



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



**ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE
CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA
DE TUSA DE MAIZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN
DE LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI

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

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE
CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA
DE TUSA DE MAIZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN
DE LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:


PRESIDENTE

:


Dr. LEONEZ SUASAGA PELINCO

PRIMER MIEMBRO

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

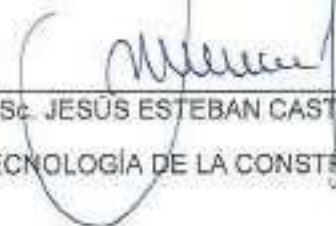
SEGUNDO MIEMBRO

:


Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

:


M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 861-2025-D-UI-FICP-UANCV

Julaca, 14 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU-9066 presentado por el (a) Bachiller: EDGAR JOSE TICONA CHAMBI 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 (a) Bach. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAIZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULACA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniería 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. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA.

ARTICULO TERCERO.- APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (a) bachiller: EDGAR JOSE TICONA CHAMBI; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAIZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULACA** para optar el Título Profesional de Ingeniería Civil, de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 21 de agosto del 2025
- * **HORA** : 14:00 horas
- * **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.



cc.
Archivo
Intercedido (s)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 859-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 14 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 1834, presentado por el señor (a) **EDGAR JOSE TICONA CHAMBI** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Provedido del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 106-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 472-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **EDGAR JOSE TICONA CHAMBI** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAIZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 106-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 472-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Frits Willy Mamani Apaza** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAIZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA**.

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 del Director de la Unidad 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, 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:

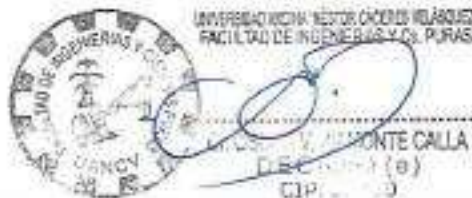
ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACION**, designado al señor (a): **EDGAR JOSE TICONA CHAMBI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAIZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, se le asigna como:

ASESOR: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

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.



cc: Archivo 2025 Interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 472-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 20 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-06863 por el o (la) Bachiller: EDGAR JOSE TICONA CHAMBI quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 494 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 085- 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: EDGAR JOSE TICONA CHAMBI, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Títulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAIZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA**, 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° 085- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAIZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA**, 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: EDGAR JOSE TICONA CHAMBI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Títulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAIZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
EFRAIN PARILO SOSA
DECANO
CIP. 47790


EFRAIN PARILO SOSA
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:
Archivo
Interesado (s)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 106-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de marzo del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-03624, presentado por el señor (a) EDGAR PROVEIDO - N° 135-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 47-2024 del integrante del comité de investigaciones 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: EDGAR JOSE TICONA CHAMBI ha presentado su propuesta de investigación Titulado: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAIZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA, 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° 47-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAIZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA.

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 mérito 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: EDGAR JOSE TICONA CHAMBI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAIZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

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

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


.....
Dr. MELTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790


.....
Dr. Efrain Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN


cc.
Archivo 2024
Interés (4)



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAIZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	EDGAR JOSE TICONA CHAMBI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	80214162
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-5245-5044
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02306659
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 Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/ughi9rjXwCxKpxZs5</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2024 – Agosto 2025
URL de disciplinas OCDE - Librería	<p>Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p>

 
 Dr. Julia Wally Mariscal
 DIRECTORA
 OFICINA DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo EDGAR JOSE TICONA CHAMBI, identificado con DNI

Nro. 80214162, 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:

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON

EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE

MAIZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

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 de estas 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 mías 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 otras por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 23 de setiembre del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)


Huella



DEDICATORIA

A mis padres, "mi roca y guía", por su amor sin límites y los desvelos constantes que hicieron posible cada logro alcanzado. Su dedicación diaria y sus enseñanzas sobre la importancia del esfuerzo, la constancia y la integridad han sido mi mayor inspiración. Este trabajo lleva impreso el eco de su respaldo permanente y la seguridad de su fe en mis capacidades. Con profunda gratitud y todo mi cariño, les ofrezco este logro como testimonio de su ejemplo y mi compromiso de honrar siempre sus valores.



AGRADECIMIENTO

Primeramente, doy gracias a Dios por brindarme la fortaleza, sabiduría y salud necesarias para culminar esta etapa de mi vida. Su guía ha sido luz en los momentos difíciles y motivación constante para alcanzar mis metas.

Agradezco profundamente a mis padres por su amor, apoyo incondicional y sacrificios que hicieron posible mi formación académica. También expreso mi gratitud a mis profesores y asesores por su paciencia, conocimientos y orientación valiosa durante el desarrollo de esta tesis.

Finalmente, agradezco a mis amigos, colegas y a todas las personas que de alguna manera colaboraron y me acompañaron en este proceso, brindándome ánimo y ayuda en cada paso.



ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la Situación Problemática	14
1.2. Planteamiento del Problema.....	16
1.2.1. Problema General.....	16
1.2.2. Problemas Específicos	16
1.3. Objetivos de la Investigación	17
1.3.1. Objetivo General.....	17
1.3.2. Objetivos Específicos	17
1.4. Justificación de la Investigación	17
1.4.1. Justificación Técnica.....	17
1.4.2. Justificación ambiental	18
1.4.3. Justificación Económica	18
1.4.4. Justificación Social	18
1.5. Hipótesis de la Investigación	19
1.5.1. Hipótesis General	19
1.5.2. Hipótesis Específicas.....	19
1.6. Variables e Indicadores	20
1.6.1. Variable Independiente.....	20
1.6.2. Variable Dependiente	20



1.6.3. Operacionalización de Variables21

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación22
2.1.1. Antecedentes Internacionales22
2.1.2. Antecedentes Nacionales24
2.1.3. Antecedentes Regionales29
2.2. Bases Teóricas32
2.2.1. Ceniza de tallo de quinua32
2.2.2. Ceniza de tusa de maíz36
2.2.3. Estabilización de suelos de subrasante40
2.2.4. Propiedades de un suelo46
2.2.5. Pavimentos52
2.3. Marco Conceptual56

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la Investigación58
3.2. Tipo de la Investigación59
3.3. Nivel de la Investigación59
3.4. Diseño de la Investigación60
3.5. Método de la Investigación60
3.6. Población y Muestra61
3.6.1. Población61
3.6.2. Muestra61
3.7. Técnicas e Instrumentos63
3.7.1. Técnicas63
3.7.2. Instrumentos64
3.8. Validación y Confiabilidad de los Instrumentos64
3.8.1. Validación de los Instrumentos64
3.8.2. Confiabilidad de los Instrumentos64



3.9. Procedimientos de Recolección de Datos..... 65

 3.9.1. Zona de estudio 65

 3.9.2. Selección de Calicatas 66

 3.9.3. Toma de Muestras de Material..... 66

 3.9.4. Ensayos de Laboratorio..... 68

3.10. Procesamiento y Análisis de la Información..... 76

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados Obtenidos..... 77

 4.1.1. Propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la avenida Jerusalén .77

 4.1.2. Influencia de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tusa de maíz en el índice de plasticidad..... 86

 4.1.3. Influencia de la ceniza de tallo de quinua y ceniza de tusa de maíz en el nivel de compactación 94

 4.1.4. Influencia de la ceniza de tallo de quinua y ceniza de tusa de maíz en la capacidad de soporte CBR 103

4.2. Discusión de Resultados 112

CONCLUSIONES..... 115

RECOMENDACIONES 117

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 118

ANEXOS..... 173



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de las variables	21
Tabla 2	Ordenación de suelos conforme a SUCS	47
Tabla 3	Clasificación de subrasantes en función del CBR	52
Tabla 4	Conteo de muestras probadas	62
Tabla 5	Promedio del peso de muestra húmeda y su grado de humedad	63
Tabla 6	Detalles de calicatas realizadas	66
Tabla 7	Humedad de las muestras de suelo de subrasante de cada calicata	78
Tabla 8	Análisis de partículas y porcentajes de cada fracción de las muestras de calicata	78
Tabla 9	Valores presentes de plasticidad en suelos naturales de subrasante	81
Tabla 10	Grados de compactación alcanzados en suelos naturales de subrasante	81
Tabla 11	Valores obtenidos de CBR en muestras de cada calicata	84
Tabla 12	IP de combinar suelo natural + 4% de CTQ.....	86
Tabla 13	IP de combinar suelo natural + 6% de CTQ.....	87
Tabla 14	IP de combinar suelo natural + 8% de ceniza de TQ.....	88
Tabla 15	Variaciones del IP según el porcentaje de adición de ceniza de TQ	89
Tabla 16	IP de combinar suelo natural + 4% de CTM	90
Tabla 17	IP de combinar suelo natural + 6% de CTM	91
Tabla 18	IP de combinar suelo natural + 8% de ceniza de TM	92
Tabla 19	Desviaciones del IP en relación al porcentaje de adición de CTM.....	93
Tabla 20	Compactación de la combinación de suelos inalterados + 4% de CTQ.....	94
Tabla 21	Compactación de la combinación de suelos inalterados + 6% de CTQ.....	95
Tabla 22	Compactación de la combinación de suelos inalterados + 8% de CTQ.....	96
Tabla 23	Desviaciones del GC en relación al porcentaje de adición de CTQ.....	97
Tabla 24	Compactación de la combinación de suelos inalterados + 4% de CTM	98
Tabla 25	Compactación de la combinación de suelos inalterados + 6% de CTM	99



