nota: Manual de ensayo de materiales, tomado de (MTC, 2014).

Tabla 3

Clasificación según índice de plasticidad

IP	Plasticidad	Característica
IP > 20.02	Altísima	CL
IP ≤ 20.05	Mediana	CL
IP > 7.24		
IP < 7.10	Corta	CL
IP = 0	No representa	CL

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

2.2.2. Pavimentos

Los pavimentos son superficies artificiales dispuestas de una determinada manera para guiar las ruedas de los coches y los peatones y, al mismo tiempo, absorber parte del impacto del suelo. Según el MTC 2014, se encuentran sobre todo en lugares muy

transitados, como autopistas, aeropuertos, aparcamientos y zonas peatonales. (Pernia, 2014).

Los componentes del pavimento son:

- **Base:** Se encarga de proporcionar un apoyo continuo, uniforme y estable a lo largo del tiempo.
- **Subbase:** Se encarga de proporcionar una base sólida para el pavimento.

2.2.2.1. Características de los pavimentos

Los pavimentos son estructuras superficiales que se colocan sobre el terreno natural para proporcionar una superficie de rodamiento segura y cómoda. Las características de los pavimentos son fundamentales para garantizar su durabilidad y funcionalidad.

- Estructura:** Los pavimentos pueden ser rígidos, semirrígidos o flexibles, dependiendo carga de tránsito esperada.
- Materiales:** Pueden ser naturales, como piedra, arena y arcilla, o tratados, como materiales estabilizados con productos químicos.
- Diseño:** El diseño de un pavimento implica seleccionar la combinación más adecuada de materiales y espesores de cada capa, considerando las cargas de tránsito esperadas, las características de la subrasante y factores económicos.
- Construcción:** Para crear un pavimento liso y duradero, es necesario nivelar la superficie, colocar materiales y comprimir las capas.
- Mantenimiento:** La supervisión del pavimento, la reparación de daños y la limpieza de la superficie son tareas de mantenimiento esenciales que garantizan que el pavimento durará y funcionará correctamente.

2.2.2.2. Tipos de pavimentos

Dos categorías principales: pavimentos rígidos y pavimentos flexibles. Cada tipo tiene características distintas en términos de materiales, diseño y comportamiento estructural.



1. Pavimentos rígidos:

Estos pavimentos están compuestos por materiales naturales, como piedra y arena, y se utilizan en áreas con carga de tránsito baja.

Características:

- Alta resistencia a la deformación bajo cargas pesadas.
- Menor flexibilidad, lo que puede provocar la aparición de grietas si no se diseñan adecuadamente las juntas de expansión y contracción.
- Mayor vida útil con menor necesidad de mantenimiento frecuente.

2. Pavimentos semirrígidos:

Estos pavimentos están compuestos por materiales tratados, como materiales estabilizados con productos químicos, y se utilizan en áreas con carga de tránsito moderada.

3. Pavimentos flexibles:

Estos pavimentos están compuestos por materiales tratados, como materiales estabilizados con productos químicos, y se utilizan en áreas con carga de tránsito alta.

Características:

- Alta flexibilidad, adaptándose mejor a las deformaciones y movimientos del terreno.
- Requiere mantenimiento más frecuente en comparación con los pavimentos rígidos.
- Mejor capacidad para absorber vibraciones y ruidos.

2.2.3. Subrasante

Asimismo, la subrasante es la directamente debajo de las capas de un pavimento. Actúa como la base de soporte fundamental sobre la cual se construye el resto del pavimento, ya sea para carreteras, pistas de aeropuertos, estacionamientos, entre otros.



Su desempeño y calidad son críticos para la durabilidad y funcionalidad del pavimento completo.

La subrasante debe cumplir con ciertas condiciones para ser adecuada para la construcción de pavimentos. Estas condiciones incluyen:

a. Granulometría:

Debe ser adecuada para soportar las cargas del pavimento.

b. Plasticidad:

El suelo debe ser capaz de deformarse indefinidamente sin romperse bajo cargas estáticas o dinámicas.

c. Clasificación de los suelos:

La subrasante debe ser clasificada según su capacidad de soporte.

d. Resistencia al corte:

El suelo debe ser capaz de resistir el corte y la deformación bajo cargas.

e. Susceptibilidad a las variaciones de temperatura:

El suelo debe ser capaz de resistir cambios en la temperatura sin deformarse significativamente.

f. Drenaje:

El suelo debe ser capaz de permitir el flujo de agua y aire a través de él.

Para preparar la subrasante, se deben realizar labores de movimiento de tierra para nivelar el terreno y compactar la subrasante hasta alcanzar una densidad mínima del 95%. El espesor de la subrasante debe ser mínimo de 30 cm para caminos de bajo tráfico y 50 cm para caminos con un tráfico pesado.

2.2.3.1. Funciones de la capa subrasante

La subrasante es pesada, pero resulta esencial para los pavimentos, ya que garantiza su longevidad y seguridad.

2.2.3.2. Categorías de la capa subrasante

Se clasifican según su capacidad de soporte, que se mide mediante se dividen en seis grupos, que van desde S0 (subrasante inadecuada) hasta S4 (subrasante excelente).

Cada categoría tiene un rango de CBR específico:

Tabla 4

Clases de 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: (MTC, 2014)

2.2.4. Ensayos y evaluación de la subrasante

Para garantizar que la subrasante es adecuada para la construcción de pavimentos, debe someterse a exámenes y pruebas exhaustivos. A continuación, se presentan ejemplos de pruebas típicas y lo que pretenden conseguir:

1. Ensayo de compactación (Proctor).

Objetivo:

Calcular la humedad y densidad

Procedimiento:

- **Proctor Estándar:** Se compacta una muestra de suelo en capas dentro de un molde utilizando un pisón estándar, y se mide la densidad seca obtenida a diferentes contenidos de humedad.
- **Proctor Modificado:** Similar al Proctor Estándar, pero con mayor energía de compactación.

Figura 3

Proctor modificado



Nota. Moldes ASTM D-1557.

2. Prueba de CBR

Objetivo:

Evaluar la capacidad de soporte del suelo

Procedimiento:

- Una muestra de suelo compactada se somete a una carga penetrante con un pistón estándar.

Importancia:

Ayuda a dimensionar adecuadamente las capas del pavimento para que soporten las cargas de tráfico previstas.

Figura 4

Prueba de CBR



Nota. CBR, según ASTM D-1883.

Los ensayos y la evaluación de la subrasante son esenciales para asegurar que el suelo tiene las propiedades adecuadas para soportar la construcción de pavimentos. Estos ensayos proporcionan datos críticos para el diseño y la construcción, ayudando a prevenir problemas futuros como asentamientos diferenciales, falta de drenaje y fallos estructurales. Una subrasante bien evaluada y preparada es fundamental para la durabilidad y el rendimiento de cualquier estructura de pavimento. (Harloff, 2020).

2.2.5. Estabilización de suelos

Al alterar su composición química o biológica, la estabilización del suelo mejora su resistencia y sus cualidades. Esto se consigue aplicando sobre la obra productos químicos estabilizadores del suelo, que incluyen componentes físicos, químicos y biológicos. Tanto los ecologistas como los constructores pueden beneficiarse de la capacidad de este método para reducir la probabilidad de erosión, hundimiento y asentamiento. Como alternativa, puede utilizar la estabilización con geopolímeros, la compactación dinámica o la adición de cemento. La estabilización con geopolímeros es un método innovador que reduce la probabilidad de erosión del suelo al aumentar su estabilidad, resistencia y durabilidad, al tiempo que disminuye su compresibilidad y permeabilidad.

2.2.3.1. Estabilización de suelos arcillosos

La capacidad de los suelos arcillosos para absorber y liberar agua los convierte en materiales de construcción ideales. Los estabilizadores químicos, los geosintéticos, el calor y los procedimientos mecánicos forman parte de la caja de herramientas de la estabilización. Las propiedades químicas del suelo pueden modificarse añadiendo cal o cemento, lo que depende del uso y las características específicas del suelo.

2.2.3.2. Estabilización de suelos

Para estabilizar un suelo, hay que alterar sus características físicas y mecánicas para que se comporte mejor cuando está sometido a cargas. El aumento de la capacidad de carga, la disminución de la plasticidad, la mejora del drenaje y la reducción de la expansión y contracción del suelo son todos resultados de la adición de elementos estabilizadores (Álvarez et al., 2018). Los proyectos de construcción dependen en gran medida de este proceso, especialmente cuando se trabaja con suelos inestables como los arcillosos. Estos tipos de suelos tienen poca resistencia y una plasticidad considerable, por lo que son incapaces de soportar cargas.

Cuando los recursos orgánicos, como las cenizas de biomasa, se utilizan para estabilizar el suelo, reaccionan con él, mejorando sus propiedades estructurales. Los elementos orgánicos funcionan principalmente como agentes cohesivos, que mejoran la compactación del suelo y disminuyen su flexibilidad. Como consecuencia, el suelo se vuelve menos propenso a la erosión y más resistente (Gómez et al., 2021). Este método de estabilización con residuos orgánicos es una opción ecológica y funciona de maravilla en suelos de bajo rendimiento.

Para aumentar la resistencia mecánica del suelo, se mezclan con él aditivos químicos como cal, cemento o polímeros sintéticos. La capacidad de carga del suelo y su resistencia a la expansión y contracción mejoran gracias a las reacciones químicas de estos aditivos con los minerales del suelo, lo que conduce a la creación de vínculos más fuertes (Mendoza y Torres, 2019). Las carreteras y construcciones que requieren mejoras



sustanciales de las condiciones del suelo suelen emplear esta tecnología durante su desarrollo.

El término estabilización mecánica del suelo describe el proceso de mejora de las cualidades del suelo mediante la modificación de su estructura interna y el uso de técnicas de compactación. Para mejorar la estabilidad y resistencia del suelo, especialmente en suelos con alto contenido de humedad o textura arcillosa, esta técnica implica la incorporación de gravas, arenas o geotextiles. Los pavimentos y los cimientos construidos sobre suelos inestables pueden beneficiarse enormemente de la estabilización mecánica (Rodríguez et al., 2020).

Un método novedoso para estabilizar los suelos consiste en incorporar al proceso residuos industriales, como escorias metálicas, cenizas de carbón y escombros de construcción. Esto mejora las cualidades mecánicas del suelo. La incorporación de estos residuos al suelo mejora su aptitud para la construcción al modificar sus características estructurales. Según López et al. (2022), este método no sólo mejora las cualidades del suelo, sino que también ayuda a disminuir los residuos industriales, lo que promueve un método más ecológico de ingeniería civil.

2.2.3.3. Ventajas de la estabilización de los suelos

Proporciona una serie de beneficios:

- Puede trabajar con suelos que tienen un mayor contenido de humedad.
- Disminución de la compresibilidad y maleabilidad.
- Creación de una superficie que no puede ser penetrada.
- Aumento de la estabilidad y resiliencia del suelo a largo plazo.
- Disminuye la posibilidad de hundimiento, erosión, tamaño o asentamiento.

2.2.3.4. Beneficios

1. Mayor estabilidad para soportar cargas importantes y evitar asentamientos.



2. La disminución de la plasticidad reduce la flexibilidad y el desplazamiento en respuesta a las fluctuaciones de humedad.
3. Mayor resistencia a la fluencia progresiva del suelo.
4. Mayor durabilidad y longevidad del suelo.
5. La menor sensibilidad al agua aumenta la resistencia del suelo.
6. Aumento de la capacidad portante, lo que se traduce en unos cimientos más robustos.
7. Reducción de la compresibilidad, lo que evita asentamientos no deseados.
8. La mejora de la permeabilidad es esencial para un drenaje eficaz.
9. Una de las muchas ventajas de aumentar las características del suelo es que se reduce la probabilidad de erosión. Esto es especialmente cierto en zonas donde la erosión es frecuente, ya que es una de las numerosas ventajas de mejorar la calidad del suelo.

2.2.6. Ceniza de eucalipto

La ceniza de eucalipto puede clasificarse según su composición mineralógica, como ceniza de eucaliptos cuarzosas, feldespáticas o micáceas, y también se pueden distinguir por su tipo de cementación y materiales cementantes. La ceniza de eucalipto es débil y suelen tener una textura clástica con laminaciones, y su color puede variar desde grises hasta marrones y ocre.

El sector forestal utiliza con frecuencia cenizas de eucalipto, un subproducto de la quema de madera de eucalipto, árbol conocido por su rápido crecimiento y resistencia. La estabilidad del suelo puede beneficiarse de la composición mineral y metálica de la ceniza, que incluye elementos como calcio, magnesio y potasio. Debido a su capacidad para reaccionar químicamente con los componentes del suelo, puede aumentar la resistencia y durabilidad de las estructuras, lo que la convierte en un material alternativo potencial para su uso en proyectos de ingeniería civil destinados a mejorar la estabilidad del suelo (Martínez et al., 2020).



La estabilización del suelo mediante cenizas de eucalipto se basa en la presencia de una serie de componentes químicos en estas cenizas. Entre sus principales ingredientes se encuentran los carbonatos de calcio y magnesio, que pueden reaccionar con los silicatos del suelo arcilloso para aumentar la cohesividad y disminuir la flexibilidad. Según González y Ramírez (2019), estas reacciones químicas son cruciales para mejorar la aptitud del suelo para la construcción de infraestructuras a partir de un estado inestable. Además, a diferencia de otros estabilizantes, la ceniza de eucalipto tiene muy pocos metales pesados, por lo que es más segura para el medio ambiente.

Se ha investigado la estabilización de suelos con cenizas de eucalipto como sustituto más ecológico y rentable de la cal y el cemento. Es posible mejorar las cualidades mecánicas del suelo y disminuir los costes de construcción utilizando cenizas de eucalipto, un recurso residual. Sobre todo, en regiones con suelos débiles o muy plásticos, las investigaciones han demostrado que la adición de cenizas de eucalipto en cantidades variables aumenta la capacidad portante y la durabilidad de los suelos arcillosos (Pérez et al., 2021).

El uso de cenizas de eucalipto tiene pocos efectos negativos sobre el medio ambiente, lo que supone una gran ventaja. Su utilización en la estabilización del suelo ayuda a reducir los residuos, ya que es un subproducto del sector forestal. Además, es abundante, biodegradable y ayuda a reducir la necesidad de estabilizantes químicos, lo que significa menos contaminación del agua y el aire. Para reducir los efectos negativos sobre el medio ambiente, este método ecológico se ajusta a los principios de sostenibilidad (González & Herrera, 2022).

Las cenizas de eucalipto mejoran considerablemente la cohesión, la capacidad portante y las cualidades mecánicas del suelo. Más concretamente, tienen la capacidad de disminuir la expansividad de los suelos arcillosos, que es un problema común en muchas zonas donde los cambios en los niveles de humedad hacen que el suelo se expanda y contraiga, afectando a la estabilidad de las infraestructuras. La resistencia del suelo a las

deformaciones volumétricas aumenta con la adición de cenizas de eucalipto, lo que a su vez hace que los edificios construidos sobre él sean más duraderos (Vargas et al., 2020).

Figura 5

Ceniza de eucalipto



Nota. Estabilización de suelos con ceniza.

2.2.6.1. Características de la ceniza de eucalipto

La ceniza de eucalipto es el residuo inorgánico resultante de la combustión de la madera de eucalipto. Esta ceniza tiene diversas aplicaciones, desde su uso como estabilizador del suelo hasta su inclusión en la producción de fertilizantes y biocombustibles. A continuación, se detallan sus principales características:

1. Composición Química

Los óxidos minerales, como el óxido de calcio (CaO), el óxido de magnesio (MgO), el óxido de potasio (K_2O) y el óxido de sodio (Na_2O), constituyen la mayor parte de las cenizas de eucalipto. En particular, en la estabilización de suelos arcillosos, estos compuestos juegan un papel esencial en mejorar las propiedades geotécnicas de los suelos debido a su reactividad. Además, contienen carbonato cálcico (CaCO_3), un componente que ayuda a reducir la mejora la resistencia y estabilidad del suelo (Martínez et al., 2020). Además, contienen carbonato cálcico (CaCO_3), un componente que ayuda a reducir la mejora la resistencia y estabilidad del suelo (Martínez et al., 2020). Además,



contienen carbonato cálcico (CaCO_3), un componente que ayuda a reducir la mejora la resistencia y estabilidad del suelo (Martínez et al., 2020).

2. Propiedades Alcalinas

La elevada alcalinidad de las cenizas de eucalipto es uno de sus atributos más notables. El pH del suelo se eleva como resultado de la presencia de compuestos como el carbonato cálcico, que son absorbidos por el suelo. La estructura de los suelos ácidos o muy ácidos se ve reforzada por esta propiedad alcalina, que ayuda a su neutralización. La reactividad de otros compuestos del suelo puede verse afectada positivamente por este cambio de pH, lo que puede mejorar aún más las propiedades físicas y mecánicas del suelo (Pérez et al., 2021).

3. Eficiencia como Estabilizante de Suelos

Las cenizas de eucalipto son reconocidas por su capacidad para mejorar las propiedades geotécnicas de los suelos. Funcionan como estabilizadores naturales, sobre todo en suelos arcillosos de gran plasticidad. La reactividad química de las cenizas permite una interacción más eficaz con las partículas de arcilla, reduciendo así su plasticidad y mejorando su capacidad portante. Las cenizas de eucalipto son ventajosas en proyectos de ingeniería civil, ya que facilitan la mejora del suelo, la estabilización de plataformas y la construcción de carreteras (González & Ramírez, 2019).

4. Bajo Contenido de Metales Pesados

Las cenizas de eucalipto son una alternativa más segura y menos contaminante para su uso en la estabilización del suelo y la agricultura, en contraste con otras cenizas de residuos vegetales, ya que contienen niveles mínimos de metales pesados. Este bajo contenido en metales pesados es ventajoso tanto para la salud humana como para el medio ambiente, ya que reduce los peligros asociados a la contaminación del suelo y de los recursos hídricos. En consecuencia, su aplicación como estabilizador de suelos es una

alternativa más sostenible que otros productos químicos que son más perjudiciales (González & Herrera, 2022).

5. Propiedades Físicas y Texturales

Cuando se aplican al suelo, las cenizas de eucalipto se diseminan uniformemente debido a su textura fina y pulverulenta. Esta propiedad física permite su interacción con las partículas del suelo y su integración en la composición del mismo. Además, la elevada capacidad de absorción de agua de las cenizas contribuye a aumentar la permeabilidad del suelo, reduciendo así su susceptibilidad a la erosión y mejorando su capacidad para retener agua en su estructura. Estos atributos indican que las cenizas de eucalipto no sólo mejoran la capacidad de drenaje del suelo y su comportamiento en condiciones de alta humedad, sino que también lo estabilizan (Pérez et al., 2021).

La ceniza también tiene varios tipos de usos como;

Usos:

- Otros usos: Las emulsiones asfálticas también, además, son importantes en la geología económica por su capacidad para almacenar combustibles fósiles y metales pesados.

Tabla 5

Propiedades de las cenizas de eucalipto

Características	Descripción
Composición	Minerales, materia orgánica
Textura	Laminada, fisilidad, grano fino (<0.063 mm)
Color	Gris, negro,
Dureza	Baja a media (2-3 en la escala de Mohs)
Porosidad	Baja
Permeabilidad	Baja
Fisibilidad	Alta (se divide en partículas delgadas)
Ambientes de formación	Lagos, estuarios, mares profundos, cuencas sedimentarias
Usos	Reservorios de hidrocarburos, materias primas, estudios geológicos

Nota: Elaborado por el tesista.

Cuando se aplican al suelo, las cenizas de eucalipto se diseminan uniformemente debido a su textura fina y pulverulenta. Esta propiedad física permite su interacción con las partículas del suelo y su integración en la composición del mismo. Además, la elevada capacidad de absorción de agua de las cenizas contribuye a aumentar la permeabilidad del suelo, reduciendo así su susceptibilidad a la erosión y mejorando su capacidad para retener agua en su estructura. Estos atributos indican que las cenizas de eucalipto no sólo mejoran la capacidad de drenaje del suelo y su comportamiento en condiciones de alta humedad, sino que también lo estabilizan (Pérez et al., 2021).

2.2.6.2. Estabilización de suelos con cenizas de eucalipto

La ceniza de madera de eucalipto se emplea como agente estabilizador en el proceso de estabilización del suelo para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, en particular de los suelos arcillosos o inestables. La ceniza de eucalipto, un subproducto de la combustión de la madera, se utiliza en aplicaciones de ingeniería civil y medioambiental en lugar de desecharse. Por consiguiente, este proceso está cada vez más extendido debido a sus ventajas ecológicas y económicas.

1. Mecanismo de Estabilización

La interacción química entre las partículas de ceniza y las partículas de arcilla del suelo es la base del proceso de estabilización mediante cenizas de eucalipto. La función principal de las cenizas es reducir la plasticidad del suelo, un factor crítico en su comportamiento estructural. Las cenizas de eucalipto se componen principalmente de óxidos de calcio (CaO), óxidos de magnesio (MgO) y carbonatos (CaCO₃). Cuando se combinan con el suelo arcilloso, estos compuestos sufren reacciones químicas que dan lugar a la formación de compuestos estables que reducen la expansividad y la contracción del suelo. Esta alteración en la estructura del suelo aumenta su estabilidad y resistencia,

lo que resulta ventajoso para los proyectos de construcción, en particular los que implican la construcción de carreteras y plataformas (Pérez et al., 2021).