Tabla 26 Compactación de la combinación de suelos inalterados + 8% de CTM.	100
Tabla 27 Evolución del GC según el porcentaje añadido de CTM	101
Tabla 28 CBR con 4% de CTQ.....	103
Tabla 29 CBR con 6% de CTQ.....	104
Tabla 30 CBR con 8% de CTQ.....	105
Tabla 31 Variación del CBR según el porcentaje de adición de CTQ	106
Tabla 32 CBR con 4% de CTM.....	107
Tabla 33 CBR con 6% de CTM.....	108
Tabla 34 CBR con 8% de CTM.....	109
Tabla 35 Variación del CBR según el porcentaje de adición de CTM	110
Tabla 36 Resumen general de resultados con empleo de CTQ	111
Tabla 37 Resumen general de resultados con empleo de CTM.....	112



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tallo de Quinoa	35
Figura 2 Estructura de la tusa del Maíz.....	40
Figura 3 Tamices	49
Figura 4 Estructura de pavimentos flexibles	53
Figura 5 Subrasante	54
Figura 6 Zona de estudio	65
Figura 7 Distribución en sentido longitudinal de las calicatas	66
Figura 8 Determinación del límite plástico en muestras con acabado liso.....	70
Figura 9 Evaluación del límite líquido usando muestra en cuchara de Casagrande	71
Figura 10 Pesaje previo al proceso de secado en horno de las muestras	72
Figura 11 Determinación la distribución de tamaños en subrasante	73
Figura 12 Análisis del CBR en suelos de subrasante.....	76
Figura 13 Gradación granulométrica del ejemplar procedente de la calicata 01.	79
Figura 14 Gradación granulométrica del ejemplar procedente de la calicata 02.	79
Figura 15 Gradación granulométrica del ejemplar procedente de la calicata 03.	80
Figura 16 Gradación granulométrica del ejemplar procedente de la calicata 04.	80
Figura 17 Registros máximos de compactación para la muestra 1 de C-1	82
Figura 18 Registros máximos de compactación para la muestra 2 de C-2	82
Figura 19 Registros máximos de compactación para la muestra 3 de C-3	83
Figura 20 Registros máximos de compactación para la muestra 4 de C-4	83
Figura 21 Determinación del CBR en la muestra 1 de C-1	84
Figura 22 Determinación del CBR en la muestra 2 de C-2	85
Figura 23 Determinación del CBR en la muestra 3 de C-3	85
Figura 24 Determinación del CBR en la muestra 4 de C-4	86
Figura 25 IP de suelo no modificado + 4% de CTQ	87
Figura 26 IP de suelo no modificado + 6% de CTQ	88



Figura 27	IP de suelo no modificado + 8% de ceniza de TQ	89
Figura 28	Variación del índice plástico con empleo de CTQ.....	90
Figura 29	IP de suelo no modificado + 4% de CTM	91
Figura 30	IP de suelo no modificado + 6% de CTM	92
Figura 31	IP de suelo natural y + 8% de CTM	93
Figura 32	Variación del índice plástico con empleo de CTM.....	94
Figura 33	Compactación de suelo no modificado + 4% de CTQ	95
Figura 34	Compactación de suelo no modificado + 6% de ceniza de TQ	96
Figura 35	Compactación de suelo no modificado + 8% de CTQ	96
Figura 36	Variación del nivel de compactación con empleo de CTQ.....	97
Figura 37	Compactación de suelo no modificado + 4% de CTM	99
Figura 38	Compactación de suelo no modificado + 6% de CTM	100
Figura 39	Compactación de suelo no modificado + 8% de CTM	101
Figura 40	Variación del nivel de compactación con empleo de CTM	102
Figura 41	CBR con 4% de CTQ.....	103
Figura 42	CBR con 6% de CTQ.....	104
Figura 43	CBR con 8% de CTQ.....	105
Figura 44	Variación del CBR con empleo de CTQ	106
Figura 45	CBR con 4% de CTM.....	107
Figura 46	CBR con 6% de CTM.....	108
Figura 47	CBR con 8% de CTM.....	109
Figura 48	Variación del CBR con empleo de CTM.....	110



RESUMEN

El presente estudio denominado "Estudio comparativo de las propiedades de la subrasante con empleo de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tusa de maíz en la avenida Jerusalén de la ciudad de Juliaca", tiene como objetivo principal comparar y evaluar el comportamiento de la subrasante al incorporar estos dos tipos de cenizas en la mencionada vía. La metodología aplicada corresponde a un enfoque cuantitativo con carácter aplicado, de nivel explicativo, utilizando un diseño experimental y el método científico para el desarrollo del estudio. Los resultados obtenidos indican que el índice de plasticidad promedio de las cuatro calicatas es de 15.23%, la MDS alcanza 1.766 g/cm³ con una humedad del 8.37%, y el CBR promedia 4.52% al 95% de la MDS. Con la adición de ceniza de tallo de quinua en porcentajes del 4%, 6% y 8%, se observa una reducción del índice plástico en 8.6%, 25.0% y 32.2% respectivamente, mientras que la ceniza de tusa de maíz produce disminuciones 6.8%, 29.0% y 36.5% respectivamente. Respecto a la densidad seca máxima, la incorporación de ceniza de tallo de quinua resultó en valores de 1.948, 2.015 y 2.088 g/cm³, y con ceniza de tusa de maíz en 1.955, 2.026 y 2.106 g/cm³ para las mismas proporciones. Asimismo, el CBR mejoró con la adición de ceniza de tallo de quinua alcanzando 5.89%, 11.06% y 13.56%, mientras que con ceniza de tusa de maíz se registraron valores de 6.05%, 11.45% y 13.92%, todos al 95% de la MDS. Finalmente, se concluye que la mezcla de suelo natural con un 8% de ceniza de tusa de maíz reduce el IP en un 36.5%, mejora el grado de compactación en un 19%, e incrementa el CBR en un 208%, demostrando su eficacia como estabilizante para la subrasante.

Palabras Clave: Ceniza de tallo de quinua, Ceniza de tusa de maíz, Subrasante.



ABSTRACT

The present study, entitled "Comparative study of subgrade properties using quinoa stalk ash and corn cob ash on Jerusalem Avenue in the city of Juliaca," aims to compare and evaluate subgrade behavior when incorporating these two types of ash in the aforementioned road. The methodology applied corresponds to an applied quantitative approach, at an explanatory level, using an experimental design and the scientific method for the development of the study. The results obtained indicate that the average plasticity index of the four test pits is 15.23%, the MDS reaches 1.766 g/cm^3 with a moisture content of 8.37%, and the CBR averages 4.52% at 95% of the MDS. With the addition of quinoa stalk ash in percentages of 4%, 6% and 8%, a reduction in the plasticity index of 8.6%, 25.0% and 32.2% respectively is observed, while corn cob ash produces decreases of 6.8%, 29.0% and 36.5% respectively. Regarding the maximum dry density, the incorporation of quinoa stalk ash resulted in values of 1.948 , 2.015 and 2.088 g/cm^3 , and with corn cob ash in 1.955 , 2.026 and 2.106 g/cm^3 for the same proportions. Likewise, the CBR improved with the addition of quinoa stalk ash reaching 5.89%, 11.06% and 13.56%, while with corn cob ash values of 6.05%, 11.45% and 13.92% were recorded, all at 95% of the MDS. Finally, it is concluded that the mixture of natural soil with 8% corn cob ash reduces the IP by 36.5%, improves the degree of compaction by 19%, and increases the CBR by 208%, demonstrating its effectiveness as a subgrade stabilizer.

Keywords: Quinoa stalk ash, Corn cob ash, Subgrade.



INTRODUCCIÓN

En este sentido, la subrasante, que es la capa base del pavimento flexible, cumple un rol fundamental al proporcionar soporte estructural a las capas superiores del pavimento. La calidad y resistencia de esta capa son determinantes para la durabilidad y estabilidad de las vías, especialmente en zonas con condiciones climáticas adversas y tráfico pesado.

En la ciudad de Juliaca, la Avenida Jerusalén es una arteria vital que conecta diferentes sectores de la ciudad y soporta un flujo vehicular considerable. Sin embargo, las características naturales del suelo de esta zona presentan limitaciones en cuanto a su capacidad portante, lo que ha generado problemas de deterioro prematuro y costos elevados en mantenimiento. Ante esta problemática, se vuelve necesario explorar alternativas técnicas que permitan incrementar las cualidades del material de la subrasante para optimizar la vida operativa del pavimento.

Una opción prometedora es el uso de materiales estabilizadores derivados de residuos agrícolas locales, como la ceniza de tallo de quinua y de tusa de maíz. Estos materiales no solo representan una solución económica y accesible, sino que además contribuyen a la gestión sostenible de desechos agrícolas, minimizando el impacto ambiental. La presente investigación se propone realizar un estudio comparativo sobre el comportamiento de la subrasante cuando se emplean estos dos tipos de ceniza como estabilizadores, evaluando sus efectos en las características del suelo.

El objetivo principal es determinar cuál de estos materiales ofrece mejores resultados para fortalecer la subrasante, asegurando una mayor resistencia y durabilidad del pavimento en la Avenida Jerusalén. Los resultados de este estudio podrán servir como base técnica para la toma de decisiones en proyectos viales futuros, fomentando el uso de



recursos locales y sostenibles en la implementación y conservación de carreteras en Juliaca y otras regiones similares.

El primer capítulo presenta la circunstancia que desencadenó el desarrollo de la investigación, definiendo los propósitos, la fundamentación y las suposiciones, y estableciendo las variables con sus respectivas dimensiones e indicadores. El segundo capítulo recopila los antecedentes significativos que fundamentan la investigación, incluye hallazgos previos para su análisis comparativo, y expone las bases teóricas y definiciones esenciales para comprender el tema abordado. En el tercer capítulo se detalla la metodología utilizada, describiendo los procedimientos y herramientas aplicados para la recopilación y análisis de datos. El cuarto capítulo muestra mediante tablas y gráficos un resumen de los resultados obtenidos, acompañados de un análisis crítico. Finalmente, el estudio concluye con la formulación de conclusiones que responden a cada objetivo planteado y recomendaciones específicas, además de incorporar la bibliografía consultada y anexos que incluyen fotografías y constancias de cumplimiento de calidad.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la Situación Problemática

Desde la antigüedad, con la intención de mejorar la estabilidad y soporte del suelo, se utilizaron numerosos estabilizantes presentes en la naturaleza: cal y puzolanas, por ejemplo. Con el tiempo, a medida que las ciudades se expandían y el transporte se hacía más necesario, se prestó especial atención al desarrollo y la investigación de los pavimentos y sus métodos de construcción, pero se descuidaron los estudios sobre la estabilidad. Sin embargo, a principios del siglo XX, debido a los devastadores acontecimientos de la Primera y la Segunda Guerras Mundiales, hubo una necesidad acuciante de construir carreteras y autopistas. Dada la escasez de materiales adecuados para la ejecución de pavimentos y la optimización de la estabilidad del suelo recobró su importancia. (Andaluz, 2022).

En el contexto peruano, diversas investigaciones han explorado la eficacia de distintos materiales para la optimización de las características del suelo subrasante, entre los que se incluyen ceniza proveniente del tallo de quinua, cal hidratada, ceniza obtenida de la cascarilla y residuos carbonizados del bagazo de caña de azúcar. Estas investigaciones han aportado evidencia significativa sobre el fortalecimiento de las características del suelo cuando se incorporan estos aditivos naturales o industriales. Por



ejemplo, la adición de un 9% de cenizas de quinuas combinada con un 5% de cal ha mostrado provocar modificaciones notables, aunque sutiles, en parámetros clave como el índice de plasticidad en comparativa con las características originales del suelo sin tratamiento. Este proceso de estabilidad de subrasante resulta esencial en la ingeniería vial, fundamentalmente en trabajos de construcción y mejoramiento de carreteras pavimentadas, pues incrementa las capacidades de carga del terreno y optimiza sus propiedades de ingeniería, contribuyendo a la durabilidad y seguridad de las infraestructuras. Así, la aplicación de estos materiales representa una solución amigable con el medio ambiente y eficaz para reforzar la base de las carreteras en el país (Champi L. K., 2022).

En la región de Puno, diversas investigaciones han abordado la estabilidad de la subrasante dirigido a la mejora de las características del terreno para aplicaciones viales. Un caso destacado corresponde a la intervención realizada en la carretera del Lago Sagrado, donde se emplearon materiales como la ceniza derivada del tallo de quinua junto con cal para la estabilización. Los hallazgos de este estudio evidenciaron que la incorporación de estos aditivos contribuyó a fortalecer significativamente las características mecánicas del suelo, reflejándose en un aumento notable del coeficiente de soporte CBR, indicador clave para la capacidad de carga, y en una reducción del contenido óptimo de humedad necesario para su compactación eficiente (Rosales, 2020).

Por otro lado, otro estudio realizado en la misma región se centró en mejorar la estabilidad de suelos predominantemente arcillosos mediante la aplicación de cenizas procedentes de la combustión de madera en hornos tradicionales para la fabricación de ladrillos. Los resultados demostraron que la adición de ceniza de madera produjo una disminución en el índice de plasticidad, lo que indica una mejor manejabilidad y menor susceptibilidad a deformaciones, al tiempo que incrementó la densidad del suelo, optimizando su compactación y resistencia.



En conjunto, estas investigaciones reflejan un esfuerzo constante en la región de Puno por emplear materiales alternativos y locales para optimizar la subrasante, logrando avances significativos en el perfeccionamiento de las características del suelo. Los resultados positivos obtenidos resaltan la viabilidad técnica y económica de estas técnicas, ofreciendo soluciones adaptadas a las condiciones regionales que contribuyen a la solidez y rendimiento de las infraestructuras de transporte.

1.2. Planteamiento del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es la variación de las propiedades de la subrasante con empleo de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tusa de maíz en la avenida Jerusalén de la ciudad de Juliaca?

1.2.2. Problemas Específicos

- a. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas presenta la subrasante de la avenida Jerusalén en la ciudad de Juliaca?
- b. ¿De qué manera varía el índice de plasticidad de la subrasante con la adición de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tusa de maíz en porcentajes variables en la avenida Jerusalén de la ciudad de Juliaca?
- c. ¿De qué manera varía el grado de compactación de la subrasante con la incorporación de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tusa de maíz en porcentajes variables en la avenida Jerusalén de la ciudad de Juliaca?
- d. ¿De qué manera varía el CBR de la subrasante con el empleo de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tusa de maíz en porcentajes variables en la avenida Jerusalén de la ciudad de Juliaca?



1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Comparar y analizar las propiedades de la subrasante con el empleo de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tusa de maíz en la avenida Jerusalén de la ciudad de Juliaca.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a. Analizar propiedades físicas y mecánicas que presenta la subrasante de la avenida Jerusalén en la ciudad de Juliaca.
- b. Evaluar la variación del índice de plasticidad de la subrasante con la adición de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tusa de maíz en porcentajes variables en la avenida Jerusalén.
- c. Evaluar la variación del grado de compactación de la subrasante con la incorporación de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tusa de maíz en porcentajes variables en la avenida Jerusalén.
- d. Evaluar la variación del CBR de la subrasante con el empleo de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tusa de maíz en porcentajes variables en la avenida Jerusalén.

1.4. Justificación de la Investigación

1.4.1. Justificación Técnica

La investigación en curso cobra relevancia técnica al abordar la urgencia de mejorar las cualidades de subrasante, componente fundamental en la estructura de pavimentos, mediante el uso de materiales alternativos como las cenizas de los tallos de quinua y de tusa de maíz. La incorporación de estos residuos agroindustriales en la estabilización del suelo presenta una solución avanzada y viable para optimizar la resistencia y durabilidad de la subrasante, contribuyendo así a la eficiencia y seguridad de la red vial en la Avenida Jerusalén de Juliaca. Este análisis comparativo permitirá identificar cuál de estos



materiales presenta mejores características para su aplicación, facilitando la toma de decisiones técnicas fundamentadas para futuros proyectos de pavimentación en la región.

1.4.2. Justificación ambiental

Desde el punto de vista ambiental, esta investigación es fundamental ya que promueve la reutilización de residuos agrícolas que, de no ser aprovechados, podrían generar problemas de contaminación y degradación del entorno local. Las cenizas provenientes del tallo de quinua y la tusa de maíz, al ser incorporadas en la subrasante, no solo reducen la cantidad de desechos sólidos que se acumulan en la región, sino que también fomentan prácticas sostenibles de manejo de residuos. Este enfoque contribuye a minimizar el impacto ecológico relacionado a la extracción de materiales tradicionales para la mejora de suelos, promoviendo un desarrollo vial más ecológico y consciente del cuidado del medio ambiente.

1.4.3. Justificación Económica

La investigación posee una justificación económica clara, dado que el uso de cenizas agrícolas como estabilizadores de la subrasante puede representar un ahorro significativo en costos de construcción y mantenimiento vial. Al sustituir parcialmente o complementar materiales convencionales con ceniza de tallo de quinua y tusa de maíz, se reducen los costos asociados con la compra y el transporte de materiales tradicionales. Además, al mejorar las propiedades del suelo, se previenen daños prematuros en la estructura del pavimento, lo que reduce los costos de reparación y prolonga la duración esperada de la vía. Esto implica un uso más eficiente de los recursos económicos disponibles para el desarrollo y administración del mantenimiento vial en la localidad.

1.4.4. Justificación Social

Desde la perspectiva social, este estudio aporta al bienestar de la comunidad de Juliaca, ya que mejora la calidad y seguridad de la infraestructura vial, facilitando la



movilidad urbana y contribuyendo al desarrollo económico y social de la zona. Al optimizar el rendimiento de la subrasante mediante materiales locales y accesibles, se promueve la inclusión de recursos agrícolas propios de la región, fortaleciendo la economía local y fomentando la innovación en el uso de productos autóctonos. Asimismo, la reducción del impacto ambiental y económico asociado a la construcción vial repercute positivamente en la calidad de vida de los habitantes, quienes se benefician de vías más duraderas, seguras y sostenibles.

1.5. Hipótesis de la Investigación

1.5.1. Hipótesis General

La modificación de las propiedades del subrasante mediante la incorporación de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tusa de maíz tiene un impacto significativo sobre la composición del suelo en la avenida Jerusalén de Juliaca.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- a.** Las características físicas y mecánicas del subrasante en la avenida Jerusalén de Juliaca presentan deficiencias para su uso previsto, lo que las hace inapropiadas para la construcción.
- b.** Se espera que la adición de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tusa de maíz en diferentes proporciones en el subrasante de la avenida Jerusalén reduzca el índice de plasticidad, mejorando así sus propiedades de comportamiento bajo carga.
- c.** El nivel de compactación del subrasante variará considerablemente al incorporar distintas cantidades de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tusa de maíz, lo que resultará en una mejora significativa en la densidad del suelo en la avenida Jerusalén de Juliaca.