2. Reducción de la Plasticidad del Suelo

La propiedad de plasticidad permite que un suelo se deforme sin romperse cuando se le aplica una carga. Los suelos arcillosos presentan un alto grado de plasticidad, lo que se traduce en una capacidad portante inadecuada y una deformación excesiva. Esta plasticidad disminuye con la incorporación de cenizas de eucalipto, que reaccionan con los minerales arcillosos produciendo compuestos estables que alteran la estructura cristalina del suelo. En consecuencia, disminuye la capacidad de retención de agua del suelo. Este efecto permite que el suelo sea más compacto, menos susceptible a la erosión y más sencillo de manejar en las obras (González & Ramírez, 2019).

3. Mejora de la Capacidad de Carga

La capacidad portante de un suelo es esencial en los proyectos de infraestructuras, ya que es el factor determinante de su capacidad para soportar cargas sin sufrir deformaciones excesivas. Los suelos arcillosos pueden tener una capacidad portante restringida, sobre todo cuando están inundados de agua. Las cenizas de eucalipto mejoran esta capacidad al establecer enlaces químicos que fortifican las partículas del suelo, aumentando así su densidad y resistencia a la compresión. Este efecto se potencia cuando las cenizas se aplican en cantidades suficientes y se mezclan uniformemente con el suelo (Martínez et al., 2020).

4. Impacto Ambiental y Económico

La utilización de cenizas de eucalipto en la estabilización del suelo tiene un efecto medioambiental beneficioso, ya que reduce la necesidad de utilizar estabilizantes químicos sintéticos, que pueden ser costosos y perjudiciales para el medio ambiente. Además, como la ceniza de eucalipto es un subproducto de la industria forestal, es una alternativa sostenible para la gestión de residuos. Esto contribuye al reciclaje de materiales y a la

reducción de la huella de carbono en la industria de la construcción. Este método es ventajoso tanto desde el punto de vista ambiental como económico, ya que permite la utilización de materiales de origen local y renovables, reduciendo así los gastos asociados al transporte y a la adquisición de estabilizantes comerciales (Pérez et al., 2021).

5. Consideraciones en su Aplicación

Para que las cenizas de eucalipto sean eficaces en la estabilización del suelo, es esencial tener en cuenta diversos factores, como el tipo de suelo, las condiciones climáticas de la zona de intervención y la cantidad de ceniza que se va a aplicar. En general, se aconseja realizar experimentos de laboratorio para determinar la cantidad óptima de ceniza que debe mezclarse con el suelo y evaluar su eficacia en función de las características propias del suelo. Además, la uniformidad del procedimiento de mezcla es esencial para garantizar que las propiedades del suelo se mejoran de forma consistente y uniforme (González & Herrera, 2022).

Podemos dar concluir que una solución eficaz y sostenible para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de suelos problemáticos, como los arcillosos, es la estabilización del suelo con cenizas de eucalipto. La construcción de infraestructuras, incluidas carreteras y plataformas, se ve facilitada por este proceso, que disminuye la plasticidad, aumenta la capacidad portante y mejora la resistencia del suelo. Además, la utilización de cenizas de eucalipto es un sustituto ecológico y rentable de los estabilizantes convencionales, ya que contribuye a la gestión responsable de los residuos de la industria forestal

2.2.6.3. Importancia de la ceniza de eucalipto

La ceniza de eucalipto tiene diferentes tipos:

1. **Extensión y distribución:** La ceniza de eucalipto es la roca sedimentaria más extensa en la superficie de la Tierra, lo que la hace fundamental para entender la geología y la evolución de la Tierra.

2. **Usos:** La ceniza de eucaliptos, la construcción, la geología económica, la explotación de hidrocarburos no convencionales, y como agentes blanqueadores, pigmentos, selladores, agentes de perforación, etc.
3. **Importancia en la industria petrolera:** La ceniza de eucalipto es fundamental en la industria petrolera debido a su capacidad para almacenar hidrocarburos no convencionales, como petróleo y gas
4. **Impacto en la geología económica:** La ceniza de eucalipto es importante en la geología económica debido a su capacidad para almacenar metales pesados y combustibles fósiles, lo que la hace fundamental para entender la formación de depósitos minerales y la explotación de recursos naturales.
5. **Diseño de cimientos:** La ceniza de eucaliptos también se utilizan en el diseño de cimientos para estructuras que requieren una base estable y resistente.

2.2.7.1. Proceso de aplicación de las cenizas de eucalipto

La subrasante implica varios pasos clave para asegurar una efectiva estabilización y mejora de las características físicas y mecánicas del suelo.

- a) **Preparación del suelo:** Necesario preparar el suelo para recibir el tratamiento. Esto implica remover cualquier material extraño, como piedras o vegetación, y nivelar la superficie del suelo.
- b) **Diseño del tratamiento:** Se debe diseñar un tratamiento específico para la subrasante, considerando la composición del suelo, la cantidad de cemento portland necesaria y la dosificación óptima.
- c) **Aplicación de la cemento portland:** La cemento portland se aplica directamente sobre la subrasante, utilizando una máquina de aplicación o un método manual. La cantidad de cemento portland se ajusta según el diseño del tratamiento y la composición del suelo.



- d) **Compactación:** Después de aplicar la cemento portland, se compacta el suelo utilizando una compactadora o un método manual. Esto ayuda a asegurar que la cemento portland se adhiera bien al suelo y se distribuya uniformemente.
- e) **Manejo de la humedad:** Es importante para después de aplicar la cemento portland. La humedad óptima para la estabilización del suelo es entre 8% y 12%.

2.3. Marco conceptual

a) Contenido de humedad

El ensayo de contenido como la construcción civil, la agricultura y la química, ya que la humedad del suelo puede afectar significativamente su comportamiento y propiedades.

b) CBR

Determina la resistencia del suelo

c) Cemento portland

El cemento portland en el contexto de la estabilización de suelos de subrasante, la cemento portland se utiliza como un aditivo

d) Emulsiones asfálticas

Las emulsiones asfálticas se forman a partir de depósitos de arcilla y limo que se han depositado en un ambiente de baja energía, como ríos, lagos o mares.

e) Proctor modificado

Además, se dispondrán 5 capas de material granular, con un total de 25 golpes por capa.

f) Subrasante

debe ser de la siguiente y debe ser compactada para proporcionar una superficie de apoyo homogénea.

g) Suelo, Tiene que ser de diferentes tipos debe ser compactada para proporcionar una superficie de apoyo homogénea.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es crucial para establecer el marco y la metodología de recogida y análisis de datos, garantizando así la validez, fiabilidad y aplicabilidad de los resultados a los objetivos del estudio (Hernández et al., 2014). Este estudio constituye una investigación experimental, que implica la manipulación de una variable.

3.2. Método de la investigación

El método engloba los procedimientos y técnicas empleados para la recogida y análisis de datos, garantizando así la validez, fiabilidad y objetividad de los resultados (Hernández et al., 2014). En este estudio se emplea el método científico.

3.3. Nivel y tipo de la investigación

3.3.1. Nivel de la investigación

El nivel será Explicativo, con el objetivo de comprender a fondo la problemática asociada al tema de estudio.

3.3.2. Tipo de investigación

Esta investigación es aplicada, orientada a abordar problemas prácticos mediante la utilización de conocimientos teóricos (Hernández et al., 2014).



3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

Todas las partes o personas que tienen las características específicas que se estudian en un proyecto de investigación conforman la población de estudio. Hernández y colaboradores.

La población de esta investigación está constituida por todos los suelos arcillosos situados en las inmediaciones de la Avenida Tasa en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román, región Puno. Conocidos por su baja capacidad portante y problemas de plasticidad, los suelos arcillosos son el tipo de suelo predominante en este sector, lo que los convierte en una población ideal para la implementación de técnicas de estabilización. La población a considerar son todas aquellas muestras de suelo representativas que presenten las características geotécnicas necesarias para evaluar la efectividad del tratamiento, ya que el proyecto se centra en la estabilización de suelos con ceniza de eucalipto.

3.4.2. Muestra

La muestra se elegirá mediante muestreo aleatorio de los suelos de los alrededores, garantizando así que la muestra sea representativa de varias regiones de la avenida que presenten un comportamiento mecánico y una composición comparables. Para garantizar la fiabilidad de las conclusiones y la exactitud de los resultados, se obtendrán al menos tres puntos de muestreo a lo largo de la avenida en diversos sectores de la misma. Esto permitirá observar las variaciones de las propiedades del suelo en función de su localización. Para garantizar que las características del suelo estén fielmente representadas en el análisis, se recogerá una muestra compuesta de suelo a varias profundidades en cada punto de muestreo.

Como muestra se consideró el segmento entre el Jirón Espinal y el Jirón Ocoña, debido a las dificultades encontradas en la recogida de datos.

Tabla 6

Numero de especímenes a evaluar

Descripción	IP	Máxima densidad seca	CBR	Total
SN	1	1	1	3
Con incorporación				
M + CE 4%	1	1	1	3
M + CE 8%	1	1	1	3
M + CE 12%	1	1	1	3
Total				12

Nota: SN (Suelo Natural), (Ceniza de eucalipto)

Se aplicará el procedimiento de muestreo probabilístico para determinar el número adecuado de muestras. Esto permitirá estimar una muestra representativa que abarque las variaciones del suelo en términos de hidratación, plasticidad, densidad y otros parámetros geotécnicos críticos para la estabilización. Esto garantizará que las muestras sean pertinentes para los objetivos del estudio al considerar los parámetros más críticos para la estabilidad del suelo, incluyendo el contenido de arcilla, la pureza del suelo, la granulometría y la plasticidad.

Con el fin de identificar los lugares críticos que requieren estabilización, la selección de las muestras vendrá determinada por los resultados preliminares del análisis geotécnico inicial de la zona. Los resultados de estas muestras se utilizarán para evaluar la eficacia de la estabilización del suelo mediante la aplicación de ceniza de eucalipto. Esto permitirá determinar si este material puede mejorar las propiedades mecánicas del suelo, incluida su resistencia a la deformación y su capacidad de carga. Además, se aplicarán medidas adicionales para evaluar los posibles efectos a largo



plazo del uso de cenizas en la calidad del suelo y observar el impacto medioambiental de esta estabilización.

3.5. Técnicas e instrumentos

3.5.1. Técnicas

Para aportar soluciones eficaces, Silvestre y Huamán insisten en la necesidad de utilizar información correcta y fiable. Para cuantificar y medir los datos, en este estudio se utilizaron técnicas de observación directa. Para procesar y analizar la información procedente de la investigación presencial y de laboratorio, se utilizaron métodos de síntesis.

La estabilización de suelos arcillosos mediante la aplicación de cenizas de eucalipto se evaluará utilizando una combinación de metodologías de laboratorio y de campo. El método primario implicará la observación directa del comportamiento físico y geotécnico del suelo antes y después de la estabilización, lo que permitirá un análisis comparativo de sus propiedades. Este método se reforzará con el muestreo sistemático de suelos, que consiste en la toma de una sucesión de muestras representativas en lugares estratégicos a lo largo de la Avenida Tasa de la ciudad de Juliaca. El objetivo es realizar ensayos que correspondan a cada tipo de suelo de la región. La identificación de las características más pertinentes del suelo y su respuesta al tratamiento con ceniza de eucalipto se facilitará mediante la observación directa.

3.5.2. Instrumentos

Son herramientas o recursos que el investigador utiliza para recopilar datos de manera estructurada y sistemática durante el proceso de investigación. Estos instrumentos permiten medir, registrar y obtener información relevante de la muestra o población de estudio, asegurando la precisión y consistencia de los datos recolectados. Incluyen cuestionarios, encuestas, entrevistas, guías de observación y escalas de medición. La selección y diseño adecuado de los instrumentos son fundamentales para



garantizar que los datos obtenidos sean válidos, confiables y pertinentes para los objetivos (Hadi et al., 2023).

Los instrumentos de investigación son herramientas desarrolladas para recopilar datos para examinar las preguntas o hipótesis presentadas en una investigación. Estos instrumentos se adaptan al tipo de estudio específico y al marco metodológico, ya sea cualitativo, cuantitativo o híbrido. El diseño debe ser estricto para garantizar que los datos recopilados sean válidos y confiables, lo que indica que evalúa consistentemente las variables previstas a lo largo del tiempo o en varios entornos.

En la investigación cuantitativa, los instrumentos suelen estar organizados y estandarizados, incluidos cuestionarios, escalas de medición, encuestas o formularios de observación. Estos facilitan la adquisición de datos cuantitativos, que luego se someten a análisis estadístico. Por el contrario, la investigación cualitativa emplea instrumentos más adaptables, como guías de entrevistas, diarios de campo o grabadoras de audio, destinados a capturar la profundidad y variedad de perspectivas, experiencias o fenómenos observables. Cada tipo de instrumento está diseñado para cumplir con los requisitos del estudio y los atributos de la población que se examina.

La creación y elección de un instrumento necesita validación (asegurar que mida con precisión el concepto previsto) y confiabilidad (asegurar que produzca resultados consistentes). Además, su ejecución debe ser contextualmente relevante y considerada con los participantes, mitigando sesgos que puedan comprometer la integridad de los datos. Una encuesta mal planificada o realizada en un entorno inadecuado puede proporcionar resultados erróneos o inadecuados. En este contexto, los instrumentos sirven no sólo como herramientas de recolección de datos sino también como componentes esenciales para garantizar la precisión y significancia de la información producida por el estudio.

- Instrumentos de laboratorio.



- Ensayo en laboratorio.
- Registro de datos.

3.6. Plan de recolección y procesamiento de datos

La recolección de datos en este estudio se llevará a cabo mediante una serie de pruebas de laboratorio y trabajo de campo, enfocadas en determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arcillosos y evaluar el efecto de las cenizas de eucalipto en su estabilización. En primer lugar, se tomará una muestra representativa del suelo en la subrasante de la Avenida TASA en Juliaca, la cual se someterá a análisis de granulometría, límite de plasticidad, capacidad de retención de agua y compactación, utilizando normativas internacionales como la ASTM D422 y ASTM D698. Posteriormente, se prepararán varias mezclas con diferentes proporciones de ceniza de eucalipto (0%, 4%, 8%, 12%) que se incorporarán al suelo y se evaluarán mediante pruebas de índice de plasticidad, densidad máxima, y prueba de California Bearing Ratio (CBR), siguiendo los métodos estándar de la ASTM. Además, se registrará el comportamiento del suelo estabilizado bajo diferentes condiciones de humedad para simular los efectos del clima en la estabilidad de la subrasante. La recolección de datos se complementará con observaciones sobre la variabilidad espacial del suelo en la zona de estudio, permitiendo una evaluación más completa del impacto de las cenizas de eucalipto en la mejora de las propiedades del suelo.

La caracterización del suelo y el análisis posterior al tratamiento se llevarán a cabo utilizando diversas herramientas de laboratorio y de campo. El equipo de laboratorio consta de un densímetro para analizar la compactación del suelo, un plastómetro para medir la plasticidad y un penetrómetro para determinar la resistencia a la compresión. Además, se observarán las interacciones microscópicas entre las partículas de arcilla y la ceniza de eucalipto utilizando un microscopio electrónico. Con estas herramientas, podremos estudiar la respuesta del suelo a diversas cargas y

circunstancias ambientales, así como el efecto de la ceniza en la estructura interna del suelo.

Para determinar cómo afecta la estabilización a las características geotécnicas del suelo, se medirá la resistencia al cizallamiento del suelo estabilizado con cenizas de eucalipto mediante el ensayo de cizallamiento directo. La compactación del suelo estabilizado con ceniza de eucalipto puede ser efectuada por medio de la aplicación de una capa de compactación. La compactación del suelo estabilizado, medida con un consolidó metro, revelará información sobre la capacidad portante del suelo a largo plazo.

Cuando se utilicen conjuntamente, estos métodos y herramientas proporcionarán resultados precisos, fiables e indicativos para los suelos arcillosos de la región de investigación. Además, se tendrán en cuenta las normas geotécnicas actualizadas, incluida la ASTM D698 (2018) para la prueba de compactación y la ASTM D421 (2016) para el estudio granulométrico. Esto garantizará que los métodos y resultados sean legítimos y puedan compararse con investigaciones previas en el campo. Notas críticas sobre los resultados encontrados: Proctor, Consistencia y Límites CBR.

3.6.1. Desarrollo del plan de investigación

Para garantizar el éxito de esta investigación se han ideado los siguientes pasos:

- ✚ **Primer paso:** Para recopilar datos relevantes para el tema de investigación, la primera etapa de la realización del estudio consiste en llevar a cabo una amplia investigación utilizando fuentes bibliográficas, documentos, libros y normas.
- ✚ **Segundo paso: La localización del trazado y de los materiales.** En este paso, se excavaron tres pozos de prueba en varios lugares alrededor de la AV de Juliaca. Ferrocarril de Juliaca.

a) Ubicación de la carretera Juliaca

Figura 6

Localización avenida tasa



Nota: Google Mapa.

Figura 7

Localización avenida tasa



Nota: Ubicación de calicata jirón espinal, Ocoña y nodal de la avenida tasa

Tabla 7*Localización para las calicatas*

Calicata	Jirón	Profundidad (m)	Margen
C-1	Jirón Espinal	1.50	Derecho
C-2	Jirón nodal	1.50	Izquierdo
C-3	Jirón Ocoña	1.50	Derecho

Nota: georreferenciación de campo

El cuadro 7 muestra las ubicaciones de las calicatas en su sucesión, de las que se tomaron muestras de suelo para su estudio.

b) Obtención de las cenizas de eucalipto

La ceniza de eucalipto se tomó a través de la acopiación del desecho de las pollerías los cuales desechan bastante cenizas semanalmente. También fueron obtenidas mediante la quema controlada de residuos vegetales provenientes de árboles de eucalipto (*eucalyptus globulus*), una especie ampliamente disponible en la región. los residuos de eucalipto fueron recolectados de plantaciones cercanas a la ciudad de Juliaca, asegurando que el material utilizado estuviera libre de contaminantes y en condiciones adecuadas para su procesamiento. los restos de hojas y ramas secas fueron sometidos a un proceso de combustión en un horno de quemado controlado a temperaturas de aproximadamente 600–700°C durante un periodo de 3 a 4 horas, con el fin de maximizar la conversión de la biomasa en cenizas sin que se generaran otros subproductos indeseables. tras el proceso de quema, las cenizas obtenidas fueron enfriadas a temperatura ambiente y tamizadas para eliminar cualquier partícula gruesa o impurezas, resultando en un polvo fino y homogéneo que fue almacenado en bolsas herméticas para evitar la absorción de humedad. las cenizas fueron caracterizadas previamente mediante análisis químicos, los cuales indicaron una alta concentración de sílice (SiO_2), lo que las hace aptas para la

estabilización de suelos. este material fue utilizado como estabilizante en las mezclas con el suelo arcilloso para su posterior evaluación en las pruebas de laboratorio, tal como mostramos en la siguiente figura.

Figura 8

Tamizaje y selección de la ceniza de eucalipto



Nota: En la figura mostramos el peso de las cenizas de eucalipto y luego lo tamizamos por las diferentes mallas para solo seleccionar el pasante de la malla N° 200 el cual es el más fino

✚ **Paso tres: Pruebas de laboratorio.** Las muestras y mezclas de ceniza de eucalipto se probaron en laboratorio.

El éxito de la estabilización de suelos arcillosos mediante cenizas de eucalipto puede evaluarse en base a los resultados obtenidos en los ensayos de límite de consistencia, Proctor y CBR. Lo que sigue es un examen en profundidad de estas pruebas, con la vista puesta en cómo se relacionan con la estabilización del suelo.

Límites de Consistencia:



Las métricas importantes para evaluar el comportamiento del suelo y la plasticidad son los límites de consistencia, que incluyen las limitaciones de líquido, plástico y contracción. Un alto valor del límite de plasticidad, que sugiere una propensión a distorsionarse bajo cargas, se anticipa en ausencia de estabilización en suelos arcillosos. Los resultados del límite de consistencia revelan una disminución considerable de la plasticidad, particularmente en el límite plástico, tras la adición de cenizas de eucalipto como estabilizante. Esto significa que la ceniza ha mejorado la trabajabilidad del suelo y ha disminuido su sensibilidad a la expansión y contracción limitando su capacidad de deformación incontrolada. Dado que su comportamiento es ahora más predecible y controlable, el suelo estabilizado es más adecuado para la construcción de infraestructuras debido a su mayor plasticidad.

Prueba de Compactación (Proctor):

Encontrar la humedad ideal para lograr la máxima compactación del suelo es posible gracias a la prueba Proctor, que establece el vínculo entre la humedad del suelo y su densidad. Para determinar cuánta agua se necesita para alcanzar la densidad máxima del suelo, los resultados de esta prueba son cruciales. La compactación del suelo parece haberse visto favorecida por la adición de cenizas de eucalipto, ya que la densidad máxima ha aumentado y la humedad óptima ha disminuido. Dado que las cenizas deshidratan el suelo y modifican su estructura, mejoran la eficacia con la que se asientan las partículas del suelo, produciendo este efecto. Como demuestra que el suelo estabilizado tendría más resistencia a la compresión y menos deformación bajo carga, la mejora de la densidad es esencial para la estabilidad del suelo cuando se construyen bases de carreteras y otras estructuras.

Prueba de CBR (California Bearing Ratio):

Encontrar la humedad ideal para lograr la máxima compactación del suelo es posible gracias a la prueba Proctor, que establece el vínculo entre la humedad del suelo y su densidad. Para determinar cuánta agua se necesita para alcanzar la densidad máxima del suelo, los resultados de esta prueba son cruciales. La compactación del suelo parece haberse visto favorecida por la adición de cenizas de eucalipto, ya que la densidad máxima ha aumentado y la humedad óptima ha disminuido. Dado que las cenizas deshidratan el suelo y modifican su estructura, mejoran la eficacia con la que se asientan las partículas del suelo, produciendo este efecto. Como demuestra que el suelo estabilizado tendría más resistencia a la compresión y menos deformación bajo carga, la mejora de la densidad es esencial para la estabilidad del suelo cuando se construyen bases de carreteras y otras estructuras.