- d. Se anticipa que el índice CBR del subrasante aumentará considerablemente con la adición de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tusa de maíz, lo que mejorará su capacidad portante en la avenida Jerusalén de Juliaca.

1.6. Variables e Indicadores

1.6.1. Variable Independiente

Ceniza de tallo de quinua y Ceniza de tusa de maíz

Dimensiones

Proporciones de adición de Ceniza de tallo de quinua:

- ✓ 4%, 6% y 8% de ceniza de tallo de quinua
- ✓ 4%, 6% y 8% de ceniza de tusa de maíz

1.6.2. Variable Dependiente

Propiedades del Suelo Subrasante

Dimensiones

- Índice de plasticidad
- Grado de compactación
- Capacidad relativa de soporte



1.6.3. Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INST. DE MEDICIÓN
V.I. 1: Ceniza de tallo de quinua	La ceniza de tallo de quinua es el residuo sólido obtenido al quemar los tallos secos de la planta de quinua. Esta ceniza se usa principalmente en la estabilización de suelos, especialmente en subrasantes de carreteras, ya que mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo.	Proporción de adición de ceniza de tallo de quinua	Adición de ceniza de tallo de quinua en 4%, 6% y 8%	Bandejas y herramientas de laboratorio
V.I. 2: Ceniza de tusa de maíz	La ceniza de tusa de maíz es el residuo sólido que se obtiene tras la combustión o calcinación de las "tusas" o brácteas que envuelven la mazorca del maíz. Esta ceniza contiene minerales y óxidos inorgánicos que le confieren propiedades puzolánicas Garzón et al. (2019)	Proporción de adición de ceniza de tusa de maíz	Adición de ceniza de tusa de maíz en 4%, 6% y 8%	
Variable Dependiente Propiedades del Suelo de Subrasante	Corresponde a las características físicas y mecánicas del suelo, tales como su plasticidad, densidad, capacidad de soporte (CBR), humedad óptima, entre otras, que se ven afectadas por la adición de estabilizantes y determinan la calidad y funcionalidad del suelo para servir como base estructural en pavimentos y otras obras civiles Garzón et al. (2019)	Índice de plasticidad Grado de compactación Capacidad relativa de soporte	Plasticidad del suelo Máxima densidad seca del suelo logrado con un óptimo contenido de humedad Capacidad de soporte del suelo	Equipos especializados y herramientas de laboratorio



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Según Hernández (2019), en su investigación titulada “Investigación sobre la influencia de la ceniza de cascarilla de café en la resistencia y soporte de suelos arcillo-limosos en la vereda Liberia, Viotá”, se buscó evaluar el efecto que tiene la incorporación de cenizas de cascarillas de café sobre la resistencia de un suelo con cualidades arcillosas y limosas. La investigación adoptó un enfoque experimental, fundamentado en la ejecución de actividades sistemáticas que incluyeron procedimientos metodológicos y técnicos rigurosos para asegurar la validez de los resultados. Los hallazgos indicaron que al mezclar el suelo natural con cenizas de cascarillas de café en proporciones específicas 04%, 06% y 08% en peso respecto al suelo se produjo una mejora significativa en la resistencia del suelo, medida a través del coeficiente CBR. En particular, el suelo sin tratar presentó un valor inicial de CBR de 1.6%, mientras que el suelo tratado con un 8% de ceniza alcanzó un CBR de 7.3%, representando un aumento del 356% en su capacidad de carga. Esta notable mejora refleja el potencial de las cenizas de cascarillas de café como estabilizante natural para suelos arcillo-limosos, al incrementar sus propiedades y favorecer un comportamiento estructural más resistente y duradero. En conclusión, la investigación



destaca que la aplicación de ceniza de cascarilla de café es una alternativa viable y efectiva para mejorar las características de suelos arcillosos limosos, contribuyendo a su estabilización y a la optimización de su uso en proyectos de infraestructura vial y construcción.

Además, Andaluz (2022), en su estudio denominado "Estudio del efecto de la ceniza de cascara de arroz en las propiedades físico mecánicas en suelos de subrasante", se propuso analizar cómo la incorporación de ceniza de cáscara de arroz afecta las características de suelos usados como en la subrasante. El estudio adoptó un enfoque cuantitativo con un diseño experimental aplicado. Los resultados indicaron que los suelos naturales de estas áreas poseen un contenido de humedad elevado, con valores de 121.51% en Santa Isabel, 170.55% en Fátima y 155.29% en Veracruz, lo que evidencia la presencia de una cantidad considerable de agua en el terreno. Se observó además que al añadir cenizas de cáscaras de arroz en proporciones que varían desde 0% hasta 8%, se produjo un aumento significativo en la capacidad portante, medida mediante el coeficiente CBR. En particular, los valores de CBR incrementaron de 7.900% a 12.21% en Santa Isabel, de 8.59% a 13.19% en Fátima y de 8.39% a 13.49% en Veracruz, demostrando la efectividad del estabilizante para la mejoría de resistencias del suelo de subrasante en distintos sectores del cantón. Sin embargo, al realizar el análisis económico asociado a la estabilidad con cenizas de cáscaras de arroz, se evidenció un incremento del 26.41% en el costo total del tratamiento. Este aumento financiero representa un aspecto a considerar para la implementación práctica de la técnica, ya que se eleva significativamente las características del suelo, también implica un mayor gasto que debe ser evaluado en función del beneficio a largo plazo. En conclusión, la estabilización de suelos de subrasante con cenizas de cáscaras de arroz resulta efectiva para elevar la capacidad de carga del terreno, pero su aplicación debe equilibrarse con un análisis económico riguroso para garantizar su viabilidad y sostenibilidad en proyectos de ingeniería civil.



Finalmente, Mora (2020) en su estudio titulado "Investigación sobre la influencia de polímeros en la mejora de suelos para la construcción de cimentaciones", se planteó como objetivo principal recopilar y analizar investigaciones previas sobre el uso de polímeros en cimentaciones, con el fin de evaluar cualitativamente los resultados obtenidos mediante métodos secundarios y terciarios basados en la información disponible. El estudio adoptó un enfoque cuantitativo con un diseño experimental dentro de un marco aplicado y explicativo. Los hallazgos del estudio revelan que la interacción de los polímeros con el suelo genera una mayor cohesión entre las partículas, facilitando la precipitación de diversos materiales en suspensión. Además, los polímeros ayudan a mantener estable el pH del suelo, mejoran la trabajabilidad durante la mezcla y reducen las pérdidas a lo largo de la gestión y almacenamiento de los productos estabilizantes. Estas propiedades contribuyen a una manipulación más eficiente y un mejor desempeño del suelo estabilizado. Finalmente, el estudio concluye que los polímeros son agentes estabilizantes altamente efectivos para los suelos utilizados en cimentaciones, aportando mejoras significativas en sus propiedades mecánicas y físicas que favorecen la durabilidad y resistencia de estructuras construidas sobre ellos.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Según Pezo (2023), Se llevó a cabo una investigación titulada "Estabilización de Subrasantes Blandos mediante la Adición de Cenizas de Tusa de Maíz en Villa Lagunas, Loreto - 2022, Distrito de Lagunas - 2022," cuyo objetivo principal fue evaluar el impacto de las cenizas de tusa de maíz en la estabilización de subrasantes blandos en la región de Villa Lagunas, ubicada en la zona de Lagunas, Loreto, en el año 2022. El enfoque de la investigación fue eminentemente práctico, buscando generar resultados aplicables y verificables en el terreno. La muestra utilizada en el estudio consistió en 10 artículos científicos relacionados con el tema, 5 testigos que ofrecieron observaciones y 5 grupos experimentales que participaron directamente en las pruebas. Los datos obtenidos a través



de observación directa en el lugar indicaron que la adición de cenizas de tusa de maíz tiene un efecto significativo sobre la estabilidad del subrasante blando en Villa Lagunas. El tratamiento realizado con ceniza de tusa de maíz presentó una densidad máxima seca que mostró resultados estadísticamente relevantes, superando los valores comunes en condiciones normales de subrasantes no tratados. Además, las cenizas de tusa de maíz cumplieron con las propiedades físicas y químicas necesarias para ser utilizadas en la estabilización de subrasantes, conforme a los requisitos establecidos en normativas de ingeniería civil. Las características de plasticidad y el Índice CBR (California Bearing Ratio) se ajustaron a los estándares establecidos, lo que demuestra que la capacidad de soporte del suelo se ha visto considerablemente mejorada mediante el tratamiento. Sin embargo, se observó que la estabilidad del suelo se ve afectada de manera notable por factores como la humedad, la densidad máxima de secado y el índice CBR, el cual presentó valores bajos ($p < 0.50$), confirmando así la hipótesis inicial de la investigación.

Asimismo, Champi y García (2022), El análisis titulado "Estabilización del Subrasante mediante la Incorporación de Ceniza de Paja de Maíz y Cáscara de Maní en la Vía IC-1110171, ICA-2022" tiene como propósito principal evaluar los efectos que producen las cenizas de paja de maíz y cáscara de maní sobre la estabilización del subrasante, utilizando diferentes proporciones relativas al peso del suelo. Se probaron cuatro porcentajes de adición: 11%, 12%, 13% y 14%, y se midió cómo cada uno de estos afectaba las propiedades mecánicas y físicas del material subyacente. La metodología adoptada en el estudio consistió en un enfoque experimental, empleando técnicas de investigación aplicada y un diseño cuantitativo que permitió el análisis y comparación de los resultados. Las muestras de suelo fueron extraídas de un área situada aproximadamente a 5 kilómetros de la ruta IC-1110171, ICA-2022. Se realizaron un total de cinco calicatas y se observó que, entre las que mostraban características físicas semejantes, se encontró que una calicata en particular, con alta plasticidad, presentó incrementos en el índice de plasticidad (IP) de 2.97%, 3.44%, 3.54%, y 4.21%, así como



de 2.68%, 3.06%, 4.11%, y 4.69% en otras muestras. A pesar de las mejoras en algunos parámetros, el dosaje no mostró resultados positivos en la plasticidad de las capas del subsuelo, lo que indicó que no hubo una mejora en la capacidad de compactación ni en la resistencia del suelo al ser mezclado con las cenizas. En cuanto al Módulo de Resiliencia del Suelo (MDS), se observó una reducción en los valores de 6.18%, 6.79%, 7.41%, y 7.85% en las distintas muestras, mientras que en otros casos la disminución fue de 4.62%, 5.29%, 5.73%, y 6.51%. Sin embargo, esta reducción en el MDS no se tradujo en una mejora significativa en las propiedades del suelo, ya que el material no mostró una resistencia mejorada al estrés bajo condiciones de carga. Por otro lado, los ensayos realizados con la prueba de CBR (California Bearing Ratio) y las pruebas de compactación mostraron mejoras claras, con aumentos del 2.45%, 3.67%, 4.49%, y 6.12% en el CBR al 100%, y del 64.52%, 68.82%, 69.89%, y 72.04% en la resistencia al 95% del MDS para el CTM (Tratamiento Mecánico). Para el CCM (Cemento con Mezcla) también se registraron incrementos en el CBR del 4.08%, 5.31%, 6.94%, y 7.76%, mientras que la resistencia al 95% del MDS aumentó de 62.37%, 65.59%, 68.82%, y 69.89%. El dosaje utilizado, en conformidad con las normativas NTP 339.145 y los estándares del MTC para suelos y pavimentos 2014, indicó que el subrasante obtenido se considera satisfactorio, ya que sus características se alinean con los rangos recomendados de $10\% < \%CBR < 20\%$. Este análisis concluye que la incorporación de ceniza de paja de maíz y cáscara de maní mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo, principalmente en cuanto a la resistencia y durabilidad, aunque no se evidenció una mejora notable en el contenido de carbono orgánico (OCH) del material. La investigación determinó que la mejor dosificación es de un 14% de CTM y CCM.

Además, Martínez y Cabrejos (2024), titulado "Alteración de Propiedades del Suelo mediante la Adición de Ceniza de Tusa de Maíz en la Vía El Salado - Angamos, Jamalca, Amazonas, 2023", fue diseñado para evaluar cómo la ceniza de tusa de maíz influye en las propiedades mecánicas y físicas de los suelos subyacentes en una sección de la



carretera El Salado - Angamos, ubicada en la región de Jamalca, Amazonas. Este estudio adoptó un enfoque metodológico cuantitativo, basado en el análisis experimental, lo que permitió obtener datos precisos acerca de los efectos de la adición de ceniza en suelos con características específicas. Para esto, se tomaron seis calicatas de diferentes ubicaciones a lo largo de la vía, cada una representando distintas variaciones en el tipo de suelo presente. Con base en las características físicas de los suelos extraídos, las muestras fueron evaluadas utilizando dos sistemas de clasificación: el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y la Clasificación de AASHTO. La clasificación de los suelos en base al sistema SUCS resultó en la identificación de los suelos como CL (arcilloso con baja plasticidad), SC (arcilloso con plasticidad moderada) y ML (limoso), lo que permitió caracterizar mejor los tipos de suelo que estaban siendo tratados con la ceniza de tusa de maíz. Al mismo tiempo, utilizando la clasificación AASHTO, las calicatas fueron clasificadas según su capacidad para soportar cargas, encontrándose que algunas muestras de suelo correspondían a categorías de alta plasticidad, mientras que otras presentaban una plasticidad más baja. Estos suelos inicialmente mostraban propiedades no deseables para la construcción de carreteras, debido a su baja resistencia estructural y alta plasticidad. Sin embargo, tras la incorporación de ceniza de tusa de maíz, se observó una notable mejora en las propiedades del suelo. Uno de los cambios más significativos fue la reducción del índice de plasticidad (IP), que en un suelo originalmente con un IP de 21.62 (indicando una alta plasticidad), descendió a un valor de 11.52, lo que lo posicionó dentro de la categoría de plasticidad moderada. Esta mejora es clave, ya que la plasticidad del suelo tiene una gran influencia en su comportamiento ante la compactación y la resistencia a las cargas. Un suelo con alta plasticidad tiende a volverse muy débil y expansivo cuando se somete a cambios en la humedad, lo que puede provocar deformaciones no deseadas en las vías. De esta manera, la ceniza de tusa de maíz ayudó a reducir la capacidad del suelo para absorber agua y expandirse, mejorando su estabilidad. Además, en términos de resistencia estructural, el índice de resistencia a la penetración (CBR), un parámetro clave para evaluar la capacidad de un suelo para



soportar cargas, mostró una mejora significativa. El CBR inicial de 2.23%, que indicaba que el suelo no era adecuado para servir de base para una carretera, aumentó hasta alcanzar un valor de 6.38% con la adición de un 6% de ceniza de tusa de maíz. Este cambio permitió que el suelo alcanzara las condiciones necesarias para ser clasificado como un subrasante adecuado para la construcción de carreteras, conforme a los estándares utilizados en ingeniería civil. Este estudio destaca la efectividad de la ceniza de tusa de maíz no solo como un material accesible y económico para la estabilización de suelos, sino también como una opción sostenible que puede mejorar considerablemente la calidad de los materiales utilizados en la construcción de infraestructuras viales. La ceniza actúa como un estabilizador que modifica las características físicas y mecánicas del suelo, transformándolo en un material más resistente y durable. En este caso particular, la adición de ceniza no solo mejoró la plasticidad y la resistencia del suelo, sino que también permitió que el suelo alcanzara los estándares requeridos para su uso en la construcción de carreteras, lo que sugiere que este enfoque puede ser una solución viable para otras regiones con suelos similares. En conclusión, el trabajo de Martínez y Cabrejos proporciona evidencia convincente de que la incorporación de ceniza de tusa de maíz puede ser una solución efectiva para mejorar las propiedades del suelo en áreas donde los suelos naturales no cumplen con los requisitos necesarios para la construcción de infraestructuras viales. Este tipo de investigaciones resalta la importancia de buscar alternativas ecológicas y accesibles para la estabilización de suelos, lo que no solo reduce los costos de construcción, sino que también contribuye al desarrollo sostenible al utilizar residuos agrícolas como recursos valiosos en la ingeniería civil.

Según Almonacid (2019), en su investigación titulada "Estabilización de subrasante mediante cal y ceniza de quinua en suelos del centro poblado Viñas, Tayacaja, Huancavelica" La investigación se fundamentó en un enfoque aplicado, con un análisis riguroso y diseño experimental, centrado en el tramo comprendido entre Mariscal Cáceres y Viñas Progresivas, abarcando los kilómetros 1+250, 1+500 y 1+750. Los hallazgos



obtenidos en la calicata C-2, ubicada en el tramo mencionado, muestran que la muestra de suelo no modificado presentó un coeficiente de soporte CBR de 14.6%, valor que se encuentra dentro de los límites aceptables para este tipo de suelo. Al incorporar un 15% de ceniza de quinua, se registró un incremento del 3.8% respecto a la muestra original, mientras que con un 20% de cenizas, la mejora fue mucho más significativa, alcanzando un incremento del 12.8%. Finalmente, con la adición del 25% de ceniza, el aumento fue más moderado, de un 4.8% en comparativa con el suelo sin estabilizar. La investigación concluye que la aplicación de cal, cenizas de quinuas o la combinatoria de ambas sustancias mejora sustancialmente la capacidad portante de los suelos de subrasante, evidenciada en aumentos del coeficiente CBR superiores al 6%, lo que representa una alternativa efectiva para el fortalecimiento de la base en proyectos viales.