A continuación, detallaremos el proceso de los ensayos

❖ ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO:

Preparamos las muestras de la siguiente manera:

1. Se elige una muestra de tamaño suficiente para realizar la prueba.

Clasificación mediante un tamiz:

2. Llevamos la cuenta del peso de cada tamiz vacío.
3. Se tapa el tamiz superior de la serie y se coloca encima la muestra de suelo.

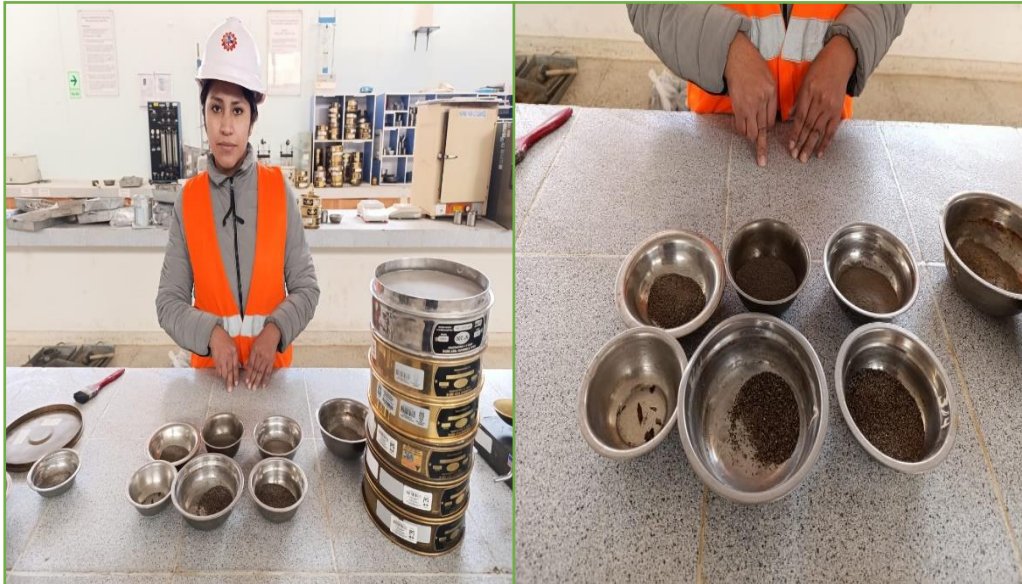
La técnica del hidrómetro para la sedimentación.

1. El suelo se suspende en agua según una relación agua/suelo adecuado al tipo de suelo estudiado.
2. En segundo lugar, se deja que las partículas sedimenten durante cierto tiempo.
3. En tercer lugar, a intervalos regulares, medimos la altura a la que se encuentra la suspensión sobre el fondo del cilindro.

4. Utilizando un hidrómetro, podemos determinar las densidades de las partículas en suspensión.

Figura 9

Tamizado de la muestra de los suelos



Nota: En la figura mostramos el tamizamos en las diferentes mallas para el tipo de suelo fino y luego lo separamos el material de cada tamiz retenido.

Análisis de resultados:

1. La distribución granulométrica de la suiedad se determina a partir de los datos adquiridos durante la prueba.
2. La curva de sedimentación se utiliza para trazar una curva granulométrica.
3. Se calcula la curva de distribución granulométrica, el diámetro efectivo y la uniformidad.

❖ CONTENIDO DE HUMEDAD:

Analizaremos el contenido de humedad del suelo para saber qué contiene.

Método según ASTM D-2216.

1. Preparación de la muestra: recoger todos los compuestos orgánicos y partículas gruesas.
2. Una décima de miligramo es la precisión con la que se pesa la muestra después de que se haya enfriado y secado del horno.

Cuando:

- W_w = peso inicial
- W_s = peso seco

Método descrito por el MTC E-108:

1. Recogida y eliminación de partículas orgánicas y gruesas como parte del proceso de preparación de la muestra.
2. Segundo paso: secar la muestra a una temperatura constante sin perder de vista la duración del secado.
3. Tras sacar la muestra del horno, se deja enfriar, se seca y, a continuación, se pesa hasta la décima más próxima de su peso.
4. El cuarto paso consiste en determinar el contenido de humedad mediante la fórmula especificada en ASTM D-2216.

El contenido de humedad del suelo puede medirse con precisión y fiabilidad utilizando cualquiera de los dos métodos. Para garantizar la precisión y la uniformidad, es esencial atenerse estrictamente a los procesos descritos en las normas pertinentes.

Figura 10

Colocando la tara al horno para su contenido de humedad



Nota: Colocamos al horno para su secado, el tiempo dependiendo del grado de saturación de la muestra

❖ ENSAYO DE LÍMITE DE CONSISTENCIA:

La prueba de límite de consistencia es un método reconocido que se realiza de acuerdo con ASTM D-4318, MTC E-111 y MTC E-110 para garantizar resultados precisos y consistentes:

Preparación:

Comenzamos eliminando los componentes orgánicos y las partículas gruesas que puedan afectar al resultado de la prueba los cuales son tamizados en la malla número 40.

Ensayo Casagrande (ASTM D-4318):

Se recogen muestras de suelo con diferentes niveles de humedad, se agitan y se añaden gradualmente para formar un surco de 3 mm de ancho, y se documenta el volumen de agua en cada punto de rotura.

Figura 11

Mezclando la muestra y colocando a la cuchara Casagrande



Nota: Se mezcla la muestra con agua destilada y lo colocamos a la cuchara Casagrande para realizar los respectivos golpes en un número determinado

Procedimiento Atterberg (MTC E-111 y MTC E-110):

1. Las muestras de suelo se recogen dentro de un intervalo de humedad predeterminado que incluye los límites previstos de plasticidad y liquidez.
2. Se les da forma de cono truncado cuando están en un vaso de casquillo.
3. Utilizando una herramienta común, se divide el cono de tierra por la mitad.
4. El límite del líquido determinado por la deformación que se ha visto.
5. En cada punto de rotura, registramos el contenido de humedad y luego promediamos los resultados.

❖ ENSAYO DE INDICE DE PLASTICIDAD:

Para obtener resultados precisos al medir la maleabilidad del suelo mediante el índice de plasticidad, los científicos filtran las sustancias orgánicas y las partículas gruesas.

Evaluación del Límite Líquido (MTC E-111):

1. Las muestras de tierra pueden representarse como conos truncados utilizando un vaso de encastre.
2. Se utiliza un instrumento común para partir el cono de tierra en dos.
3. Para hallar el límite líquido, cuente cuántas pasadas debe dar la tierra para cerrar un hueco de 12 milímetros de longitud.

Determinando:

Evaluación para el LP (ASMT D-4318):

1. Para hacer una pasta uniforme, una muestra de suelo se combina primero con agua.
2. La pasta de suelo se forma en una bola y se coloca en un dispositivo Casagrande.
3. Como se indica en el protocolo de límite plástico, la técnica Casagrande se utiliza para llevar a cabo la prueba de límite plástico.
4. Para cada muestra, se documenta el contenido de humedad que corresponde al límite plástico.

Figura 12

Realizamos el límite plástico y su respectivo pesado



Nota: Realizamos el límite plástico sobre la base de vidrio, luego pesamos nuestras muestras para colocarlos al horno

Seguidamente realizamos los cálculos luego de obtener la muestra saturada y la muestra seca

Cálculo:

Cálculo del Índice de Plasticidad:

1. Se utiliza el siguiente método

$$IP=LL-LP$$

2. Se vuelven a pasar todas las muestras por el algoritmo y se determina la media de los resultados.

❖ ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO:

Preparación de la muestra:

1. Es representativa de la región de interés; se recoge; y está desprovista de elementos gruesos y orgánicos.

2. En función de los resultados de las pruebas preliminares, la muestra se mezcla con agua hasta alcanzar un contenido de humedad inicial ideal estimado.

Formación de las muestras:

1. A partir de una muestra de suelo con un contenido de humedad inicial predeterminado, el método consiste en generar probetas cilíndricas de suelo compactado con unas dimensiones específicas, normalmente la altura.
2. A continuación, las muestras se introducen en cada pocillo, que tiene una altura ya fijada. Después de una cierta cantidad de golpes, cada capa se comprime utilizando un pisón mecánico o manual.

Figura 13

Combinación de la muestra con agua para el Proctor Modificado



Nota: en la figura mostramos la combinación de la muestra con distintos porcentajes de agua, para luego embolsarlos para que su humedad sea homogénea.

Figura 14

Compactación de la muestra y peso compactado



Nota: Compactamos la muestra en 5 capas con 56 golpes y luego enrasamos y pesamos la muestra

Análisis de resultados:

1. Para determinar las mejores condiciones de campo para la compactación del suelo, se utilizan estos factores.

❖ ENSAYO DE CBR:

Grupos como ASTM International especifican los métodos utilizados para realizar este ensayo.

1. Lo primero que hay que hacer al preparar una muestra es asegurarse de que no contiene partículas gruesas u orgánicas.
2. El segundo paso es añadir agua a la muestra hasta que su nivel de humedad se aproxime al ideal para la compactación.

Compactación de la muestra:

1. La norma específica la altura y el diámetro de muchas muestras de suelo cilíndricas compactadas.

2. Segunda etapa: compactación en capas homogéneas de una altura determinada. Después de una cierta cantidad de golpes, cada capa se comprime utilizando un pisón mecánico o manual.
3. En tercer lugar, se utiliza un instrumento de densidad seca para medir la densidad seca de cada espécimen que se ha comprimido.

Preparación para CBR:

1. Para realizar el ensayo CBR, se crean dos o más muestras de suelo selladas de forma cilíndrica.
2. Las muestras se nivelan y centran antes de introducirlas en el molde de ensayo CBR tras cortarlas a una altura determinada.

Penetración del pistón:

El registro de la penetración del pistón en la muestra se realiza con un penetrómetro de pistón, registrándose la tensión adicional a intervalos regulares. Cuando la tensión o la deformación alcanzan el máximo especificado, se da por finalizada la prueba.

Análisis de resultados:

1. Se documenta el valor CBR de cada espécimen.
2. El CBR que se obtuvo de cada muestra.
3. Las estructuras del suelo y del firme se diseñan utilizando estos datos.

Figura 15

Compactación de la muestra y peso compactado



Nota: Compactamos la muestra y luego colocamos la pesa, trípode y el dial el cero para saturarlo en agua por 4 días

3.6.2. Procesamiento y análisis de datos

La investigación analizará los datos utilizando métodos matemáticos y gráficos con el objetivo de producir resultados fiables de las pruebas y facilitar su comprensión.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos

En esta sección se describen los resultados del análisis del suelo y la aplicación de diferentes cantidades de ceniza de eucalipto para estabilizar el suelo. La inclusión de ceniza de eucalipto mejora significativamente las cualidades geotécnicas del suelo, como demuestran los resultados de los ensayos de límites de consistencia, Proctor y CBR. La ceniza es una sustancia práctica y eficaz para estabilizar suelos arcillosos porque reduce la flexibilidad, mejora la compactación y aumenta la capacidad de carga del suelo. Estos resultados dan credibilidad a la idea de que las cenizas de eucalipto pueden ser útiles en ingeniería civil, especialmente cuando se construyen carreteras en lugares con suelos pobres.

4.1.1. Resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante

A continuación, se detallan las propiedades del estrato:

A. Contenido de humedad:

Mediante este método tenemos lo siguiente:

**Tabla 8***Humedad de calicata N° 01 – jirón Espinal*

Detalle	Peso (g)
MR1 - Esp. Seco + t.	282.00
MR2 - Esp. Saturado + t.	249.90
Masa tara.	51.85
Masa agua	32.10
Masa suelo seco	198.05
Humedad %	16.21

Nota: Derivado del laboratorio.**Tabla 9***Humedad de calicata N° 02 – jirón Nodal*

Detalle	Peso (g)
MR1 - Esp. Seco + t.	279.78
MR2 - Esp. Saturado + t.	249.90
Masa tara.	51.80
Masa agua	29.88
Masa suelo seco	198.10
Humedad %	15.08

Nota: Derivado del laboratorio.**Tabla 10***Humedad de calicata N° 03 – jirón Ocoña*

Detalle	Peso (g)
MR1 - Esp. Seco + t.	255.60
MR2 - Esp. Saturado + t.	240.50
Masa tara.	58.00
Masa agua	15.10

Masa suelo seco	182.50
Humedad %	8.27

Nota: Derivado del laboratorio.

ANALISIS

El contenido de humedad de las diferentes calicatas varia solo el ultimo, teniendo una humedad baja con el 8.27%, mientras las calicatas número 1 y 2 son casi iguales alcanzando valores de 16.21% y 15.08% siendo relativamente húmedo, esto indica que los suelos no están saturados y que el nivel freático está por debajo del 1.50 metros

B. Evaluación granulométrica:

Tabla 11

Estudio granulométrico de las muestras

Granulometría – Suelo de subrasante			
Tamices	% pasante		
	C - 01	C - 02	C - 03
1/2"			
3/8"			
N° 4	0.62	1.11	0.00
N° 10	12.02	10.52	1.12
N° 20	16.24	14.46	1.45
N° 40	12.03	11.17	1.56
N° 50	7.12	5.69	2.48
N° 100	4.85	3.93	3.36
N° 200	19.20	21.57	5.87

Nota: Derivado del laboratorio.

En el cuadro 9 se muestra una gama esencial de tamaños de partículas, de mayor a menor, para la gradación del material, que va del tamiz N°4' al 200, el cual según la clasificación SUCS, nos da como tipo de suelo una arcilla de baja plasticidad (CL), tal como se muestra en los anexos de los ensayos de laboratorio

C. Índice de plasticidad:

Tabla 12*Índice de plasticidad de la muestra natural N° 01 – jr. Espinal*

Detalle	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
MR1 - Esp. Seco + t.	23.52	23.85	26.99
MR2 - Esp. Seco + t.	19.68	19.67	25.37
Esp. Peso t.	9.03	8.26	14.28
Esp. agua	3.84	4.18	4.29
Esp. Seco	10.65	11.41	11.09
Humedad %	36.06	36.63	38.68
Cantidad de golpes	35	23	15
Limite liquido %		36.73%	

Tabla 13*Índice de plasticidad de la muestra natural N° 02 – jr. Nodal*

Detalle	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
MR1 - Esp. Seco + t.	28.68	30.54	29.79
MR2 - Esp. Seco + t.	26.00	27.69	26.70
Esp. Peso t.	17.37	18.93	17.35
Esp. agua	2.68	2.85	3.09
Esp. Seco	8.63	8.76	9.35
Humedad %	31.05	32.53	33.05
Cantidad de golpes	35	25	21
Limite liquido %		32.41%	

Tabla 14*Índice de plasticidad de la muestra natural N° 03 – jr. Ocoña*

Detalle	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
MR1 - Esp. Seco + t.	30.55	28.66	29.03
MR2 - Esp. Seco + t.	27.34	25.91	26.12
Esp. Peso t.	18.98	18.66	18.77

Esp. agua	3.21	2.75	2.91
Esp. Seco	8.36	7.25	7.35
Humedad %	38.40	37.93	39.59
Cantidad de golpes	34	28	20
Limite liquido %		38.95 %	

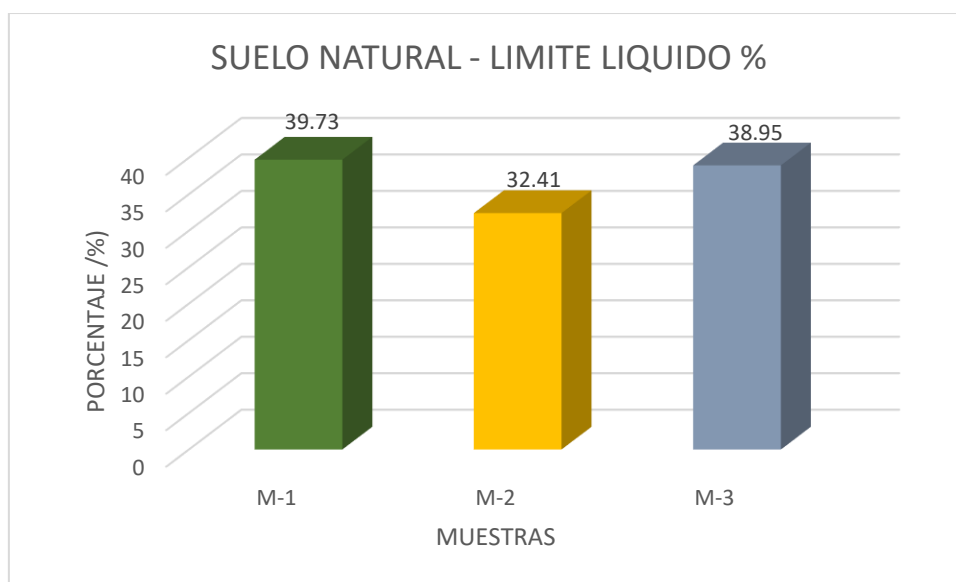
Tabla 15

Promedio de suelo natural de su límite liquido

Detalle	Promedio (%)
MR1 – LL jirón Espinal	39.73 %
MR2 – LL jirón Nodal	32.41 %
MR3 – LL jirón Ocoña	38.95 %
Promedio Limite liquido %	37.03 %

Figura 16

Graficamos el promedio de las tres muestras



Según nuestros resultados indica que Calicata 1 (39.73%): Indica un suelo con un contenido de finos relativamente alto, posiblemente arcilloso o limoso, con un comportamiento que puede tender a mayor plasticidad. Calicata 2 (32.41%): Este valor sugiere un suelo menos plástico y posiblemente más arenoso o con menor presencia de

finos en comparación con la Calicata 1. Calicata 3 (38.95%): Este resultado es cercano al de la Calicata 1, lo que sugiere similitudes en la composición granulométrica y mineralógica del suelo en esta ubicación. Los valores indican cierta heterogeneidad en los perfiles del suelo entre las calicatas. Este análisis preliminar sugiere que los suelos presentan una plasticidad moderada, con una tendencia hacia condiciones más arcillosas en las Calicatas 1 y 3. Esto podría influir en el diseño geotécnico, especialmente en estructuras que requieran estabilidad ante cambios de humedad o carga. La diferencia máxima entre los valores (39.73% y 32.41%) es de 7.32%, lo que podría considerarse moderado. Esto puede deberse a: Variaciones en la composición del suelo entre las ubicaciones. Diferencias en la proporción de partículas finas (arcillas, limos) presentes. Cambios en las condiciones ambientales (humedad, compactación natural). Dado que los valores están en el rango de 30% a 40%, el suelo se clasificaría generalmente como moderadamente plástico según la Carta de Plasticidad de Casagrande.

Tabla 16

Muestra natural hallamos su límite plástico

Detalle	Peso (g)	Peso (g)
MR1 - Esp. Seco + t.	12.41	12.57
MR2 - Esp. Seco + t.	11.42	11.62
Esp. Peso t.	6.28	6.33
Esp. agua	0.99	0.95
Esp. Seco	5.14	5.29
Humedad %	19.26	17.96
Límite líquido %	18.61 %	

Tabla 17

Muestra natural hallamos su límite plástico del jirón Espinal

Detalle	Peso (g)	Peso (g)
MR1 - Esp. Seco + t.	12.41	12.57



MR2 - Esp. Seco + t.	11.42	11.62
Esp. Peso t.	6.28	6.33
Esp. agua	0.99	0.95
Esp. Seco	5.14	5.29
Humedad %	19.26	17.96
Limite liquido %	18.61 %	

Tabla 18

Muestra natural hallamos su límite plástico del jirón Nodal

Detalle	Peso (g)	Peso (g)
MR1 - Esp. Seco + t.	15.69	16.22
MR2 - Esp. Seco + t.	14.72	15.02
Esp. Peso t.	8.74	8.74
Esp. agua	0.97	1.20
Esp. Seco	5.98	6.28
Humedad %	16.22	19.11
Limite liquido %	14.75 %	

Tabla 19

Muestra natural hallamos su límite plástico del jirón Ocoña

Detalle	Peso (g)	Peso (g)
MR1 - Esp. Seco + t.	15.79	16.21
MR2 - Esp. Seco + t.	14.55	14.97
Esp. Peso t.	9.03	8.90
Esp. agua	1.24	1.24
Esp. Seco	5.52	6.07
Humedad %	22.46	20.43
Limite liquido %	21.45 %	

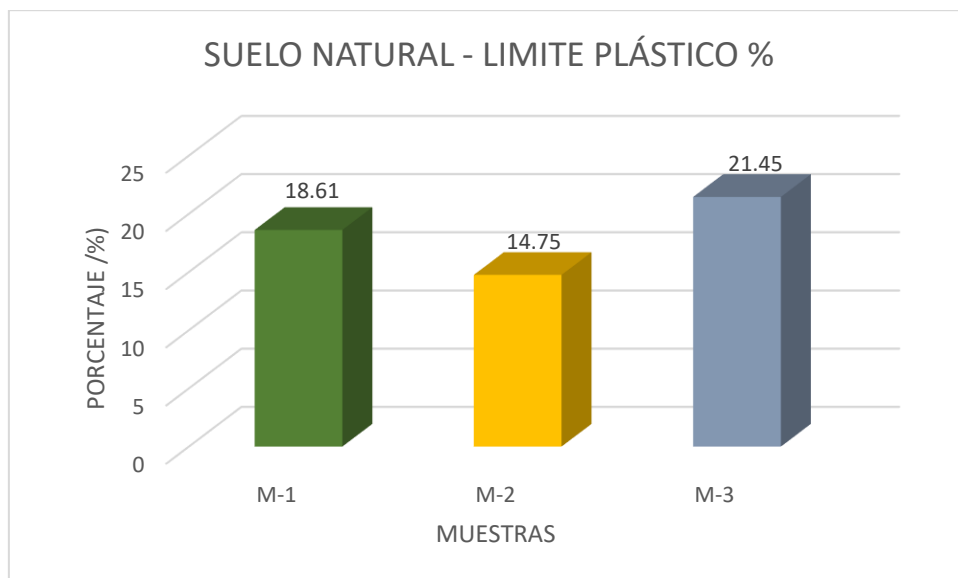
Tabla 20

Promedio de suelo natural de su límite plástico

Detalle	Promedio (%)
MR1 – LL jirón Espinal	18.61 %
MR2 – LL jirón Nodal	14.75 %
MR3 – LL jirón Ocoña	21.45 %
Promedio Limite plástico %	18.27 %

Figura 17

Graficamos el promedio de las tres muestras del límite plástico



Según nuestro grafico la calicata 1 (18.61%) tiene un valor moderado que indica cierta capacidad del suelo para mantener deformaciones plásticas antes de fracturarse. Es característico de suelos arcillosos o limosos con un contenido moderado de finos. Mientras la calicata 2 (14.75%) con este valor es más bajo en comparación con las otras calicatas, lo que sugiere una menor plasticidad. Podría indicar una mayor proporción de partículas no cohesivas (arena o limo). Calicata 3 (21.45%): Es el valor más alto, lo que sugiere un



suelo más plástico y cohesivo, probablemente con un mayor contenido de arcillas. Los resultados de los límites plásticos indican variaciones moderadas en la cohesión y plasticidad de los suelos en las calicatas estudiadas. Estas diferencias podrían influir en el comportamiento mecánico del suelo bajo condiciones de carga y deben considerarse en el diseño geotécnico. Un análisis más completo permitirá precisar las recomendaciones para usos específicos del terreno. La diferencia entre el límite plástico más alto (21.45%) y el más bajo (14.75%) es 6.7%, lo que muestra una variación moderada en la plasticidad entre las tres ubicaciones. Las diferencias podrían estar asociadas a: Variaciones en el tipo de mineral de arcilla presente. Diferencias en la composición granulométrica.