2.1.3. Antecedentes Regionales

Según Montalico (2022) El estudio titulado "Estabilización Sobrewalizer con la Adición de Ceniza de Tusa de Maíz en la Ruta Conduriri - Mazocruz, Puno - 2022" La metodología adoptada se basó en un diseño experimental aplicable, complementado con un análisis explicativo y un enfoque cuantitativo, lo que permitió obtener resultados claros y verificables sobre la efectividad de la ceniza de tusa de maíz para mejorar las propiedades del suelo. La zona de muestreo está ubicada aproximadamente a 4 kilómetros de la subrasante de la ruta Conduriri - Mazocruz, en la región de Puno. La muestra consistió en cuatro calicatas, de las cuales solo una mostró características físicas similares y fue la que permitió observar de manera más clara los efectos de la adición de ceniza. Los resultados obtenidos en la calicata C-1 fueron particularmente positivos. En términos de la plasticidad del suelo (IP) y el contenido de carbono orgánico (OCH), se observó una disminución significativa con las distintas dosis de ceniza. En específico, la reducción del índice de plasticidad fue de 12.99%, 20.37%, 30.25% y 27.58%, mientras que el contenido de carbono orgánico disminuyó en un 5.10%, 10.11%, 11.80% y 8.99%, respectivamente. En cuanto a la compactación del suelo y su resistencia al CBR (California Bearing Ratio),



los resultados también fueron alentadores. Se observó un aumento significativo tanto en el MDS (máxima densidad seca) como en el CBR para los suelos tratados con ceniza de tusa de maíz, especialmente a concentraciones del 8%. Los incrementos fueron de 1.27%, 2.31%, 3.47%, 2.89% en MDS, y de 39.63%, 89.63%, 200%, 181.10% en CBR a 100% MDS. Estos resultados indicaron que la ceniza de tusa de maíz tiene un impacto positivo en la resistencia del suelo y su capacidad para soportar las cargas aplicadas, haciéndolo más adecuado para soportar el tráfico y las condiciones climáticas extremas. Por lo tanto, la dosis óptima que mostró los mejores resultados en términos de propiedades físicas y mecánicas fue el 8% de ceniza de tusa de maíz. Este enfoque resulta particularmente valioso en regiones como Puno, donde los suelos de baja calidad suelen presentar dificultades para ser utilizados en la construcción de carreteras. La adición de ceniza de tusa de maíz no solo mejora las propiedades del suelo, sino que también se presenta como una solución económicamente accesible y ambientalmente amigable.

Además, Escobar (2022), titulado "Estabilización del Subrasante mediante la Incorporación de Cenizas de Tallo de Quinua en la Vía Checca-Mazocruz, Puno-2022", se examina el impacto de añadir ceniza de tallo de quinua para la estabilización de los suelos subyacentes en un tramo de carretera en la región de Puno. Al igual que el estudio anterior, la metodología utilizada fue de diseño experimental, complementado con un enfoque cuantitativo y explicativo. En esta investigación, se analizó una muestra obtenida de una población ubicada a 8 kilómetros de la carretera Checca-Mazocruz. Para la evaluación, se realizaron cuatro calicatas que permitieron obtener muestras representativas del suelo, que fueron sometidas a rigurosas pruebas para determinar las propiedades físicas y mecánicas. Las herramientas y métodos empleados para el análisis incluyeron un análisis granulométrico mediante tamizado, la medición del contenido de humedad, la clasificación del suelo conforme al sistema SUCS (IP) del suelo de un 7% a un 0%, lo que llevó a clasificar el suelo como no plástico. Esta mejora es fundamental, ya que los suelos plásticos presentan un comportamiento inestable, con una tendencia a deformarse considerablemente cuando se exponen a la humedad, lo que no es ideal para la



construcción de bases viales. Al eliminar la plasticidad, se mejora la estabilidad del material, haciéndolo más apto para soportar las cargas de tráfico. Además de la reducción en la plasticidad, se observó una mejora en la densidad máxima seca (MDS), que pasó de 1.778 g/cm^3 a 1.782 g/cm^3 , junto con un incremento en la humedad óptima del 16.20% al 16.90%. Estos cambios en la compactación y en la humedad óptima indican que el suelo tratado con ceniza de quinua no solo es más estable, sino también más adecuado para ser compactado de manera eficiente, lo que es crucial para asegurar una buena resistencia a las cargas aplicadas sobre la carretera. Lo más notable fue el incremento significativo en el CBR, que aumentó del 8.65% al 23.0%, lo que demostró que la ceniza de tallo de quinua mejora considerablemente la capacidad de carga del suelo y, por ende, su resistencia estructural. Los resultados obtenidos indican que la ceniza de tallo de quinua tiene un impacto positivo y directo en las propiedades físicas y mecánicas de los suelos utilizados en la construcción de subrasantes. Este material ofrece una alternativa viable y económica para mejorar las características de los suelos, especialmente en regiones donde los suelos naturales presentan limitaciones para ser utilizados en la construcción de infraestructura vial. Además de los beneficios técnicos, este enfoque contribuye a la sostenibilidad al reutilizar residuos agrícolas y ofrecer una solución respetuosa con el medio ambiente para la estabilización de suelos. En resumen, el estudio de Escobar resalta la efectividad de las cenizas de tallo de quinua como estabilizante de suelos, mejorando no solo la plasticidad y densidad, sino también proporcionando un aumento notable en la capacidad de carga del suelo, lo que hace este enfoque una solución interesante tanto desde el punto de vista técnico como económico para la estabilización de subrasantes en carreteras.

Finalmente, Guia (2021), en su investigación titulada "Mejoramiento de la subrasante mediante la adición de ceniza de quinua en la carretera PE-38B, provincia de Chucuito, Puno", con el objetivo de analizar el impacto que tiene la incorporación de ceniza de quinua en las propiedades del suelo que conforma la subrasante a lo largo del tramo comprendido entre los kilómetros 08+000 y 09+000 de dicha carretera. La investigación se enfocó en evaluar la influencia de distintos porcentajes de ceniza—4%, 6% y 8%—para



mejorar características fundamentales del suelo arcilloso, tales como su plasticidad, capacidad de compactación y resistencia mecánica, con la finalidad de optimizar su rendimiento para uso en la subrasante. La metodología empleada consistió en un diseño cuasiexperimental aplicado, con un enfoque cuantitativo y nivel explicativo. Para la selección de muestras se utilizó un muestreo no probabilístico, tomando en cuenta las condiciones específicas del tramo de estudio. Entre los resultados destacados, el coeficiente CBR del suelo sin tratamiento fue de 16.4%, mientras que, al incorporar ceniza en las proporciones señaladas, se observaron incrementos del 4.8%, 17.0% y 35.3% respectivamente, reflejando una mejora considerable en la capacidad de soporte. En cuanto al (IP), este se mantuvo en rangos de plasticidad media, propios de un suelo arcilloso, sin alteraciones significativas debido a la adición de ceniza.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Ceniza de tallo de quinua

La ceniza de tallo de quinua es el residuo sólido obtenido al quemar los tallos secos de la planta de quinua. En distintos estudios, la ceniza de tallo de quinua se ha utilizado en porcentajes variados (por ejemplo, entre 1% y 16%) logrando mejoras significativas en la estabilidad y ambientalmente favorable para la mejora de subrasantes en construcciones viales. Escobar (2022)

Según Campos et al. (2022) es similar a la de las cenizas vegetales como esta suelen contener principalmente óxidos de calcio, potasio, magnesio, y silicio, que son los componentes responsables de mejorar la estabilidad mecánica del suelo. Por ejemplo, en harinas y otras partes de la quinua, el contenido de ceniza ronda entre 2 a 3% y está compuesto de minerales como calcio, fósforo, hierro y zinc, que podrían también estar presentes en la ceniza del tallo.

De acuerdo con Guia (2021), la quinua es un cereal que se destaca por sus sobresalientes características nutricionales, convirtiéndose en un alimento de alto valor



biológico. Sin embargo, su importancia no se limita únicamente a su aporte nutricional, sino que también posee un gran potencial económico debido al aprovechamiento integral de toda la planta. La quinua no solo se utiliza por sus granos, sino que además los tallo, hojas y cubiertas forman parte de distintos procesos productivos. Por ejemplo, los granos pueden ser transformados en harina y otros derivados alimenticios. En relación con esta investigación, resulta especialmente relevante el uso de la ceniza proveniente de los residuos generados durante el lavado de los granos de quinua, un subproducto que puede ser valorizado para aplicaciones específicas.

Además, es importante mencionar la presencia. Esta sustancia debe ser eliminada antes del consumo, ya que puede resultar tóxica para el ser humano si no se procesa adecuadamente. Tradicionalmente, la saponina ha sido considerada un residuo industrial, pero en la actualidad su uso se ha ampliado a diversas industrias no alimentarias. Por ejemplo, en el sector farmacéutico, la fabricación de cosméticos, la elaboración de detergentes y hasta en la minería, la saponina se emplea como un componente valioso debido a sus propiedades químicas. Esto refleja el potencial de la quinua no solo como alimento, sino también como materia prima para múltiples sectores industriales.

La ceniza de tallo de quinua es una sustancia obtenida a partir de la incineración controlada del tallo de la planta de quinua, un cultivo originario de la región andina, conocido por sus beneficios nutricionales y su capacidad de adaptarse a ambientes adversos. Este proceso de obtención de ceniza se realiza mediante la combustión de los restos de la planta, especialmente los tallos, que no se utilizan para consumo. La quema transforma los tallos en un polvo fino de color gris, rico en diversos minerales y nutrientes como potasio, calcio, magnesio, fósforo, hierro y silicio, los cuales otorgan propiedades beneficiosas para una amplia gama de aplicaciones, especialmente en la mejora del suelo.

La incorporación puede alterar propiedades clave, como la densidad y la resistencia a la deformación, lo que resulta esencial en regiones con suelos de baja calidad, especialmente en áreas con suelos de alta plasticidad o suelos expansivos. Además, su



inclusión reduce la vulnerabilidad del suelo a la deformación provocada por la humedad, lo que mejora la estabilidad general del terreno.

Una ventaja clave de la ceniza de tallo de quinua es su viabilidad económica y accesibilidad, especialmente en áreas agrícolas dedicadas a la producción de quinua. El uso de este subproducto agrícola promueve un método más sostenible al reutilizar los residuos que de otro modo serían incinerados, reduciendo así la contaminación. El empleo de residuos agrícolas no solo mejora la calidad del suelo, sino que también mitiga los impactos ambientales asociados con su disposición. Una opción viable para el desarrollo de infraestructuras viales en regiones rurales o en áreas con acceso limitado a materiales tradicionales de estabilización.

La ceniza derivada de los tallos de quinua mejora la compactación del suelo y su capacidad de carga, lo que permite que los suelos tratados soporten mejor las cargas estructurales, incluidas aquellas de carreteras y otras construcciones. Además, la incorporación de este material. Los estudios experimentales han demostrado que la ceniza de tallo de quinua puede ser tan eficaz como los aditivos convencionales, brindando la ventaja adicional de ser un material natural y ambientalmente sostenible.

Su utilización en la mejora del suelo no solo eleva la calidad de las infraestructuras viales, sino que también fomenta la sostenibilidad al emplear un recurso agrícola que, de otro modo, se consideraría como desecho. La versatilidad, la viabilidad económica y la eficacia de la ceniza de tallo de quinua la convierten en una alternativa significativa y prometedora para el mejoramiento de los proyectos de construcción en diversas regiones.

2.2.4.1 Tallo de quinua

De acuerdo con Escobar (2022), el tallo de la quinua actúa como el enlace que conecta la parte inferior de la planta con la raíz, presentando una forma principalmente cilíndrica que se vuelve angular conforme se ramifica. Este tallo está constituido por una corteza robusta que protege su estructura interna, la cual está conectada a membranas celulares de naturaleza celulósica. En su interior, el tallo posee una médula que, en etapas

tempranas cuando el tallo es joven, es blanda y flexible; sin embargo, a medida que el tallo madura y se seca, esta médula se vuelve esponjosa y eventualmente desaparece.

La composición química del tallo de quinua está esencialmente constituida por lignina y celulosa, dos componentes esenciales que le confieren resistencia y rigidez. En el periodo de floración, los tallos suelen manifestar una amplia gama de colores que varían según el grado de madurez, incluyendo tonalidades purpúreas, rosadas, verdes y amarillas. Cuando la planta alcanza su madurez, los tallos suelen adquirir colores que van del rosado a la crema. La altura del tallo puede variar considerablemente, oscilando entre 0.5 metros hasta más de 3 metros, dependiendo de factores como la variedad genética, la densidad con la que se cultiva, la nutrición que recibe y las condiciones ambientales donde crece. Es común que las variedades cultivadas en los valles sean más altas en comparación con las del Altiplano.

Figura 1

Tallo de Quinua



Estas características físicas y químicas del tallo de quinua lo hacen apto para aplicaciones, aprovechando su fibra natural para producir materiales sostenibles y amigables con el medio ambiente.

2.2.4.2 Cenizas de tallo de quinua



Según Escobar (2022), las cenizas derivadas del tallo de la quinua están compuestas en su mayoría por sílice y alúmina, dos minerales con propiedades químicas y físicas importantes. Estas cenizas, cuando se someten a un proceso de incineración controlada, pueden ser transformadas en materiales puzolánicos o en lo que se conoce como ceniza volante. Esta transformación les confiere propiedades cementantes, lo que significa que pueden actuar como un componente activo en mezclas de cemento, mejorando la resistencia y durabilidad de los materiales donde se incorporan. Por lo tanto, las cenizas obtenidas de los tallos de quinua no solo representan un subproducto agrícola, sino que también tienen un gran potencial para ser reutilizadas en aplicaciones de construcción, especialmente como aditivos en materiales cementicios.

2.2.2. Ceniza de tusa de maíz

Según lo explicado por Ipince (2020), el proceso para obtener la ceniza de tusa de maíz inicia con la cuidadosa selección del lugar de donde se extraerá este residuo agrícola. Posteriormente, el material recolectado es sometido a un proceso de limpieza para eliminar impurezas y preparar la muestra para su análisis. Luego, se realiza una pulverización del material, seguido de un tamizado utilizando una malla número 200, con el fin de obtener partículas de tamaño uniforme. A partir de aquí, se procede a medir los porcentajes correspondientes en función del peso.

El siguiente paso consiste en someter la tusa de maíz a un proceso de calcinación, en el cual la muestra es expuesta a una temperatura de 670°C durante un período aproximado de dos horas, utilizando este valor como referencia estándar. Tras la incineración, la muestra se deja enfriar durante 24 horas dentro de una mufla en el laboratorio de Mecánica de Suelos. Finalmente, se separa una porción de la muestra ya tratada para realizar su análisis en un espectrómetro, permitiendo así determinar su composición y características químicas específicas.

Este cultivo no solo posee una rica tradición histórica vinculada a nuestros antepasados, sino que también cuenta con múltiples usos que van más allá de la



alimentación. Recientemente, se ha identificado que los residuos generados por el maíz presentan características que los hacen una alternativa viable para la producción de combustible, lo que abre nuevas oportunidades para el desarrollo energético de la región. Además, el aprovechamiento de estos residuos como fuente de energía.

Investigaciones recientes, como las mencionadas por Ipince (2020), han revelado que los subproductos derivados del maíz no solo cumplen funciones tradicionales, sino que también poseen propiedades potenciales para ser utilizados como biocombustibles. Este hallazgo ha impulsado la continuación de estudios para descubrir y aprovechar aún más los beneficios que estos residuos pueden ofrecer, con el fin de ampliar su uso y fomentar prácticas más ecológicas y eficientes en la región.

La ceniza de tusa de maíz es un subproducto generado a partir de la quema controlada de la tusa o espiga de maíz, una parte no comestible de la planta que generalmente se descarta tras la cosecha. El maíz, originario de Mesoamérica, es un cultivo clave en la agricultura mundial, con múltiples aplicaciones tanto en la alimentación como en sectores industriales. No obstante, las partes no comestibles de la planta, como las hojas, los tallos y las tusas, a menudo no tienen un valor comercial directo. La tusa de maíz, también conocida como espiga o cob, es la estructura que contiene los granos de maíz y, después de procesar el grano, se obtiene un residuo fibroso y seco. A través de un proceso de incineración o combustión controlada, este residuo se transforma en ceniza, un polvo fino y ligero que posee diversas propiedades químicas y físicas ventajosas para varias aplicaciones.

La ceniza de tusa de maíz contiene numerosos compuestos minerales como potasio, calcio, magnesio, fósforo, silicio, hierro y otros elementos traza, lo que la convierte en un recurso valioso en diversas industrias, especialmente en la mejora de suelos y la construcción. Esta ceniza es apreciada por su alta concentración de sílice, lo que le otorga durabilidad y resistencia al desgaste, características que la hacen adecuada para ser utilizada como componente estabilizante en proyectos de ingeniería civil. Al incorporarla



en suelos de baja calidad, particularmente aquellos que presentan alta flexibilidad o características expansivas.

Una ventaja importante de la ceniza de tusa de maíz es su disponibilidad, ya que proviene de un subproducto agrícola abundante y de bajo costo. En zonas rurales o áreas con una producción significativa de maíz, el aprovechamiento de este subproducto agrícola podría generar beneficios tanto económicos como ambientales. El uso de la tusa de maíz para producir ceniza promueve la gestión sostenible de los residuos agrícolas, reduce los impactos ambientales y ofrece soluciones tanto económicas como ecológicas.

La ceniza de tusa de maíz también se emplea en la producción de productos compuestos y cerámicos debido a su potencial para mejorar la durabilidad y la resistencia al fuego. Esta aplicación es particularmente relevante en sectores que buscan alternativas sostenibles a los materiales tradicionales.

❖ Uso de la tusa del maíz

La tusa de maíz es el residuo fibroso que permanece tras la separación de los granos de la espiga de maíz, constituyendo un subproducto agrícola con un gran potencial de aprovechamiento en diferentes sectores. En el ámbito agrícola, este material se emplea habitualmente para la elaboración de compost o abono orgánico, lo que contribuye a mejorar la calidad y fertilidad del suelo, favoreciendo así prácticas agrícolas más sostenibles y saludables.

Por otro lado, en el sector industrial, tales como pellets o briquetas, debido a su elevado poder calorífico. Esto la convierte en una fuente energética renovable, que además de ser eficiente, ayuda a disminuir la dependencia de combustibles fósiles. Asimismo, como paneles aislantes o ladrillos, aprovechando sus características aislantes térmicas y acústicas, así como su resistencia estructural.

De este modo, la valorización y reutilización de la tusa de maíz no solo permite reducir la acumulación de residuos agrícolas, sino que también impulsa la implementación



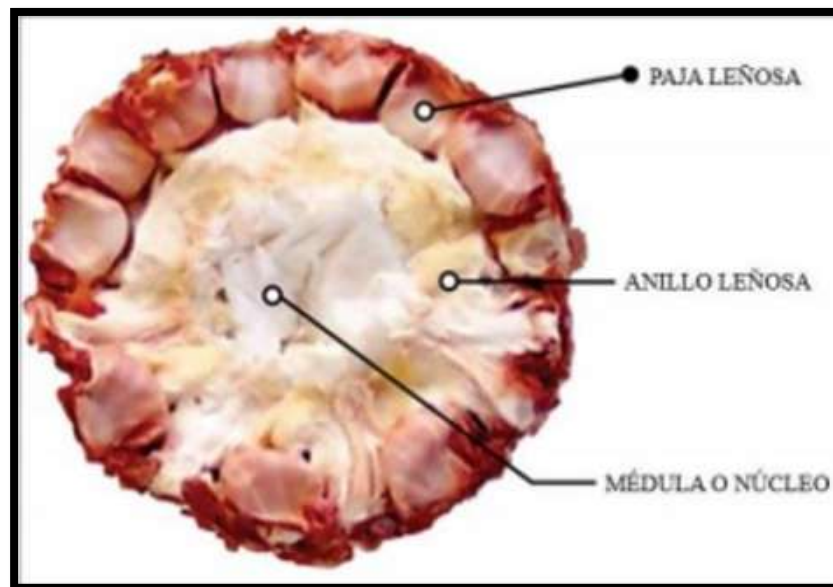
de soluciones sostenibles que contribuyen a la protección del medio ambiente y a la generación de productos con valor agregado en distintos sectores productivos.