Tabla 21

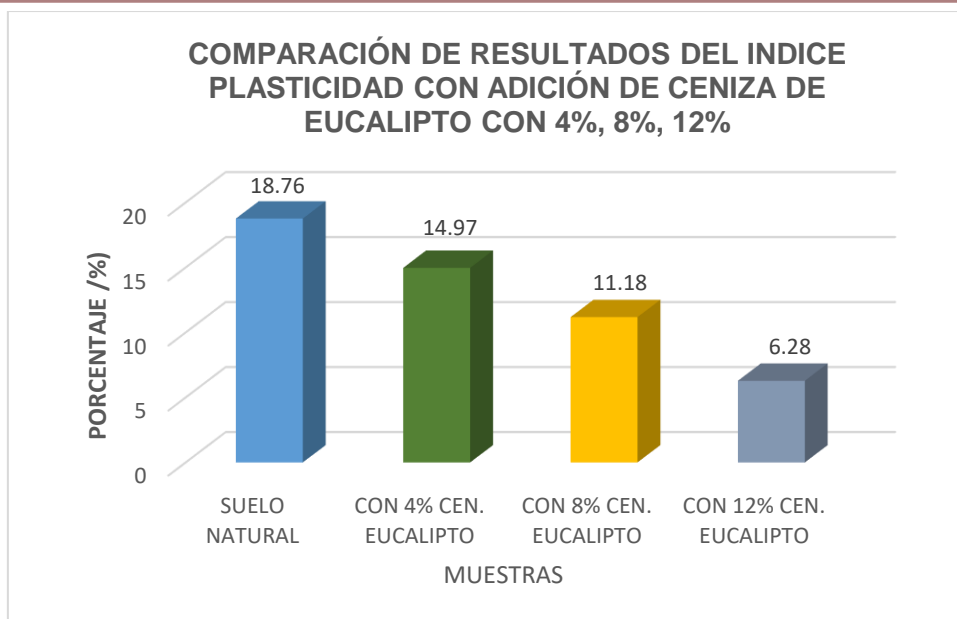
Índice de plasticidad con adición de cenizas de eucalipto en porcentajes de 4%, 8%, 12%

Límites de Atterberg – con adición de ceniza de eucalipto			
Muestra	LL (%)	LP (%)	IP (%)
Adición con 4% CE	31.90	16.93	14.97
Adición con 8% CE	25.97	14.79	11.18
Adición con 12% CE	19.82	13.54	6.28

Nota: Resultados con la adición de ceniza en diferentes proporciones

Figura 18

Graficamos el promedio de las tres muestras del índice de plasticidad con adición de ceniza de eucalipto con porcentajes de 4%, 8%, 12%



Según el gráfico nuestro análisis de los resultados del Índice de Plasticidad (IP) evidencia que la adición de ceniza de eucalipto al suelo natural genera un incremento significativo en su plasticidad, con implicaciones importantes para su comportamiento geotécnico. El suelo natural presenta un IP de 6.28%, indicando baja plasticidad y una probable composición con menor proporción de finos cohesivos. Con la adición del 4% de ceniza de eucalipto, el IP aumenta a 11.18%, representando un incremento del 78% respecto al suelo natural, lo que sugiere que la ceniza introduce compuestos químicos que favorecen la retención de agua y la cohesión del suelo. Al incrementar la adición al 8%, el IP asciende a 14.97%, reflejando una tendencia ascendente más moderada, y con un 12% de ceniza, alcanza un IP de 18.76%, mostrando que, aunque la plasticidad sigue aumentando, los incrementos son cada vez menores, indicando un posible efecto de saturación en la capacidad del suelo para incorporar la ceniza. Estos resultados sugieren que la ceniza actúa como un agente modificador que mejora las propiedades cohesivas del suelo, lo que podría ser útil en aplicaciones que requieran mayor plasticidad, como en rellenos compactados o estabilización de suelos, pero también alerta sobre la posibilidad de que un aumento excesivo de la plasticidad incremente la sensibilidad del suelo a cambios de humedad, afectando su estabilidad. Por lo tanto, es fundamental identificar el contenido óptimo de ceniza que maximice los beneficios sin comprometer las propiedades mecánicas del suelo.

D. Grado de compactación:

Porcentaje óptimo húmedo:

Tabla 22

Grado de compacto

compactidad – Suelo de Subrasante		
Calicata	MDS (gr/cc)	OCH (%)
r1	1.834	16.75
r2	1.811	15.90
r3	1.840	15.35
Promedio	1.830	16.00

Nota: Derivado del laboratorio.

La Tabla 11 indica un valor promedio de 1.830 g/cc para la máxima densidad seca y un 16.00%.

Tabla 23

CBR de las muestras

CBR – Especímenes de Subrasante		
Calicata	CBR al 100% MDS	CBR al 95% MDS
C-01	4.94	3.62
C-02	5.88	4.67
C-03	5.47	4.14
Promedio	5.43	4.14

Nota: Derivado del laboratorio.

Según la Tabla 12, las muestras ensayadas tenían un valor medio de 5,43% para el 100% de CBR (MDS) y de 4,14% para el 95% de CBR (MDS).

4.1.2. Efectos de la adición de ceniza de eucalipto con la muestra patrón

a) Máxima densidad seca de SN + ceniza de eucalipto 4%, 8%, 12%

Tabla 24

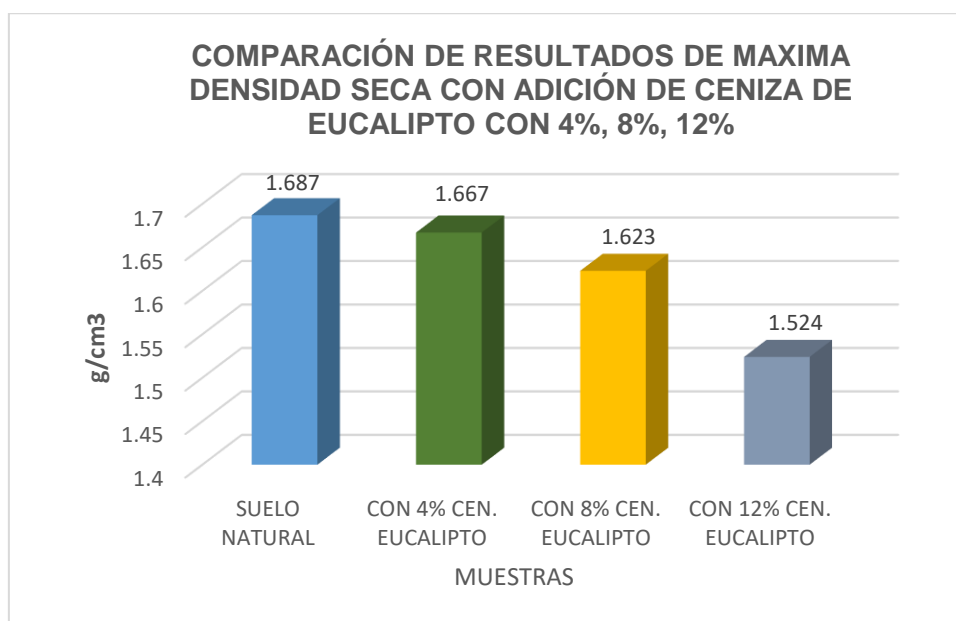
Máxima densidad seca del suelo natural, con adiciones de ceniza de eucalipto 4%, 8%, 12%

Descripción	MDS (g/cc)
SN	1.687
M1 + 4% Ceniza eucalipto	1.667
M1 + 8% Ceniza eucalipto	1.623
M1 + 12% Ceniza eucalipto	1.524

Nota: Derivado del laboratorio.

Figura 19

Comparación de la máxima densidad seca de la adición de ceniza de eucalipto con porcentajes de 4%, 8%, 12%



El análisis de los resultados de la máxima densidad seca muestra una disminución progresiva conforme se incrementa la adición de ceniza de eucalipto al suelo natural. El suelo natural presenta una densidad seca de 1.687 g/cm³, lo que sugiere una compactación óptima en su estado inicial, con una composición relativamente densa. Al agregar 4% de ceniza de eucalipto, la densidad seca disminuye a 1.667 g/cm³, indicando



que la ceniza comienza a alterar la estructura del suelo, posiblemente aumentando su porosidad debido a la naturaleza menos densa de las partículas de ceniza. Con 8% de ceniza, la densidad seca se reduce a 1.623 g/cm^3 , y con 12% de ceniza alcanza su valor más bajo, 1.524 g/cm^3 , reflejando un efecto acumulativo en la disminución de la densidad, probablemente por la sustitución de partículas del suelo más densas con ceniza más ligera y por cambios en la cohesión del material. Este comportamiento sugiere que la ceniza, aunque útil para modificar ciertas propiedades químicas o plásticas del suelo, reduce su capacidad para alcanzar densidades altas bajo compactación, lo que podría impactar negativamente la estabilidad mecánica del suelo en aplicaciones donde la densidad seca elevada sea un requisito fundamental. Por lo tanto, es importante determinar un porcentaje óptimo de adición de ceniza que balancee las mejoras en otras propiedades con la pérdida de densidad seca

Tabla 25

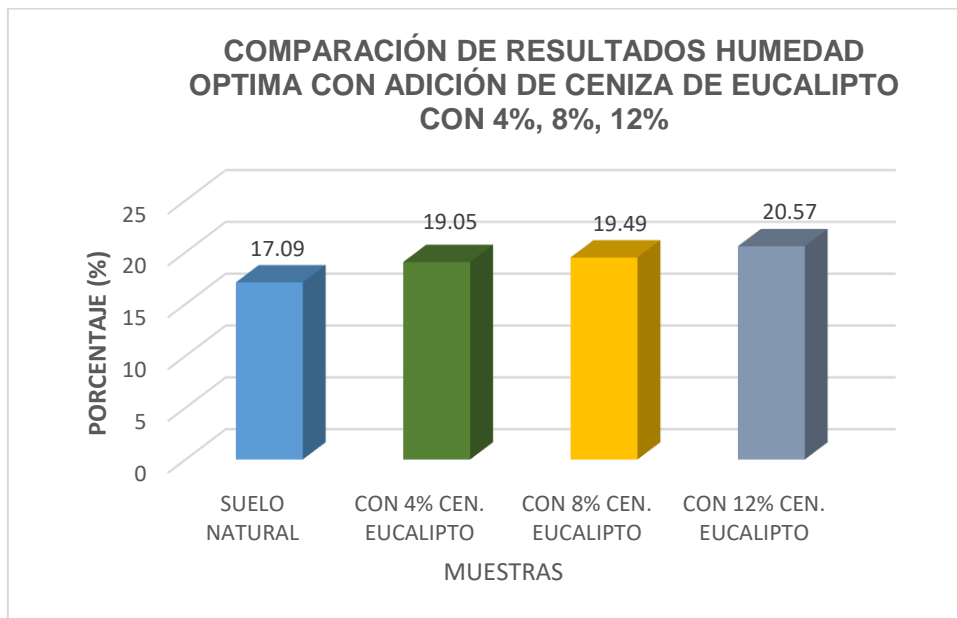
humedad óptima del suelo natural, con adiciones de ceniza de eucalipto 4%, 8%, 12%

Descripción	Humedad (%)
SN	17.09 %
M1 + 4% Ceniza eucalipto	19.05 %
M1 + 8% Ceniza eucalipto	19.49 %
M1 + 12% Ceniza eucalipto	20.57 %

Nota: Derivado del laboratorio.

Figura 20

Comparación de la humedad óptima de la adición de ceniza de eucalipto con porcentajes de 4%, 8%, 12%



El análisis de los resultados de la humedad óptima muestra un incremento gradual conforme se incrementa la adición de ceniza de eucalipto al suelo natural. El suelo natural presenta una humedad óptima de 17.09%, lo que refleja su capacidad inicial para alcanzar la máxima compactación con un contenido moderado de agua. Con la adición de 4% de ceniza de eucalipto, la humedad óptima aumenta a 19.05%, lo que sugiere que la ceniza requiere mayor cantidad de agua para lubricar las partículas y llenar los vacíos generados por su inclusión. Este patrón continúa con 8% de ceniza, donde la humedad óptima alcanza 19.49%, y con 12% de ceniza, llegando al valor máximo de 20.57%, evidenciando que, a mayor proporción de ceniza, el suelo necesita más agua para alcanzar su compactación ideal. Este comportamiento puede atribuirse a la textura más fina y porosa de la ceniza, que incrementa la demanda de agua debido a su capacidad de absorción y su efecto en la estructura del suelo. Si bien la adición de ceniza puede mejorar otras propiedades del suelo, como la plasticidad, el aumento en la humedad óptima podría dificultar la compactación en campo, especialmente en condiciones donde el suministro de agua esté



limitado o en suelos sensibles al exceso de humedad. Por ello, es crucial evaluar cuidadosamente el porcentaje de ceniza que se agrega, equilibrando sus beneficios con las necesidades prácticas del proyecto

4.1.3. Resultados del empleo de ceniza de eucalipto en proporciones controladas sobre el CBR de muestras de suelo subrasante

a) Ensayo de CBR del SN + 4, 8%, 12% CE al 100% y 95%

Tabla 26

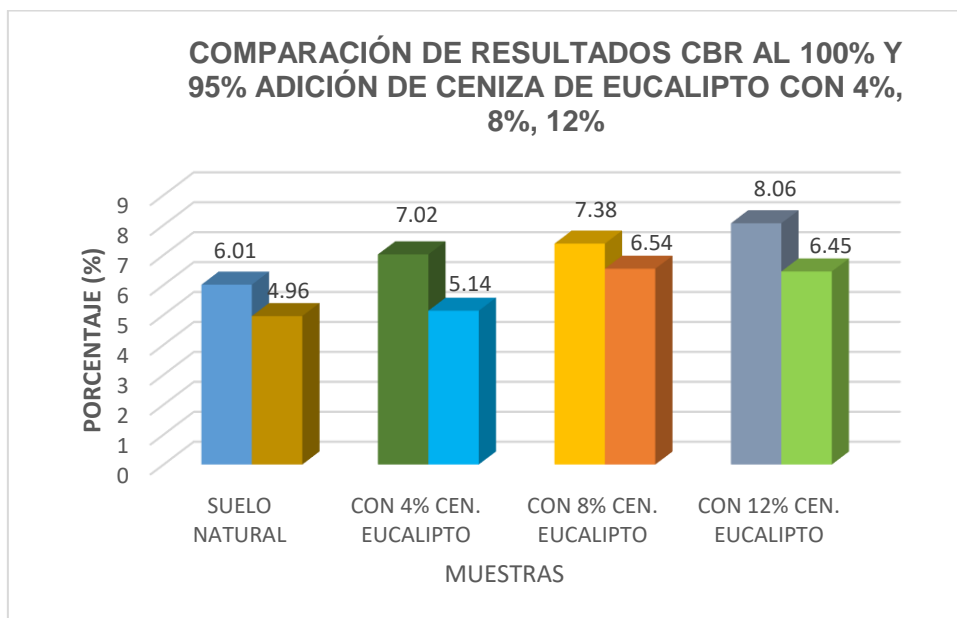
CBR del SN + 4%, 8%, 12% CE

CBR SN + 4%, 8%, 12% Ceniza de eucalipto		
Calicata	CBR al 100% MDS	CBR al 95% MDS
S/N	6.01	4.96
M1 + 4% CE	7.02	5.14
M2 + 8% CE	7.38	6.54
M3 + 12% CE	8.06	6.45

Nota: Derivado del laboratorio.

Figura 21

Comparación de CNR al 100 y 95% con adición de ceniza de eucalipto con porcentajes de 4%, 8%, 12%



Según el análisis de los resultados del CBR (California Bearing Ratio) al 100% de compactación revela un incremento progresivo en la capacidad portante del suelo conforme se añade ceniza de eucalipto. El suelo natural presenta un CBR de 6.01%, lo que indica una resistencia moderada, característica de suelos con una capacidad portante limitada para aplicaciones de pavimentos o subbases. Con la adición de 4% de ceniza de eucalipto, el CBR aumenta a 7.02%, lo que sugiere una mejora en la cohesión y densidad relativa del suelo debido a la interacción entre las partículas del suelo y los compuestos de la ceniza. Este efecto es más evidente al añadir 8% de ceniza, donde el CBR alcanza 7.38%, y con 12% de ceniza, el valor llega a 8.06%, mostrando un incremento acumulativo en la capacidad portante del suelo. Este comportamiento puede deberse a que la ceniza actúa como un estabilizador, mejorando las propiedades mecánicas del suelo al reducir su deformabilidad bajo carga. Sin embargo, es importante considerar que, aunque el incremento en el CBR mejora la viabilidad del suelo para soportar mayores cargas, niveles excesivos de ceniza podrían afectar otras propiedades del suelo, como su manejabilidad o



susceptibilidad a cambios de humedad. Por tanto, es esencial identificar el porcentaje óptimo de ceniza que maximice la resistencia sin comprometer otras características críticas del suelo.

Por otra parte, los resultados del CBR (California Bearing Ratio) al 95% de compactación muestra una tendencia general de mejora en la capacidad portante del suelo con la adición de ceniza de eucalipto, aunque con una ligera disminución en los incrementos a mayores proporciones. El suelo natural presenta un CBR de 4.96%, indicando una resistencia baja, lo cual limita su uso en aplicaciones estructurales exigentes. Con la adición de 4% de ceniza, el CBR aumenta levemente a 5.14%, sugiriendo una ligera mejora en la cohesión y rigidez del suelo. Este efecto se intensifica con 8% de ceniza, donde el CBR alcanza 6.54%, mostrando una mejora significativa en la capacidad portante debido a las interacciones químicas y físicas que estabilizan el suelo. Sin embargo, con 12% de ceniza, el CBR disminuye ligeramente a 6.45%, lo que podría indicar un efecto de saturación, donde el exceso de ceniza afecta negativamente la compactación o introduce una cantidad excesiva de finos, reduciendo la eficiencia del suelo para soportar cargas. Este comportamiento resalta la importancia de determinar un porcentaje óptimo de ceniza que maximice los beneficios mecánicos sin comprometer las propiedades estructurales del suelo. En este caso, la adición del 8% parece ser el punto más efectivo para mejorar el CBR al 95% de compactación

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

El Índice de plasticidad fue de 18.76%, 14.97%, 11.18% y 6.28%, los cuales fueron superiores con respecto a lo que concluye Cristóbal y Quinte (2021), los cuales emplearon una adición del 5%, 10% y 15% obteniendo el valor más bajo de 5,32 para un 15% de ceniza de eucalipto, después de alcanzar valores de IP de 12,80%, 7,15% y 15% para niveles de ceniza de 5%, 10% y 15%, respectivamente.



La MDS fue de 1.687, 1.667, 1.623, 1.524 g/cm³ con empleo del 0%, 4%, 8% y 12% respectivamente obteniendo el mayor valor el de 12%, entonces la M.D.S. fue inferior en cuanto a lo que concluye Cristóbal y Quinte (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 eucalipto

En cuanto al CBR al 100% obtenido fue de 6.01%, 7.02%, 7.38%, y 8.06% en combinaciones del 4%, 8%, 12% respectivamente los cuales nuestros dos primeros resultados fueron inferiores y los otros dos resultados fueron superiores con respecto a lo que concluyo Cristóbal y Quinte (2021), obteniendo. Para contenidos de ceniza del 5%, 10% y 15% correspondientemente, el CBR fue del 4,36%, 15,67% y 7,54%; el mayor valor de CBR del 15,67% se alcanzó con un 10% de ceniza de eucalipto; los valores de CBR por encima de este punto tienden a descender.

Finalmente concluimos que los resultados obtenidos en el índice de plasticidad muestran un incremento progresivo conforme se aumenta la adición de ceniza de eucalipto, reflejando una mayor plasticidad en el suelo modificado. El suelo natural tiene un índice de plasticidad bajo, lo que indica una limitada capacidad de deformación plástica, mientras que, con adiciones crecientes de ceniza, especialmente al 8% y 12%, el índice aumenta significativamente, sugiriendo una mayor cohesión y capacidad de retener agua en su estado plástico. Esto implica que la ceniza modifica favorablemente las propiedades plásticas del suelo, haciéndolo más adecuado para aplicaciones que requieran cohesión, aunque podría incrementar su sensibilidad a variaciones de humedad.

En términos de máxima densidad seca, se evidencia una disminución progresiva con la adición de ceniza de eucalipto, lo cual se atribuye a la naturaleza menos densa y más porosa de las partículas de ceniza en comparación con las del suelo natural. Este comportamiento afecta la capacidad del suelo para alcanzar una compactación óptima, lo cual puede influir en su estabilidad estructural en ciertas aplicaciones. Paralelamente, la



humedad óptima aumenta con cada incremento de ceniza, indicando que el suelo necesita más agua para alcanzar su máxima compactación. Este cambio es consistente con la alta capacidad de absorción de la ceniza y su influencia en la textura del suelo, lo que podría presentar desafíos en campo en condiciones de manejo de agua.

En cuanto al CBR, tanto al 95% como al 100% de compactación, se observa una mejora significativa con la adición de ceniza, alcanzando los valores más altos con proporciones intermedias de ceniza (8%). Esto sugiere que la ceniza actúa como estabilizador, mejorando la resistencia del suelo a cargas. Sin embargo, con el 12% de ceniza, el CBR al 95% presenta una ligera disminución, lo que podría indicar un efecto de saturación en la capacidad del suelo para compactarse eficazmente. En general, los resultados resaltan la importancia de encontrar un balance adecuado en la adición de ceniza de eucalipto, ya que proporciones intermedias parecen maximizar los beneficios en términos de resistencia y plasticidad sin comprometer significativamente la densidad seca o la manejabilidad del suelo.



CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN GENERAL. Las cualidades mecánicas del suelo pueden mejorarse mucho añadiendo cenizas de eucalipto, que disminuyen el Índice de plástico aumentan la capacidad portante. Esto es especialmente útil para las carreteras construidas en suelos arcillosos, que pueden ser difíciles de mantener. La reutilización de escombros local, la contribución a la economía circular y la disminución del impacto ambiental relacionado con la construcción y el mantenimiento de las infraestructuras viarias son formas en las que las cenizas de eucalipto, un subproducto de bajo coste, fomentan las prácticas sostenibles.

C1, El estudio concluye que la estabilización con cenizas de eucalipto reduce el índice de plasticidad, demostrando su eficacia como estabilizante de suelos arcillosos, mejorando la durabilidad y sostenibilidad de las obras viales en regiones como Juliaca, donde la estabilidad de la subrasante es crucial para la infraestructura.

C2, Según la investigación, la adición de ceniza de eucalipto al suelo aumenta su compactabilidad y su densidad máxima en seco. Esto se debe a que la ceniza ayuda a rellenar los espacios entre las partículas del suelo, lo que a su vez hace que la compactación sea más eficaz y crea una estructura del suelo más densa y estable. Esto se debe a la capacidad de las partículas de ceniza para compactar el suelo.

C3, Según la investigación, un mayor índice CBR, que indica una mayor capacidad de carga y una mejor resistencia a la deformación en circunstancias de tráfico intenso, se consigue aumentando la cantidad de cenizas de eucalipto en el suelo arcilloso estabilizado. Esto se debe a que el suelo se vuelve más cohesivo y rígido como consecuencia de la reacción puzolánica que tiene lugar cuando los componentes de las cenizas se combinan con las partículas del suelo.



RECOMENDACIONES

C1, Un aditivo reciclable y cal procedente de eucaliptos es el camino a seguir. Se pueden conseguir mejoras en suelos con altos niveles de arcilla variando las proporciones de esta combinación.

C2, para medir con precisión la capacidad portante relativa sobre el terreno, debería realizarse un ensayo CBR in situ. De este modo se podrá obtener una mejor comprensión.

C3, Se debe realizar una investigación sobre las mejores formas de medir la profundidad o el espesor de la estabilización del suelo en relación con los beneficios de la ceniza de eucalipto y el cemento portland. Los futuros costes de mejora de las carreteras podrían beneficiarse enormemente de este enfoque.



BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, M., Hernández, P., & Pérez, R. (2018). *Estabilización de suelos: fundamentos y aplicaciones en proyectos viales*. Revista de Ingeniería Geotécnica, 12(2), 85-97. <https://doi.org/10.1016/riq.2018.12.003>
- Apac, J. S. (2020). *Estabilización de suelos blandos con valva de conchas de abanico para la subrasante tramo 0+0.6 km Cañete 2020*. Lima - Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/64395/Apac_JJS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Barros, E. (2014). *Compactación de suelos*. Universidad Nacional de Huancavelica. Obtenido de <https://es.slideshare.net/edisonbarros98/compactaciones-de-los-suelos>
- Beltrán, M., & Copado, J. (2011). *Estabilización de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como capa subrasante de pavimento en la colonia San Juan*. Mexico: Instituto Tecnológico de Sonora. Obtenido de http://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/310_copado_jose.pdf
- Bravo, P., & Daza, P. (2019). *Análisis del comportamiento de la expansión mediante métodos de estabilización de suelos*. Ecuador: Universidad de Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32443/1/Trabajo%20de%20titulaci%C3%B3n.pdf>
- Calloapaza, A. (2021). *Estudio comparativo del esfuerzo a compresión del concreto $f'c=210\text{kg/cm}^2$ con aditivo Chema 3 y SikaCem Acelerante PE, Juliaca -2021*. Universidad César Vallejo.
- Castillo, J. C. (2023). *Influencia de la fibra de vidrio en las propiedades mecánicas del concreto estructural*. Pimentel - Perú: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de <file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Castillo%20Merino%20Juan%20Carlos.pdf>
- Ccansaya, F. (2014). *Plastidad de lo suelos*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/fritzccamsaya/plasticidad-de-suelos>
- 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

- Cubas, C., & Tafur, N. (2019). *Correlación entre el esfuerzo de compresión y el módulo de rotura en concretos autocompactantes, utilizando agregados de las canteras Tres Tomas y La Victoria de la región Lambayeque y su aplicación en pavimentos rígidos*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo. Lambayeque: UNPRG.
- Díaz, P., Pérez, A., & Ramírez, J. (2020). *Estudio sobre el uso de cenizas de eucalipto para la estabilización de suelos arcillosos en regiones andinas*. Revista de Ingeniería Civil, 18(3), 45-56. <https://doi.org/10.1234/ric.2020.1835>
- García, A. N., & Paredes, V. S. (2022). *Diseño de concreto poroso $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ aplicando fibra de vidrio de tipo E para mejorar la permeabilidad*. Tarapoto 2022. Tarapoto - Perú: Universidad César Vallejo. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Garcia_FAN-Paredes_IVS-SD.pdf
- Gómez. (2020). *Estabilización de suelos arcillosos con cal*. Obtenido de <https://www.horcalsa.com/blog/estabilizacion-de-suelos-arcillosos-con-cal-horcalsa/>
- Gómez, A., García, J., & Rodríguez, M. (2021). *Aplicación de cenizas orgánicas en la estabilización de suelos arcillosos: un enfoque sostenible*. Journal of Environmental Engineering, 28(4), 232-245. <https://doi.org/10.1109/jee.2021.0319>
- González, J., & Ramírez, L. (2019). *Estudio de las propiedades químicas de la ceniza de eucalipto para la estabilización de suelos arcillosos*. Journal of Environmental Engineering, 22(4), 101-113. <https://doi.org/10.1109/jee.2019.044>
- González, M., & Herrera, L. (2022). *Cenizas de eucalipto como solución sostenible para la estabilización de suelos*. Environmental Sustainability in Construction, 9(2), 23-35. <https://doi.org/10.1016/esc.2022.022>
- Harloff, J. P. (2020). *Seguimiento y control de calidad a la construcción de terraplenes con suelos marginales*. Colombia: Universidad de Antioquia. Obtenido de https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/15953/7/HarloffJan_2020_CalidadConformacionTerraplen.pdf



- 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>
- Hernandez, C. J., & Velasquez, E. B. (2023). *Estabilización con conchas de mejillón y cal en la subrasante de la carretera de Pías, Patatz 2022*. Trujillo - Perú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/34742/Hernandez%20Terrones%2c%20Carlos%20Jeanpier%20-%20Velasquez%20Paredes%2c%20Edil%20Brando.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 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.
- Higuera, C. H. (2010). *Características de la resistencia de la subrasante con la información del deflectómetro de impacto*. Obtenido de <file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Dialnet-CharacterizacionDeLaResistenciaDeLaSubrasanteConLal-3856618.pdf>
- Huamaní, D., & Solon, L. (2019). *Influencia de los aditivos acelerantes de fragua sobre la resistencia a la compresión y tiempo de fraguado de un concreto realizado bajo clima cálido Trujillo, 2019*. Universidad Privada del Norte.
- Leedy, P., & Ormrod, J. (2019). *Practical research: Planning and design*. Pearson. Obtenido de [https://pcefet.com/common/library/books/51/2590_%5BPaul_D._Leedy,_Jeanne_Ellis_Ormrod%5D_Practical_Res\(b-ok.org\).pdf](https://pcefet.com/common/library/books/51/2590_%5BPaul_D._Leedy,_Jeanne_Ellis_Ormrod%5D_Practical_Res(b-ok.org).pdf)
- López, S., Medina, L., & Castro, J. (2022). *Estabilización de suelos con residuos industriales: una solución innovadora para infraestructuras sostenibles*. Journal of Civil and Environmental Engineering, 30(2), 147-160. <https://doi.org/10.2345/jcee.2022.3027>
- Maldonado, Y. (2021). *Pavimento: Tipos, propiedades, características y usos*. Obtenido de <https://geologiaweb.com/materiales/pavimento/>
- Mamani, H. Y., & Valera, I. (2022). *Influencia de la adición de fibras de vidrio en las propiedades mecánicas e hidráulicas del concreto permeable $f'c=175$ kg/cm² empleado para pavimentos en la ciudad de Juliaca*. Puno - Perú: Universidad



Nacional del Altiplano Puno. Obtenido de
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/19285/Mamani_Herbert_Valera_Ivan.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Martínez, A., García, E., & Fernández, R. (2020). *Caracterización y aplicaciones de cenizas de eucalipto en la estabilización de suelos*. Revista de Tecnología Ambiental, 14(3), 22-35. <https://doi.org/10.1016/rta.2020.033>

Martínez, R., & Gutiérrez, L. (2022). *Cenizas de eucalipto como estabilizante de suelos en la construcción de carreteras: una revisión*. Revista Latinoamericana de Geotecnia, 17(1), 55-68. <https://doi.org/10.5678/rlg.2022.1718>

Medina, J. (2021). *Estabilización de suelos con conchas marinas para su uso en las vías terrestres*. Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de https://www.revista.unam.mx/2021v22n2/conchas_marinas_exquisitos_termometros/

Mendoza, L., & Torres, F. (2019). *Aditivos químicos en la estabilización de suelos para infraestructura vial*. Ingeniería y Construcción, 16(3), 123-136. <https://doi.org/10.1234/ic.2019.1631>

Mesa, D. F., & Romero, C. A. (2021). *Placa huellas de concreto fabricadas con escorias de acerías o grano de caucho reciclado*. Boyacá - Tunja: Universidad Santo Tomás - Seccional Tunja. Obtenido de <file:///C:/Users/INTEL/Downloads/2021CiroRomero&DanielMesa.pdf>

Moreira, L. (2020). *Ensayo CBR in situ ASTM D1883*. Obtenido de https://www.academia.edu/27990934/ENSAYO_CBR_IN_SITU_ASTM_D

Pernia, J. (2014). *Diferencia entre suelos cohesivos y granulares*. Obtenido de https://www.academia.edu/38590102/DIFERENCIAS_ENTRE_SUELOS_COHESIVOS_Y_GRANULARES

Pérez, A., López, M., & Díaz, C. (2021). *Evaluación de la ceniza de eucalipto como estabilizante de suelos arcillosos en proyectos viales*. Geotechnical Engineering Journal, 18(1), 57-69. <https://doi.org/10.2345/gev.2021.1810>

Quispe, F. T. (2021). *Evaluación del óxido de calcio para estabilizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante del Jirón Carlos Sowersby, Distrito de Carhuamayo*. Huancayo - Perú: Universidad Peruana los Andes. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/T037_47209230_T.pdf



- Rodríguez, D., Vargas, J., & Pérez, A. (2020). *Estabilización mecánica de suelos para proyectos de infraestructura en zonas rurales*. Revista de Ingeniería de Suelos, 21(1), 35-47. <https://doi.org/10.2345/ris.2020.2111>
- 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
- Sapacayo, R. (2017). *Aplicación del aditivo acelerante de fragua marca per rapid 10 y nivel de efectividad en concretos aplicables a zonas de la región Madre de Dios, 2017*. Universidad Alas Peruanas.
- Silvestre, I., & Huamán, C. (2019). *Pasos para elaborar la investigación y la redacción de la tesis universitaria*. Lima: San Marcos E.I.R.L.
- Vargas, J., Martínez, F., & Salazar, R. (2020). *Impacto de la ceniza de eucalipto en las propiedades mecánicas de suelos arcillosos*. Journal of Soil Improvement, 16(1), 45-56. <https://doi.org/10.1234/jsi.2020.1615>
- 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/geologiygeotecnia/TIPOS%20DE%20SUELO.pdf>



ANEXOS



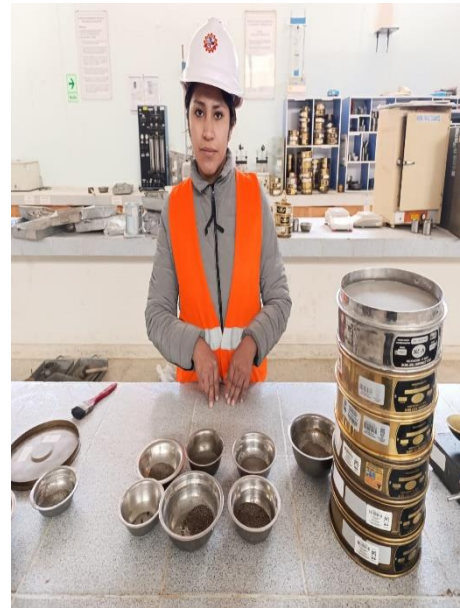
Anexo N° 01 - Matriz de consistencia

PROBELMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGIA
¿Cómo influye el empleo de cenizas de eucalipto en la estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la av. tasa de la ciudad de Juliaca?	Determinar cómo influye las cenizas de eucalipto en la subrasante en los suelos arcillosos de la av. tasa de la ciudad de Juliaca.	La estabilización de suelos con ceniza de eucalipto mejorara significativamente la subrasante en suelos arcillosos de la av. tasa de la ciudad de Juliaca.	Variable Independiente Cenizas de carbón	Granulometría (g) Proporción de mezcla (4%, 8%, 12%) Composición química	Enfoque: Cuantitativo Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo Diseño: Cuasi experimental
PROBELMA ESPECIFICO	OBJETIVO ESPECIFICO	HIPOTESIS ESPECIFICO	VARIABLES	DIMENSIONES	INSTRUMENTOS
1. ¿De qué manera influye la ceniza de eucalipto en los límites de consistencia para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos?	1. Determinar cómo influye la ceniza de eucalipto en los límites de consistencia para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos	1. La estabilización de los suelos con cenizas de eucalipto mejorara significativamente los límites de consistencia en los suelos arcillosos	Variable Dependiente 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 las cenizas de eucalipto en la densidad seca y el óptimo contenido de humedad para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos?	2. Determinar cómo influye las cenizas de eucalipto en la densidad seca y el óptimo contenido de humedad para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos.	2. La adición de cenizas de eucalipto mejorará significativamente la densidad seca y disminuirá el óptimo contenido de humedad del suelo arcillosos			
3. ¿De qué manera influye las cenizas de eucalipto en la capacidad de soporte del suelo para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos?	3. Determinar cómo influye las cenizas de eucalipto en la capacidad de soporte del suelo para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos.	3. Determinar cómo influye las cenizas de eucalipto en la capacidad de soporte del suelo para estabilizar la subrasante en suelos arcillosos.			

Anexo N° 02: Panel fotográfico



USAMOS LOS TAMICES DE MALLAS PARA SUELO FINO



MUESTRAS DE CADA TAMIZ RETENIDO



PESO DE LAS MUESTRAS



TAMIZAJE DE LA CENIZA DE EUCALIPTO



COMBINACIÓN DE CENIZAS DE EUCALIPTO CON MUESTRA NATURAL



HOMEGENIZAMOS LA MEZCLA PARA REALIZAR LOS LIMTES DE CONSISTENCIA



ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO



MUESTRAS DE LIMITE LIQUIDO CON DIFERENTES GOLPES



PESO DE LAS MUESTRAS DEL LIMITE LIQUIDO



REALIZAMOS LOS ROLLITOS DEL LIMITE PLASTICO



PESAMOS LAS MUESTRAS DEL LIMITE PLASTICO



COMBINACIÓN DE MUESTRA PARA EL ENSAYO DE PROCTOR



MUESTRAS PARA EL ENSAYO PROCTOR



PESAMOS EL AGUA PARA HUMEDECER LAS MUESTRAS EN DIFERENTES PORCENTAJES



PONEMOS LAS MUESTRAS EN BOLSAS PARA HOMOGENIZAR LA HUMEDAD



REALIZAMOS LOS GOLPES CON EL PISTON PARA PROCTOR MODIFICADO



PESAMOS NUESTRO MOLDE PROCTOR MAS LA MUESTRA



SACAMOS MUESTRA DE LA PARTE SUPERIOR E INFERIOR



PESAMOS LAS MUESTRAS HUMEDA PARA LLEVARLAS AL HORNO



COLOCAMOS EL DIAL DE NUESTRO CBR PARA LA SATURACIÓN POR 4 DIAS



Anexo 3: Ensayos de laboratorio



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 LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO
EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA

MUESTRA : CALICATA N° 01

PROFUNDIDAD : 1.50 m

UBICACIÓN : Jr. ESPINAL - URB. TASA

FECHA : 05 DE JULIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	282.00
SUELO SECO + TARRO	gr	249.90
PESO DEL TARRO	gr	51.85
PESO DEL AGUA	gr	32.10
PESO DEL SUELO SECO	gr	198.05
HUMEDAD %	%	16.21

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

TARRO N°	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	S	L	Q	7	3
SUELO HUMEDO + TARRO	g	23.52	23.85	29.66	12.41
SUELO SECO + TARRO	g	19.68	19.67	25.37	11.42
PESO DEL TARRO	g	9.03	8.26	14.28	6.28
PESO DEL AGUA	g	3.84	4.18	4.29	0.99
PESO DEL SUELO SECO	g	10.65	11.41	11.09	5.14
HUMEDAD %	%	36.06	36.63	38.68	19.26
N° DE GOLPES		35	23	15	17.96

LÍMITE LÍQUIDO % : 36.73 **LÍMITE PLÁSTICO %** : 18.61

ÍNDICE PLÁSTICO % : 18.12

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



UANCV FIOF
CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. ARNALDO YANATORRES
CIP 103257



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 LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO
EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO
SOLICITANTE : Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA
MUESTRA : CALICATA N° 02
PROFUNDIDAD : 1.50 m
UBICACIÓN : Jr. NODAL - URB. TASA
FECHA : 05 DE JULIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	279.78
SUELO SECO + TARRO	gr	249.90
PESO DEL TARRO	gr	51.80
PESO DEL AGUA	gr	29.88
PESO DEL SUELO SECO	gr	198.10
HUMEDAD %	%	15.08

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		S	L	Q
SUELO HUMEDO + TARRO	g	28.68	30.54	29.79
SUELO SECO + TARRO	g	26.00	27.69	26.70
PESO DEL TARRO	g	17.37	18.93	17.35
PESO DEL AGUA	g	2.68	2.85	3.09
PESO DEL SUELO SECO	g	8.63	8.76	9.35
HUMEDAD %	%	31.05	32.53	33.05
N° DE GOLPES		35	25	21

LÍMITE PLÁSTICO

7	3
15.69	16.22
14.72	15.02
8.74	8.74
0.97	1.20
5.98	6.28
16.22	19.11

LÍMITE LIQUIDO % : 32.41 **LÍMITE PLÁSTICO %** : 17.66

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14.75

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

UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 M^{te} ARNALDO YANA TORRES
 CIP 163257



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 LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA

MUESTRA : CALICATA N° 03

PROFUNDIDAD : 1.50 m

UBICACIÓN : Jr. OCOÑA - URB. TASA

FECHA : 05 DE JULIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	255.60
SUELO SECO + TARRO	gr	240.50
PESO DEL TARRO	gr	58.00
PESO DEL AGUA	gr	15.10
PESO DEL SUELO SECO	gr	182.50
HUMEDAD %	%	8.27

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

TARRO N°		LÍMITE LÍQUIDO		
		X	H	L
SUELO HUMEDO + TARRO	g	30.55	28.66	29.03
SUELO SECO + TARRO	g	27.34	25.91	26.12
PESO DEL TARRO	g	18.98	18.66	18.77
PESO DEL AGUA	g	3.21	2.75	2.91
PESO DEL SUELO SECO	g	8.36	7.25	7.35
HUMEDAD %	%	38.40	37.93	39.59
N° DE GOLPES		34	28	20

LÍMITE PLÁSTICO	
1	2
15.79	16.21
14.55	14.97
9.03	8.90
1.24	1.24
5.52	6.07
22.46	20.43

LÍMITE LÍQUIDO % : 38.95 LÍMITE PLÁSTICO % : 21.45

ÍNDICE PLÁSTICO % : 17.50

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



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgr. ARNALDO YANATORRES
 CIP 163257



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA

MUESTRA : CALICATA N° 01

PROFUNDIDAD : 1.50 m

LUGAR : Jr. ESPINAL - URB. TASA

FECHA : 05 DE JULIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
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	0.62	0.21	0.21	99.79
No8	2.360				
No10	2.000	12.02	4.01	4.21	95.79
No16	1.180				
No20	0.850	16.24	5.41	9.63	90.37
No30	0.600				
No40	0.425	12.03	4.01	13.64	86.36
No 50	0.300	7.12	2.37	16.01	83.99
No60	0.250				
No80	0.180				
No100	0.150	4.85	1.62	17.63	82.37
No200	0.075	19.20	6.40	24.03	75.97
BASE		227.92	75.97	100.00	0.00
TOTAL		300.00	100.00		
% PERDIDA		75.97			

TAMAÑO MÁXIMO:

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

P.I.= 300.00

P.L.= 72.08

P.P.= 227.92

%W= 16.21

LIMITES DE CONSISTENCIA:

L.L.= 36.73

L.P.= 18.61

I.P.= 18.12

CARACT. GRANULOMÉTRICAS:

D10= — Cu= —

D30= — Cc= —

D60= —

CLASIFICACIÓN:

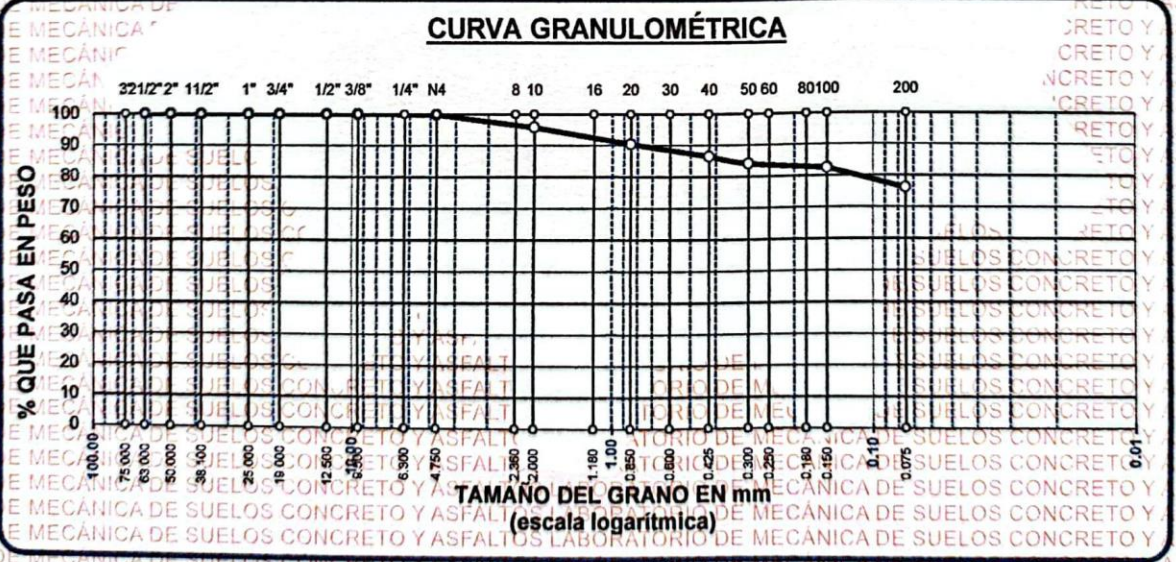
SUCS : CL

AASHTO : A-6 (10)

Grava 0.21 %

Arena 23.82 %

Finos 75.97 %



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. ARNALDO YANATORRES
CIP 163257



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA

MUESTRA : CALICATA N° 02

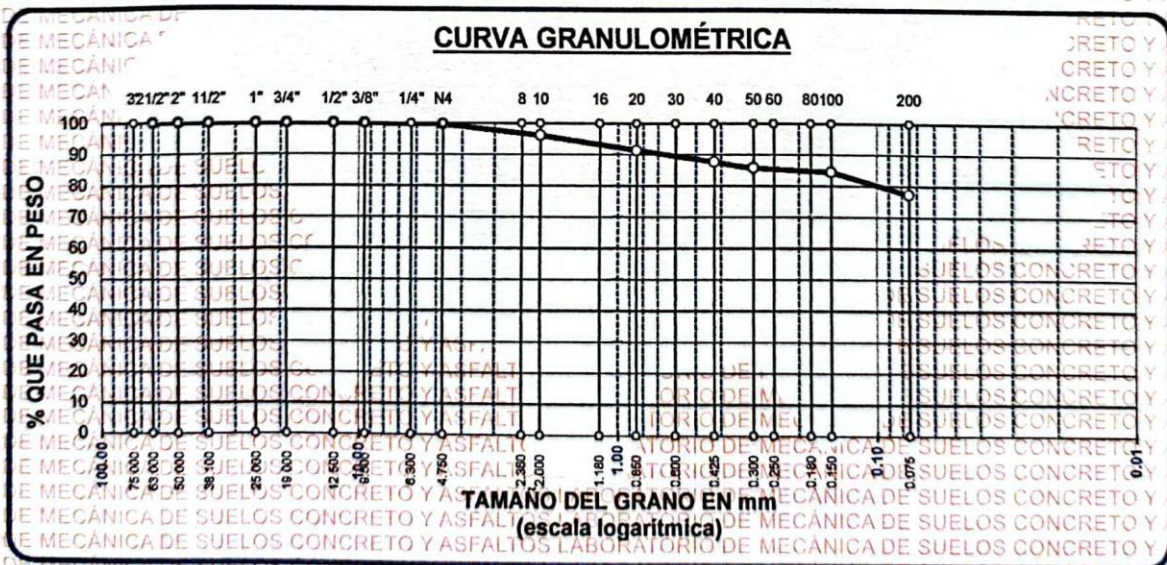
PROFUNDIDAD : 1.50 m

LUGAR : Jr. NODAL - URB. TASA

FECHA : 05 DE JULIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
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	1.11	0.37	0.37	99.63
No8	2.360				
No10	2.000	10.52	3.51	3.88	96.12
No16	1.180				
No20	0.850	14.46	4.82	8.70	91.30
No30	0.600				
No40	0.425	11.17	3.72	12.42	87.58
No 50	0.300	5.69	1.90	14.32	85.68
No60	0.250				
No80	0.180				
No100	0.150	3.93	1.31	15.63	84.37
No200	0.075	21.57	7.19	22.82	77.18
BASE		231.55	77.18	100.00	0.00
TOTAL		300.00	100.00		
% PERDIDA		77.18			

TAMAÑO MÁXIMO:			
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA			
P.I.=	300.00		
P.L.=	68.45		
P.P.=	231.55		
% W =	15.08		
LIMITES DE CONSISTENCIA:			
L.L.=	32.41		
L.P.=	17.66		
I.P.=	14.75		
CARACT. GRANULOMÉTRICAS:			
D10=	—	Cu=	—
D30=	—	Cc=	—
D60=	—		
CLASIFICACIÓN:			
:			
SUCS	: CL		
AASHTO	: A-6 (10)		
Grava	0.37	%	
Arena	22.45	%	
Finos	77.18	%	



UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL

MGR. ARMANDO YANA TORRES
 CIP 163257



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA

MUESTRA : CALICATA N° 03

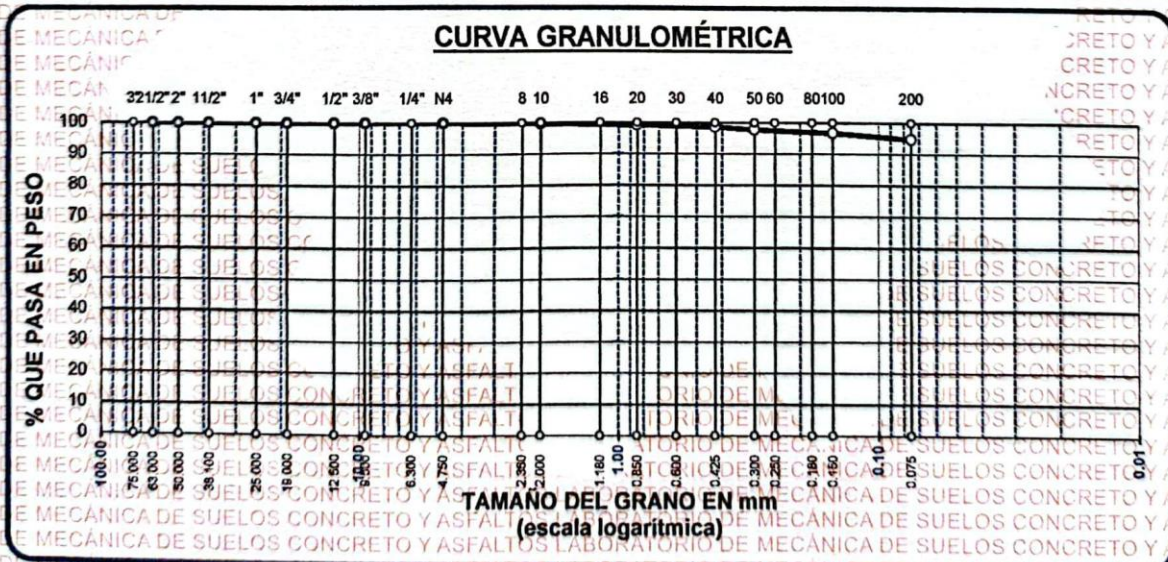
PROFUNDIDAD : 1.50 m

LUGAR : Jr. OCOÑA - URB. TASA

FECHA : 05 DE JULIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
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	0.00	0.00	0.00	100.00
No8	2.360				
No10	2.000	1.12	0.37	0.37	99.63
No16	1.180				
No20	0.850	1.45	0.48	0.86	99.14
No30	0.600				
No40	0.425	1.56	0.52	1.38	98.62
No 50	0.300	2.48	0.83	2.20	97.80
No60	0.250				
No80	0.180				
No100	0.150	3.36	1.12	3.32	96.68
No200	0.075	5.87	1.96	5.28	94.72
BASE		284.16	94.72	100.00	0.00
TOTAL		300.00	100.00		
% PERDIDA		94.72			

TAMÁÑO MÁXIMO:		
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
P.I.=	300.00	
P.L.=	15.84	
P.P.=	284.16	
%w=	8.27	
LÍMITES DE CONSISTENCIA:		
L.L.=	38.95	
L.P.=	21.45	
I.P.=	17.50	
CARACT. GRANULOMÉTRICAS:		
D10=	—	
D30=	—	
D60=	—	
Cu=	—	
Cc=	—	
CLASIFICACIÓN:		
:		
SUCS	: CL	
AASHTO	: A-6 (11)	
Grava		0.00 %
Arena		5.28 %
Finos		94.72 %



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. ARMANDO YAN TORRES
 CIP 163257



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 LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA

MUESTRA : NATURAL CON ADICIÓN DE 4% DE CENIZAS DE EUCALIPTO

FECHA : 05 DE JULIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	258.30
SUELO SECO + TARRO	gr	233.60
PESO DEL TARRO	gr	52.30
PESO DEL AGUA	gr	24.70
PESO DEL SUELO SECO	gr	181.30
HUMEDAD %	%	13.62

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

LÍMITE LÍQUIDO		T	Y	U
TARRO N°				
SUELO HUMEDO + TARRO	g	40.79	38.09	35.57
SUELO SECO + TARRO	g	37.38	35.16	33.09
PESO DEL TARRO	g	26.03	25.96	26.08
PESO DEL AGUA	g	3.41	2.93	2.48
PESO DEL SUELO SECO	g	11.35	9.20	7.01
HUMEDAD %	%	30.04	31.85	35.38
N° DE GOLPES		29	25	15

LÍMITE PLÁSTICO	
7	0
22.17	20.18
21.01	19.35
14.29	14.35
1.16	0.83
6.72	5.00
17.26	16.60

LÍMITE LÍQUIDO % : 31.90 LÍMITE PLÁSTICO % : 16.93

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14.97

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 YANATORRES
 CIP 143257



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 LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA

MUESTRA : NATURAL CON ADICIÓN DE 8% DE CENIZAS DE EUCALIPTO

FECHA : 05 DE JULIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	273.90
SUELO SECO + TARRO	gr	250.80
PESO DEL TARRO	gr	51.70
PESO DEL AGUA	gr	23.10
PESO DEL SUELO SECO	gr	199.10
HUMEDAD %	%	11.60

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

TARRO N°	LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	G	J	K	2	F
SUELO HUMEDO + TARRO	g	31.34	32.01	31.44	17.66
SUELO SECO + TARRO	g	28.82	29.02	28.60	16.50
PESO DEL TARRO	g	18.51	18.20	18.35	8.40
PESO DEL AGUA	g	2.52	2.99	2.84	1.16
PESO DEL SUELO SECO	g	10.31	10.82	10.25	8.10
HUMEDAD %	%	24.44	27.63	27.71	14.32
N° DE GOLPES		25	22	16	

LÍMITE LIQUIDO % : 25.97 **LÍMITE PLÁSTICO %** : 14.79

ÍNDICE PLÁSTICO % : 11.18

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



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mg. ARNOLDO YANATORRES
 CIP 165257



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 LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCAUPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA

MUESTRA : NATURAL CON ADICIÓN DE 12% DE CENIZAS DE EUCAUPTO

FECHA : 05 DE JULIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	248.60
SUELO SECO + TARRO	gr	231.50
PESO DEL TARRO	gr	52.40
PESO DEL AGUA	gr	17.10
PESO DEL SUELO SECO	gr	179.10
HUMEDAD %	%	9.55

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

TARRO N°	LÍMITE LIQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	B	N	M	5	6
SUELO HUMEDO + TARRO	g	32.35	33.21	32.28	16.63
SUELO SECO + TARRO	g	30.05	30.79	30.09	15.81
PESO DEL TARRO	g	18.80	19.20	19.00	9.40
PESO DEL AGUA	g	2.30	2.42	2.19	0.82
PESO DEL SUELO SECO	g	11.25	11.59	11.09	6.41
HUMEDAD %	%	20.44	20.88	19.75	12.79
N° DE GOLPES		25	21	15	
LÍMITE LIQUIDO %	:	19.82	LÍMITE PLÁSTICO %	:	13.54

ÍNDICE PLÁSTICO % : 6.28

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



UANCV
 OFICINA DE INVESTIGACIÓN
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 JULIACA, PUNO
 Mgr. ARMANDO YANAYAN TORRES
 C/P 163257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

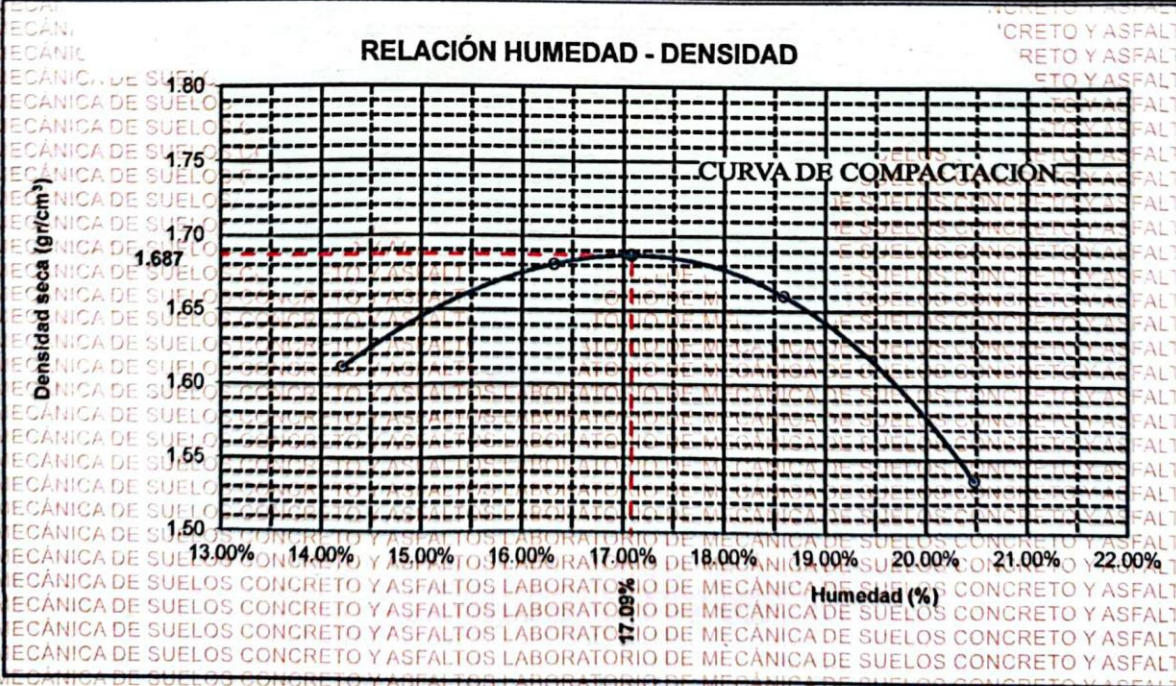
TESIS	: ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO
SOLICITANTE	: Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA
MUESTRA	: NATURAL
UBICACIÓN	: Jr. ESPINAL - Jr. OCOÑA - URBANIZACIÓN TASA
LUGAR	: DISTRITO DE JULIACA
FECHA	: 12 DE JULIO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2079 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9765	10003	10031	9785
Peso del Molde	gr.	5938	5938	5938	5938
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3827	4065	4093	3847
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.841	1.955	1.969	1.850

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	221.69	254.71	207.80	222.53	210.10	227.06	216.65	218.83
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	201.26	229.58	185.98	199.57	184.98	199.56	188.06	190.40
Peso del Agua	gr.	20.43	25.13	21.82	22.96	25.12	27.50	28.59	28.43
Peso de la Capsula	gr.	55.92	54.71	51.42	59.75	49.98	51.51	50.30	49.70
Peso del Suelo Seco	gr.	145.34	174.87	134.56	139.82	135.00	148.05	137.76	140.70
% de Humedad	%	14.06%	14.37%	16.22%	16.42%	18.61%	18.57%	20.75%	20.21%
Promedio de Humedad	%	14.21%		16.32%		18.59%		20.48%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.612		1.681		1.660		1.536	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.687 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 17.09%



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



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 M^g ABRAHAM YANA TORRES
 CIF 103257

B. N° 006-00304506



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

TESIS	: ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO
SOLICITANTE	: Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA
MUESTRA	: NATURAL
UBICACIÓN	: Jr. ESPINAL - Jr. OCOÑA - URBANIZACIÓN TASA
LUGAR	: DISTRITO DE JULIACA
FECHA	: 12 DE JULIO DEL 2024

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

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10760	10348	10923	10720	10992	10718
Peso del Molde	gr.	6795	6795	6744	6744	6785	6785
Peso del Suelo Humedo	gr.	3965	3553	4179	3976	4207	3933
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.884	1.688	1.988	1.892	2.007	1.876

Capsula No	No									
Suelo Humedo + Capsula	gr.	202.28	254.47	317.00	267.30	272.59	315.00	247.17	276.50	337.00
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	174.20	217.60	290.80	231.51	236.20	286.14	218.52	243.96	304.89
Peso del Agua	gr.	28.08	36.87	26.20	35.79	36.39	28.86	28.65	32.54	32.11
Peso de la Capsula	gr.	37.53	38.88	39.00	39.06	38.16	37.00	37.99	38.69	39.24
Peso del Suelo Seco	gr.	136.67	178.72	251.80	192.45	198.04	249.14	180.53	205.27	265.65
% de Humedad	%	20.55%	20.63%	10.41%	18.60%	18.38%	11.58%	15.87%	15.85%	12.09%
Promedio de Humedad	%	20.59%		10.41%	18.49%		11.58%	15.86%		12.09%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.562		1.529	1.678		1.695	1.732		1.674

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
8/07/2024	11:25: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.50	0	0
9/07/2024	11:25: a.m.	24:00:00	0.62	0.02	0.01	0.56	0.01	0.01	0.54	0.00	0.00
10/07/2024	11:25: a.m.	48:00:00	0.69	0.02	0.02	0.59	0.01	0.01	0.58	0.00	0.00
11/07/2024	11:25: a.m.	72:00:00	0.83	0.02	0.02	0.62	0.02	0.01	0.60	0.00	0.00
12/07/2024	11:25: a.m.	96:00:00	0.92	0.02	0.02	0.64	0.02	0.01	0.61	0.00	0.00

PENETRACION

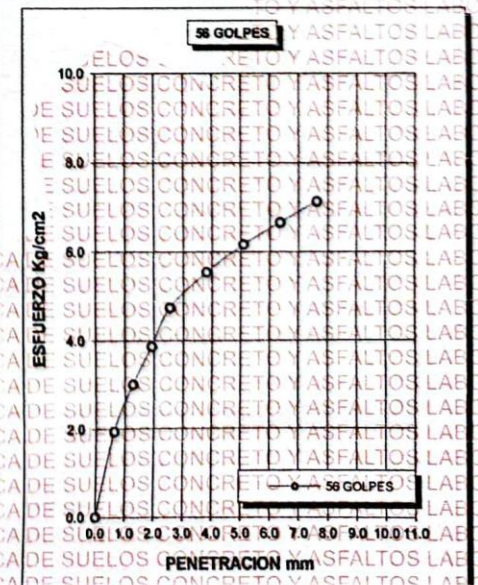
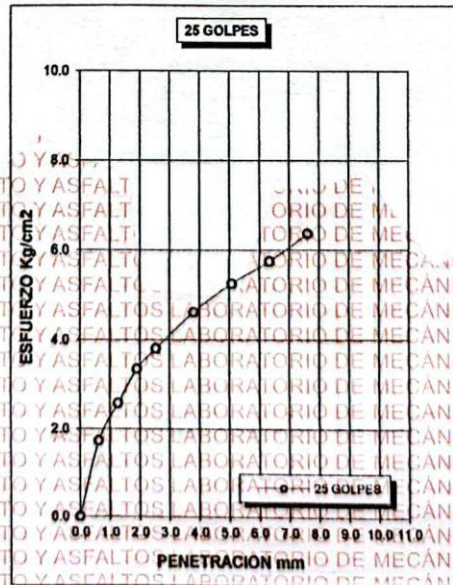
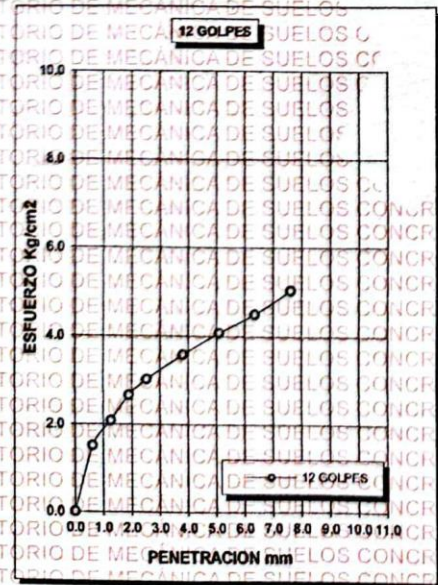
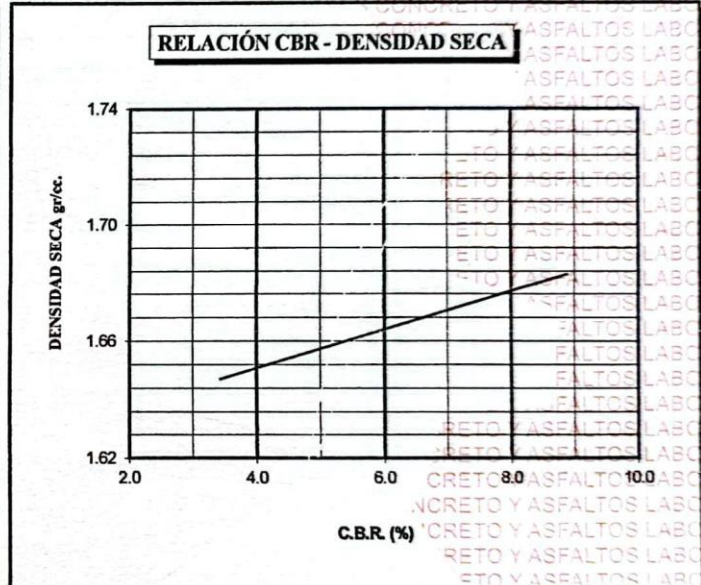
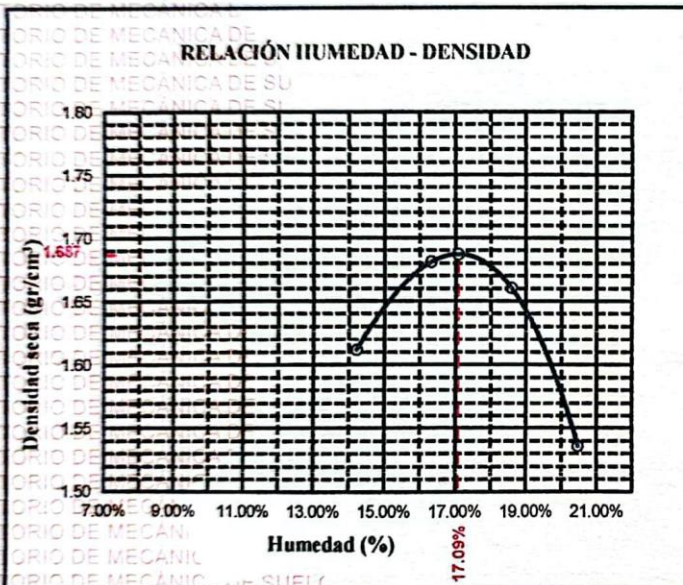
Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	00:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		1.10	30	1.5		2.20	34	1.7	3.10	38	1.9		
1.27	01:00		3.80	41	2.1		6.10	51	2.6	8.10	60	3.0		
1.91	01:30		6.50	53	2.7		9.70	66	3.4	12.10	76	3.9		
2.54	02:00	70.31	8.20	60	3.0		11.80	75	3.8	16.20	94	4.7		
3.81	03:00		10.80	71	3.6		15.60	91	4.6	19.90	110	5.5		
5.09	04:00	105.00	13.10	81	4.1		18.80	104	5.3	22.80	122	6.2		
6.35	05:00		15.10	89	4.5		20.90	114	5.8	25.10	132	6.7		
7.62	06:00		17.60	100	5.0		23.80	126	6.4	27.30	141	7.1		
8.84	07:00													
10.16	08:00													

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

UANCV - VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 MSc. ARMANDO YANATORRES
 CIP 163257



TESIS	: ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITANTE	: Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.687
MUESTRA	: NATURAL	HUMEDAD OPTIMA (%)	17.09%
UBICACIÓN	: Jr. ESPINAL - Jr. OCOÑA - URBANIZACIÓN TASA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	6.01
LUGAR	: DISTRITO DE JULIACA	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	4.96
FECHA	: 12 DE JULIO DEL 2024	CLASIFICACIÓN	: CL
		AASHTO	: A-6 (11)
		EMBEBIDO	: 4 DIAS



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL



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 LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO
SOLICITANTE	: Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA
MUESTRA	: NATURAL CON 4% DE CENIZA DE EUCALIPTO
LUGAR	: DISTRITO DE JULIACA
FECHA	: 12 DE JULIO DEL 2024

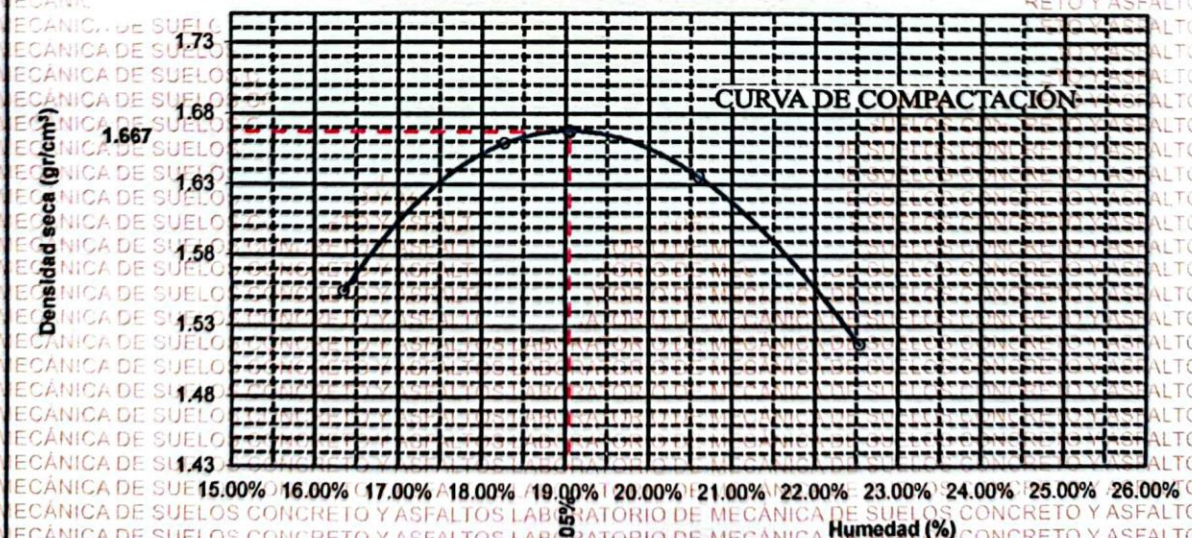
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2079 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9698	10017	10039	9801
Peso del Molde	gr.	5938	5938	5938	5938
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3760	4079	4101	3863
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.809	1.962	1.973	1.858

Capsula No	No	SUP.		INF.		SUP.		INF.	
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Suelo Húmedo + Capsula		231.20	228.50	218.50	222.30	225.40	224.10	219.60	221.50
Peso del Suelo Seco + Capsula		206.45	203.02	192.67	196.00	196.07	194.88	189.11	191.00
Peso del Agua		24.75	25.48	25.83	26.30	29.33	29.22	30.49	30.50
Peso de la Capsula		51.20	51.00	52.30	51.00	53.20	53.50	54.50	55.00
Peso del Suelo Seco		155.25	152.02	140.37	145.00	142.87	141.38	134.61	136.00
% de Humedad	%	15.94%	16.76%	18.40%	18.14%	20.53%	20.67%	22.65%	22.43%
Promedio de Humedad	%	16.35%		18.27%		20.60%		22.54%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.554		1.659		1.636		1.516	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.667 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 19.05%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



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



UANCV - FIC
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. ARMANDO YANATORRES
CIP 14327



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	: ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO
SOLICITANTE	: Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA
MUESTRA	: NATURAL CON 4% DE CENIZA DE EUCALIPTO
LUGAR	: DISTRITO DE JULIACA
FECHA	: 12 DE JULIO DEL 2024

MOLDE No	LTOS III	MECÁNICA II	MECÁNICA I
No DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10532	10377	10626	10341	10733	10536
Peso del Molde	gr.	6795	6795	6744	6744	6785	6785
Peso del Suelo Humedo	gr.	3737	3582	3882	3597	3948	3751
Volumen del Suelo	cc.	2102.04	2102.04	2099.13	2099.13	2099.27	2099.27
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.778	1.704	1.849	1.714	1.881	1.787

Capsula No	No	4																	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	199.90	252.90	307.60	264.50	268.20	308.20	245.60	273.60	328.60									
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	172.99	214.88	288.60	228.60	238.40	287.66	218.40	243.88	304.70									
Peso del Agua	gr.	26.91	38.02	19.00	35.90	29.80	20.54	27.20	29.72	23.90									
Peso de la Capsula	gr.	37.00	38.00	38.00	38.00	38.50	39.00	39.00	38.00	39.30									
Peso del Suelo Seco	gr.	135.99	176.88	250.60	190.60	199.90	248.66	179.40	205.88	265.40									
% de Humedad	%	19.79%	21.49%	7.58%	18.84%	14.91%	8.26%	15.16%	14.44%	9.01%									
Promedio de Humedad	%	20.64%			7.58%			16.87%			8.26%			14.80%			9.01%		
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.474			1.584			1.582			1.583			1.638			1.639		

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
8/07/2024	08:30: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
9/07/2024	08:30: a.m.	24:00:00	0.62	0.02	0.01	0.50	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01
10/07/2024	08:30: a.m.	48:00:00	0.69	0.02	0.02	0.58	0.01	0.01	0.62	0.02	0.01
11/07/2024	08:30: a.m.	72:00:00	0.79	0.02	0.02	0.65	0.02	0.01	0.68	0.02	0.01
12/07/2024	08:30: a.m.	96:00:00	0.85	0.02	0.02	0.69	0.02	0.02	0.73	0.02	0.02

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		0.70	28.1	1.4		2.50	35.7	1.8		3.90	42	2.1	
1.27	01:00		2.80	37.0	1.9		5.50	48.5	2.5		8.60	62	3.1	
1.91	01:30		4.80	45.5	2.3		8.20	59.9	3.0		12.50	79	4.0	
2.54	02:00	70.31	6.80	53.1	2.7		11.40	73.5	3.7		14.70	88	4.4	
3.21	03:00		10.20	68.4	3.5		15.50	90.9	4.6		20.50	112	5.7	
5.09	04:00	105.00	14.00	84.8	4.3		19.00	105.8	5.3		25.00	131	6.6	
6.35	05:00		16.80	96.4	4.9		21.90	118.1	6.0		28.10	144	7.3	
7.62	06:00		19.00	105.8	5.3		24.30	128.3	6.5		31.00	157	7.9	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

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

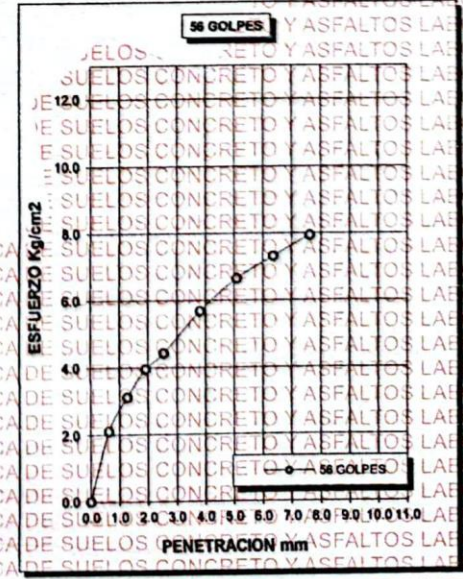
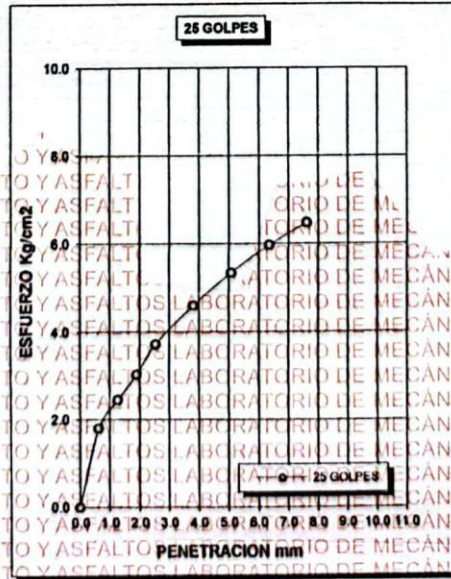
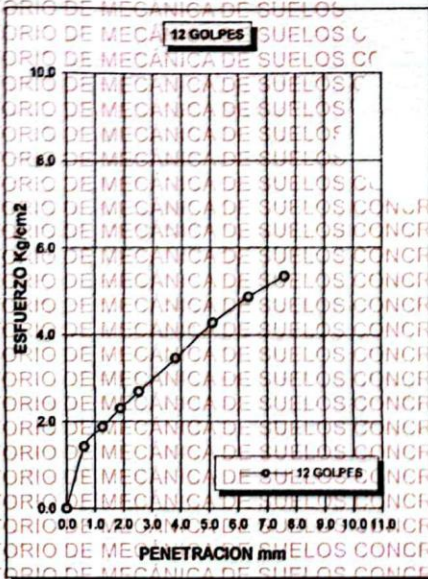
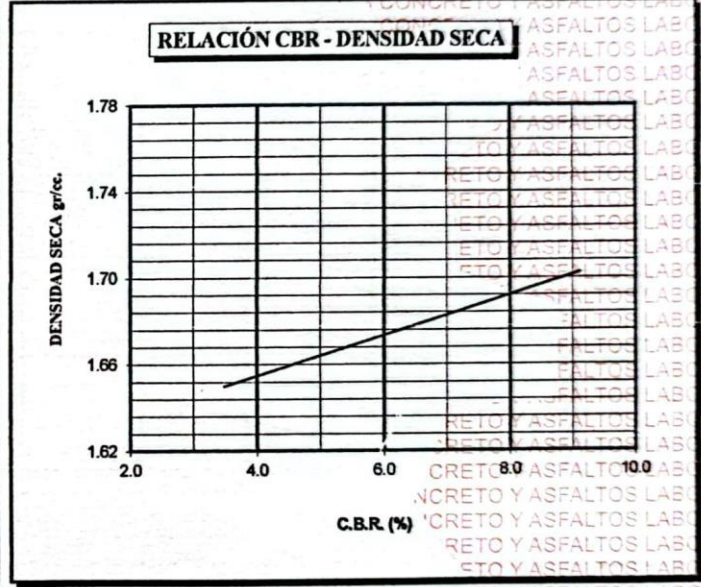
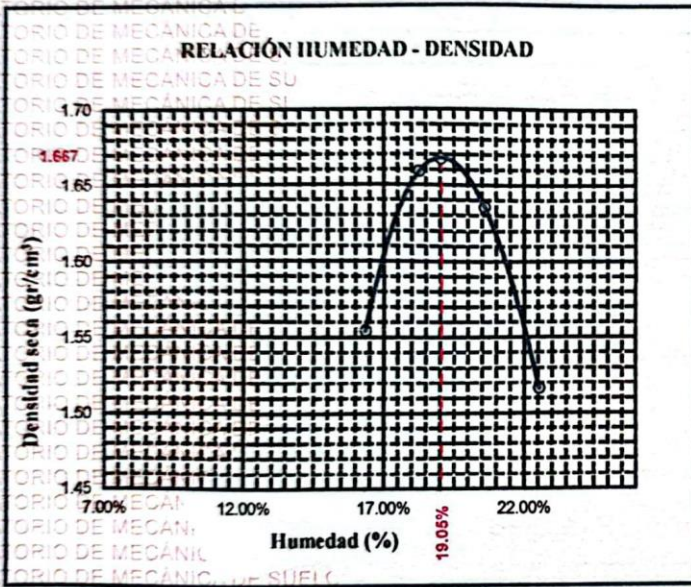


UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
Mgtr. ARMANDO LOYANA TORRES
CIP 163257



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 LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITANTE	: Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 1.667
MUESTRA	: NATURAL CON 4% DE CENIZA DE EUCALIPTO	HUMEDAD OPTIMA (%) 19.05%
LUGAR	: DISTRITO DE JULIACA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 7.02
FECHA	: 12 DE JULIO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 5.14
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-6 (10)
		EMBEBIDO : 4 DIAS



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA

MUESTRA : NATURAL CON 8% DE CENIZA DE EUCALIPTO

LUGAR : DISTRITO DE JULIACA

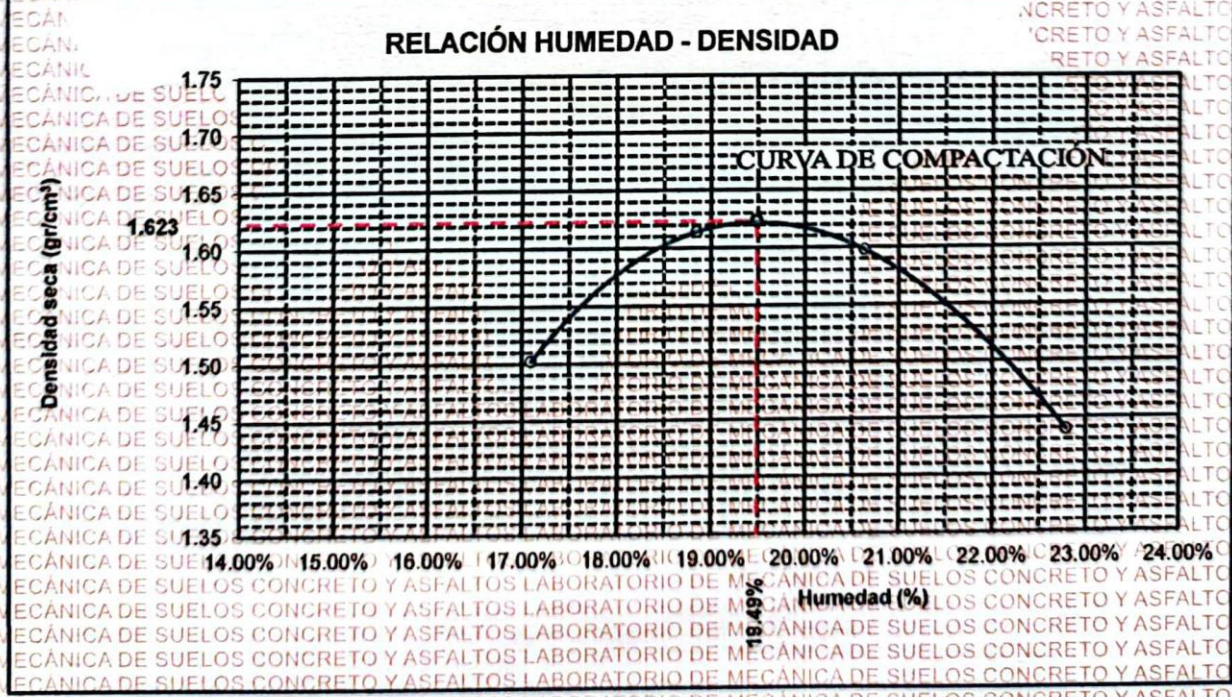
FECHA : 12 DE JULIO DEL 2024

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2079 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

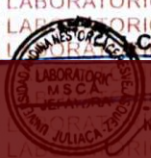
Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9594	9926	9945	9611
Peso del Molde	gr.	5938	5938	5938	5938
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3656	3988	4007	3673
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.759	1.918	1.927	1.767

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	189.57	190.20	186.66	183.74	194.30	191.40	185.30	190.50
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	169.03	170.11	164.88	163.06	169.40	168.32	160.50	164.84
Peso del Agua	gr.	20.54	20.09	21.78	20.68	24.90	23.08	24.80	25.66
Peso de la Capsula	gr.	51.20	50.20	50.33	52.40	51.70	53.60	51.00	53.00
Peso del Suelo Seco	gr.	117.83	119.91	114.55	110.66	117.70	114.72	109.50	111.84
% de Humedad	%	17.43%	16.75%	19.01%	18.69%	21.16%	20.12%	22.85%	22.94%
Promedio de Humedad	%	17.09%		18.85%		20.64%		22.80%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.502		1.614		1.598		1.439	

METODO: ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA :	1.623 y gr/cm ³
	HUMEDAD OPTIMA :	19.49%



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



UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 Mtro. ARMANDO YANAY TORRES
 CIP 103257



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

TESIS	ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO
SOLICITANTE	Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA
MUESTRA	NATURAL CON 8% DE CENIZA DE EUCALIPTO
LUGAR	DISTRITO DE JULIACA
FECHA	12 DE JULIO DEL 2024

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

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10409	10098	10691	10438	10980	10928
Peso del Molde	gr.	6795	6795	6744	6744	6785	6785
Peso del Suelo Humedo	gr.	3614	3303	3947	3694	4195	4143
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.717	1.569	1.878	1.757	2.001	1.975

Capsula No	No									
Suelo Humedo + Capsula	gr.	185.60	190.00	263.20	188.50	184.50	271.20	192.30	195.70	248.40
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	162.15	165.00	239.18	166.16	162.04	245.55	171.22	175.00	224.30
Peso del Agua	gr.	23.45	25.00	24.02	22.34	22.46	25.65	21.08	20.70	24.10
Peso de la Capsula	gr.	39.10	38.00	38.11	36.12	35.20	35.55	36.17	38.40	36.90
Peso del Suelo Seco	gr.	123.05	127.00	201.07	130.04	126.84	210.00	135.05	136.60	187.40
% de Humedad	%	19.06%	19.69%	11.95%	17.18%	17.71%	12.21%	15.61%	15.15%	12.86%
Propiedad de Humedad	%	19.37%	11.95%	17.44%	12.21%	15.38%	12.86%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.438	1.402	1.599	1.566	1.734	1.751			

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
8/07/2024	02:00: p.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
9/07/2024	02:00: p.m.	24:00:00	0.49	0.01	0.01	0.45	0.01	0.01	0.44	0.01	0.01
10/07/2024	02:00: p.m.	48:00:00	0.56	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01
11/07/2024	02:00: p.m.	72:00:00	0.63	0.02	0.01	0.58	0.01	0.01	0.55	0.01	0.01
12/07/2024	02:00: p.m.	96:00:00	0.73	0.02	0.02	0.65	0.02	0.01	0.59	0.01	0.01

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					
0.63	00:30		1.10	29.8	1.5					3.00	37.9	1.9			3.90	41.7	2.1
1.27	01:00		4.20	43.0	2.2					6.10	51.0	2.6			9.00	63.3	3.2
1.91	01:30		6.60	53.1	2.7					8.40	60.8	3.1			14.00	84.6	4.3
2.54	02:00	70.31	8.60	61.6	3.1					11.10	72.2	3.7			18.00	101.5	5.1
3.81	03:00		12.30	77.3	3.9					15.60	91.3	4.6			24.10	127.4	6.4
5.09	04:00	105.00	15.60	91.3	4.6					19.00	105.8	5.3			28.40	145.7	7.4
6.35	05:00		18.20	102.4	5.2					22.30	119.8	6.1			32.30	162.2	8.2
7.62	06:00		20.80	113.4	5.7					25.10	131.7	6.7			38.20	178.8	9.0
8.84	07:00																
10.16	08:00																

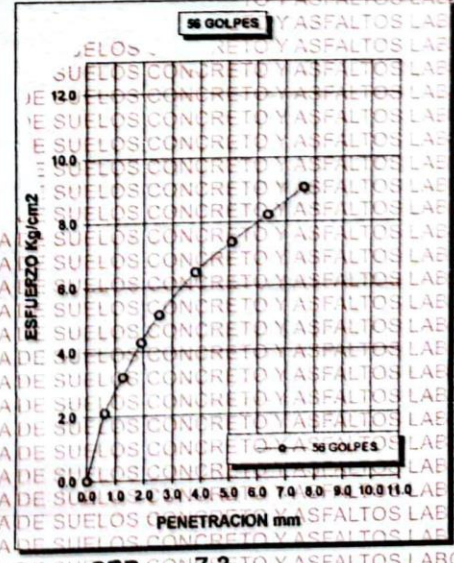
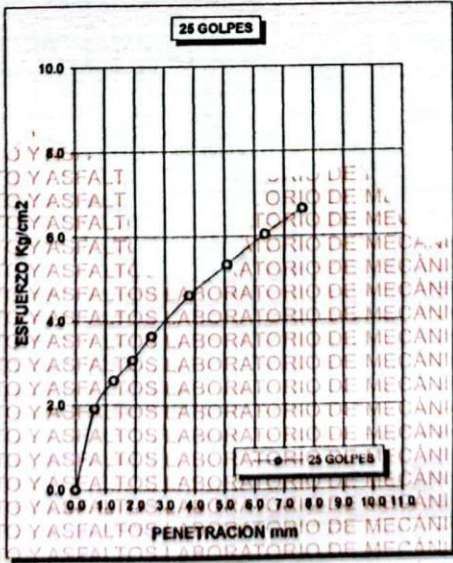
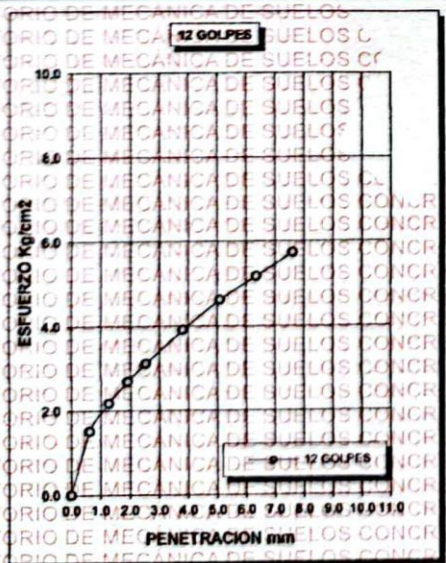
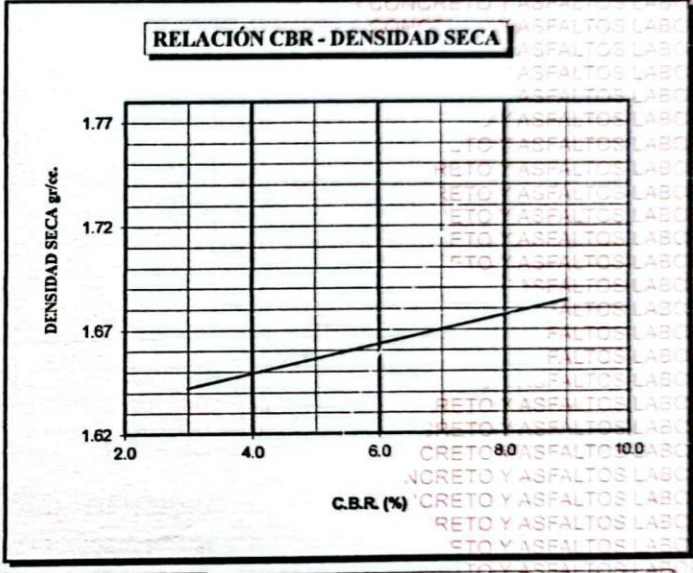
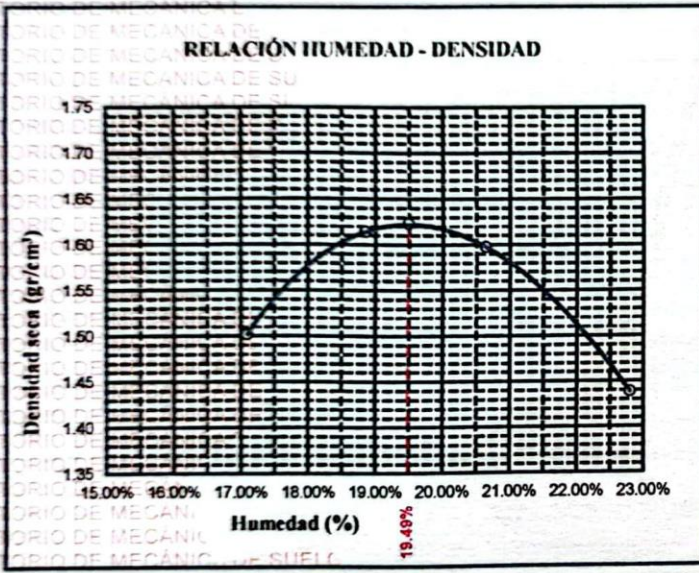
OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 Mgtr. ARYDOLYAN TORRES
 CIP 100207



TESIS	: ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITANTE	: Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 1.623
MUESTRA	: NATURAL CON 8% DE CENIZA DE EUCALIPTO	HUMEDAD ÓPTIMA (%) 19.49%
LUGAR	: DISTRITO DE JULIACA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 7.38
FECHA	: 12 DE JULIO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 6.54
		CLASIFICACIÓN : CL-ML
		AASHTO : A-4 (4)
		EMBEBIDO : 4 DIAS



UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 B. N° 006-00304506



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS : ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCAUPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA

MUESTRA : NATURAL CON 12% DE CENIZA DE EUCAUPTO

LUGAR : DISTRITO DE JULIACA

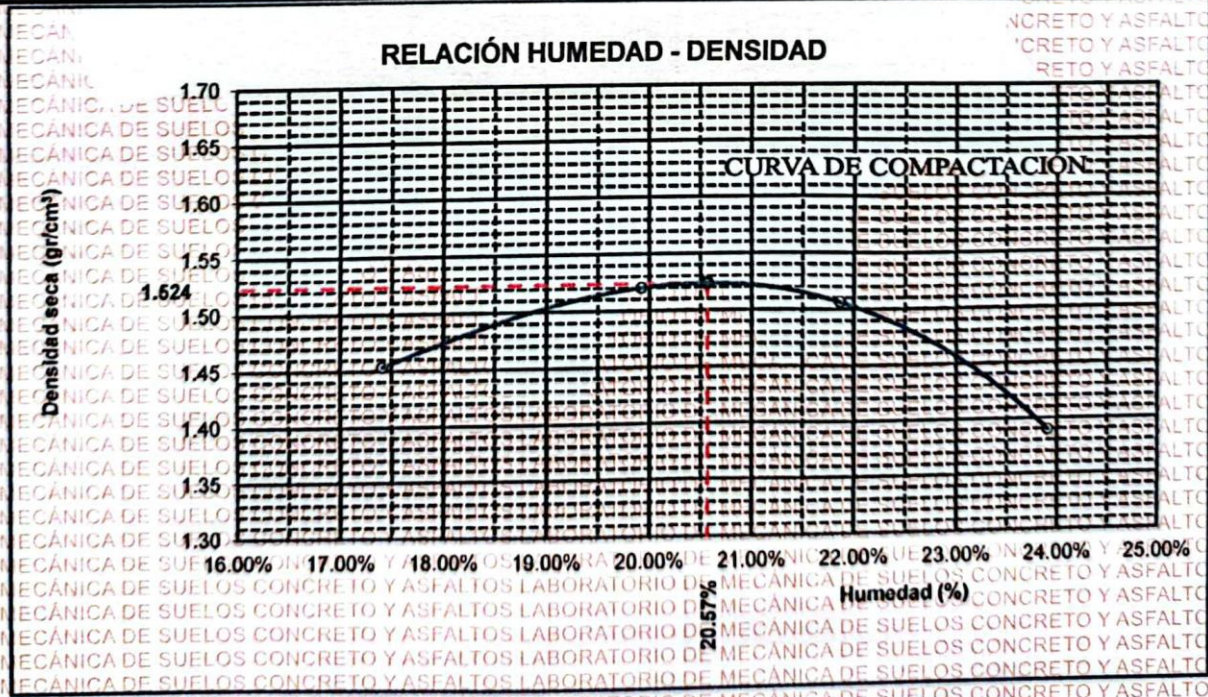
FECHA : 12 DE JULIO DEL 2024

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2079 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9487	9730	9756	9519
Peso del Molde	gr.	5940	5940	5940	5940
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	3547	3790	3816	3579
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.706	1.823	1.835	1.722

Capsula No	No	SUP.		INF.		SUP.		INF.	
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	236.20	239.50	234.10	223.05	223.30	227.30	219.88	227.30
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	208.06	210.66	202.04	193.62	191.20	194.00	186.00	192.10
Peso del Agua	gr.	28.14	28.84	32.06	29.43	32.10	33.30	33.88	35.20
Peso de la Capsula	gr.	45.20	46.30	44.10	43.11	42.57	43.62	45.10	44.10
Peso del Suelo Seco	gr.	162.86	164.36	157.94	150.51	148.63	150.38	140.90	148.00
% de Humedad	%	17.28%	17.55%	20.30%	19.55%	21.60%	22.14%	24.05%	23.78%
Promedio de Humedad	%	17.41%		19.93%		21.87%		23.91%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.453		1.520		1.506		1.389	

METODO: ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA : 1.524 gr/cm ³
	HUMEDAD OPTIMA : 20.57%



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



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

B. N° 006-00304506



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

TESIS	: ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO
SOLICITANTE	: Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA
MUESTRA	: NATURAL CON 12% DE CENIZA DE EUCALIPTO
LUGAR	: DISTRITO DE JULIACA
FECHA	: 12 DE JULIO DEL 2024

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

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10784	10502	10910	10734	11040	10801
Peso del Molde	gr.	6795	6795	6744	6744	6785	6785
Peso del Suelo Humedo	gr.	3989	3707	4166	3990	4255	4016
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.895	1.761	1.982	1.898	2.030	1.916

Capsula No	No									
Suelo Humedo + Capsula	gr.	192.30	185.60	190.44	195.40	191.20	187.20	196.30	191.40	193.80
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	166.10	161.30	172.00	171.55	167.03	169.22	174.22	170.00	174.10
Peso del Agua	gr.	26.20	24.30	18.44	23.85	24.17	17.98	22.08	21.40	19.50
Peso de la Capsula	gr.	38.50	39.30	37.10	37.40	35.20	36.60	37.10	38.30	37.60
Peso del Suelo Seco	gr.	127.60	122.00	134.90	134.15	131.83	132.62	137.12	131.70	136.50
% de Humedad	%	20.53%	19.92%	13.67%	17.78%	18.33%	13.56%	16.10%	16.25%	14.29%
Promedio de Humedad	%	20.23%		13.67%	18.06%		13.56%	16.18%		14.29%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.576		1.549	1.679		1.672	1.747		1.676

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
8/07/2024	04:00: p.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
9/07/2024	04:00: p.m.	24:00:00	0.63	0.02	0.01	0.53	0.01	0.01	0.47	0.01	0.01
10/07/2024	04:00: p.m.	48:00:00	0.72	0.02	0.02	0.57	0.01	0.01	0.51	0.01	0.01
11/07/2024	04:00: p.m.	72:00:00	0.82	0.02	0.02	0.63	0.02	0.01	0.58	0.01	0.01
12/07/2024	04:00: p.m.	96:00:00	0.90	0.02	0.02	0.71	0.02	0.02	0.60	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		1.20	30.2	1.5		3.20	39	2.0		4.10	43	2.2	
1.27	01:00		5.00	46.4	2.3		7.50	57	2.9		10.10	68	3.4	
1.91	01:30		7.10	55.3	2.8		12.30	77	3.9		16.20	94	4.7	
2.54	02:00	70.31	9.90	67.2	3.4		15.20	90	4.5		20.50	112	5.7	
3.81	03:00		13.70	83.3	4.2		22.10	119	6.0		29.00	148	7.5	
5.09	04:00	105.00	16.50	95.2	4.8		27.20	141	7.1		35.40	175	8.9	
6.35	05:00		19.30	107.0	5.4		30.60	155	7.8		40.00	195	9.9	
7.62	06:00		21.80	117.7	5.9		33.60	168	8.5		43.60	210	10.8	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

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

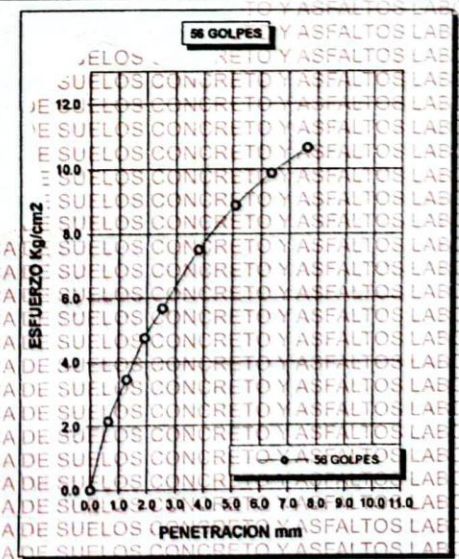
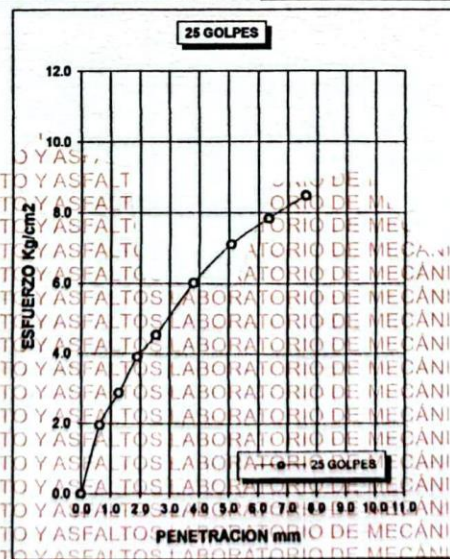
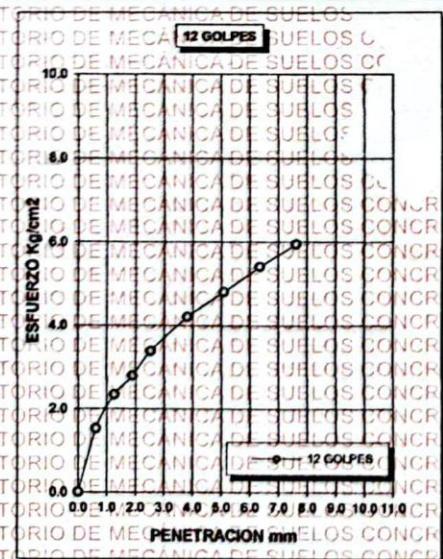
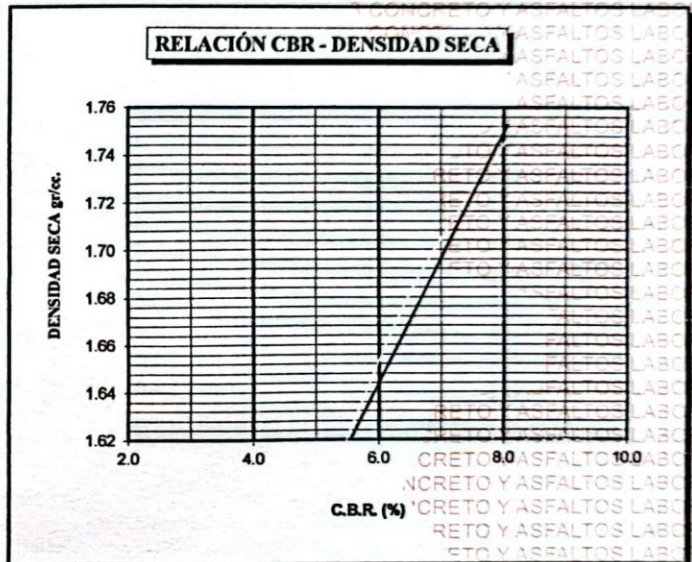
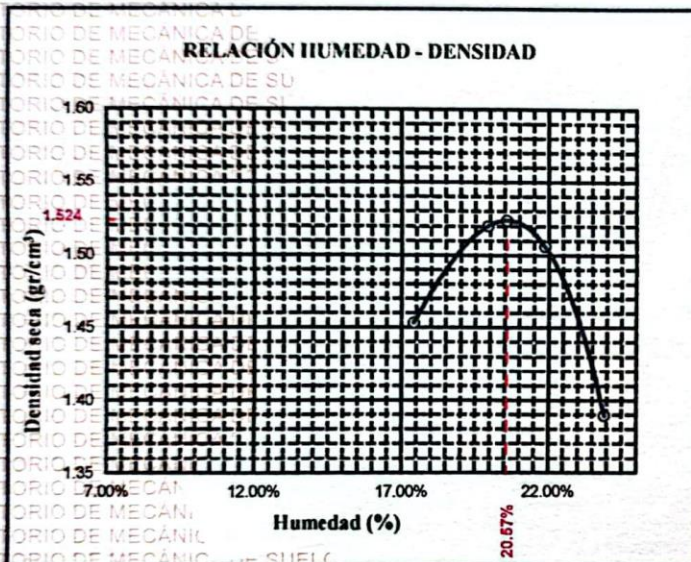


UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
 M^{CA} ARYAN ZUÑANATORRES
 CIP 113257



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 LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITANTE	: : Bach. MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 1.524
MUESTRA	: NATURAL CON 12% DE CENIZA DE EUCALIPTO	HUMEDAD OPTIMA (%) 20.57%
LUGAR	: DISTRITO DE JULIACA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 8.06
FECHA	: : 12 DE JULIO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 6.45
		CLASIFICACIÓN : : NIC ML
		AASHTO : : A-4 (4)
		EMBEBIDO : : 4 DIAS



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL

B. N° 006-00304506



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 30/09/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: MELANY XIHOMARA QUISPE VILCA

Dirección: Jr. LOS NARANJOS N° 241

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 75885812

Teléfono: 912046160 email: xihomara.q.v@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: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE EN SUELOS ARCILLOSOS EMPLEANDO
CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA AVENIDA TASA DE LA CIUDAD DE JULIACA
PROVINCIA DE SAN ROMÁN REGIÓN PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): ESTABILIZACIÓN DEL SUELO, SUBRSANTE, CENIZAS DE EUCALIPTO.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2?}

1

¹ 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.

² 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

30 de septiembre del 2024

Fecha