❖ Propiedades de la tusa de maíz

Según Rosales (2020), amplia variedad de características físicas y estructurales que la hacen un material único y versátil. Este residuo agrícola se caracteriza por su ligereza y por tener una forma predominantemente cilíndrica, además de ser un material sólido. Su formación se debe principalmente al tejido del esclerénquima, compuesto por células muertas que actúan como soporte estructural para la planta. La apariencia y coloración de la tusa pueden variar significativamente según la variedad específica de maíz de la que provenga.

A nivel microscópico, la superficie de la tusa no es lisa ni uniforme; está constituida por una estructura en capas que le confiere una textura porosa y esponjosa, con la presencia de pequeños orificios distribuidos a lo largo de su cuerpo. En cuanto a su densidad, se ubica aproximadamente en un rango que va desde 170 hasta 295 kilogramos por metro cúbico, lo que refleja su naturaleza liviana y porosa.

El núcleo interno es blando y esponjoso, rodeado por un anillo que contiene tejidos leñosos que le brindan rigidez y resistencia. Finalmente, en su parte externa, presenta una superficie de paja leñosa que protege y da forma a la estructura total. Estas propiedades hacen que la tusa sea un material con múltiples aplicaciones en áreas como la agricultura, la construcción sostenible y la generación de biomasa.

Figura 2*Estructura de la tusa del Maíz*

Nota. Muestra de sección transversal de la tusa de maíz. *Tomada de* (Rosales, 2020).

2.2.3. Estabilización de suelos de subrasante

De acuerdo al manual de carreteras (MTC., 2019), sus componentes constituyentes mediante el empleo de fuerza mecánica y la aplicación de tratamientos químicos, normalmente convencionales o abreviados. Esta sustancia específica se utiliza habitualmente en situaciones de suelos que presentan una subrasante insuficiente o defectuosa. Por otra parte, la aplicación de la estabilización de la subbase o base da lugar a la creación de un componente de mayor calidad denominado base granular tratada, que presenta características mejoradas. Además, los procedimientos de estabilización del suelo proporcionan una integridad estructural mejorada y propiedades de resiliencia duraderas. Los métodos utilizados incorporan una variedad de técnicas, que pueden incluir la reunión por uno o varios materiales y/o agentes estabilizadores.

La estabilización busca optimizar las propiedades inherentes al terreno mediante la incorporación de agentes químicos activos. Este proceso tiene como propósito principal aumentar la capacidad del suelo, mejorar su resistencia a esfuerzos de tracción y elevar el



desempeño general de sus características físicas y mecánicas. Según el (MTC, 2019), esta metodología es esencial para lograr suelos más firmes y duraderos, aptos para soportar cargas pesadas y condiciones adversas.

En la práctica, para promover una adecuada agregación entre las partículas del suelo, se sugiere el uso de arcillas que tienden a dispersarse fácilmente. Sin embargo, cuando las arcillas presentan una elevada resistencia a la compresión, se recomienda añadir aditivos que faciliten la dispersión de las partículas, mejorando así la estructura interna del suelo. Esta intervención química contribuye a incrementar la cohesión, la durabilidad, la resistencia al agua y otras propiedades que fortalecen el material tratado.

Además, es posible emplear suelos con menor resistencia en los estratos inferiores de la forma estructural del pavimento, incluyendo suelos granulares, incluso si presentan un índice California Bearing Ratio (CBR) por debajo del estándar requerido o una estabilidad limitada. Según Rimachi y Sánchez (2019), esta práctica es viable siempre que se implementen técnicas de estabilización química adecuadas que compensen las deficiencias naturales del suelo, garantizando un comportamiento satisfactorio en la estructura del pavimento a largo plazo.

El subrasante es la capa de suelo natural situada debajo de la construcción del pavimento, y su calidad afecta directamente la durabilidad y el rendimiento de la vía. Los suelos naturales de subrasante suelen ser inadecuados debido a su alta flexibilidad, baja resistencia a la compresión o su susceptibilidad a la deformación bajo carga. La estabilización tiene como propósito modificar estas propiedades.

Cenizas, polímeros y otros estabilizantes, los cuales interactúan con los componentes del suelo para mejorar sus características. Cuando se mezclan con el suelo en proporciones adecuadas, estos materiales pueden reducir la plasticidad, mejorar la resistencia a la compresión y aliviar la expansión o contracción del suelo debido a las fluctuaciones en la humedad.



Uno de los métodos más comunes de estabilización del suelo es la incorporación de estabilizantes inorgánicos como la cal o el cemento. La cal interactúa con la fracción arcillosa. Este proceso se conoce como modificación de la plasticidad y es particularmente beneficioso en suelos arcillosos, que suelen mostrar alta plasticidad y baja estabilidad estructural. La cal también favorece la deshidratación del suelo, lo que mejora su resistencia a las fluctuaciones en los niveles de humedad, reduciendo así la expansión o contracción. El cemento se utiliza principalmente en suelos con baja resistencia a la compresión, mejorando capa de subrasante.

En ciertos casos, se ha utilizado con éxito la ceniza obtenida de materiales agrícolas, como la paja de maíz, las cáscaras de maíz o los tallos de quinua, para estabilizar suelos. Estos compuestos, que contienen minerales como sílice, calcio y potasio, pueden modificar las características del suelo reduciendo su plasticidad y aumentando la compactación. Además, al ser subproductos agrícolas, su uso fomenta la sostenibilidad, reduce los residuos y ofrece una alternativa ecológica y económica frente a los aditivos tradicionales. La incorporación de cenizas provenientes de materiales orgánicos también puede mejorar la permeabilidad del suelo, lo que beneficia a aquellos con problemas de drenaje.

Otro enfoque en la estabilización de suelos de subrasante es el uso de moléculas poliméricas a través de un proceso de estabilización química. Los polímeros mejoran la cohesión entre las partículas del suelo, reduciendo su deformabilidad bajo estrés. Estos aditivos son especialmente ventajosos para suelos con una resistencia al corte insuficiente o una alta tendencia a la deformación. Los polímeros crean una especie de "enlace" entre las partículas del suelo, lo que mejora la durabilidad y la estabilidad de la capa de subrasante. Este tipo de estabilización es particularmente útil en proyectos que requieren una resistencia significativa a la deformación a largo plazo y estabilidad, como la construcción de carreteras en zonas con suelos blandos o inestables.

La compactación es un factor clave en la estabilización de los suelos de subrasante. El proceso de compactación aumenta la densidad del suelo, lo que mejora su capacidad



de carga y reduce la deformación bajo estrés. Para ello, se utilizan equipos especializados, como rodillos y compactadores, que aplican presión sobre el suelo, reduciendo los vacíos entre las partículas y mejorando la cohesión interna del material. Una compactación eficiente asegura la estabilidad del suelo bajo el pavimento y el tráfico vehicular, prolongando la durabilidad de la infraestructura.

Además de los métodos convencionales de estabilización, es esencial destacar que la estabilización de los suelos de subrasante requiere un monitoreo continuo del estado del terreno. A través de investigaciones de suelos, análisis de laboratorio y pruebas de campo, los ingenieros pueden evaluar las características del terreno y determinar la efectividad de los métodos de estabilización aplicados. Este monitoreo asegura que el subrasante cumpla con los requisitos de carga, durabilidad y resistencia esperados para la infraestructura, y permite identificar y resolver rápidamente cualquier problema relacionado con la calidad del suelo.

La estabilización de suelos de subrasante es crucial para mantener la integridad y durabilidad de la infraestructura vial. La aplicación de diversas técnicas y materiales de estabilización, como cal, cemento, cenizas agrícolas, polímeros y la mejora de la compactación, facilita la transformación de suelos inadecuados en una base fuerte y confiable.

❖ Tratamiento mecánico de suelos

La estabilización mecánica del suelo consiste en un procedimiento orientado a mejorar las características del terreno mediante la alteración de su distribución granulométrica. Esto se logra mezclando suelos con diferentes tamaños y tipos de partículas, con el propósito de obtener una masa compactada de forma óptima y consistente. Esta técnica se emplea como un método de acción correctiva para limitar la permeabilidad y compresibilidad en suelos usados en estructuras de tierra, garantizando así una mayor estabilidad. Además, lo que contribuye significativamente a reducir tanto los asentamientos diferenciales como los globales en las obras civiles. De acuerdo con el

(MTC, 2019), este enfoque es fundamental las construcciones edificadas sobre suelos naturales.

❖ **Estabilización por combinatoria entre suelos**

La estabilización que se lleva a cabo mediante la combinación de diferentes componentes del suelo implica la mezcla controlada de distintos tipos y clases de materiales, con el fin de potenciar sus propiedades y mejorar su comportamiento mecánico y físico. Antes de proceder a la mezcla, es indispensable realizar estudios detallados que evalúen la calidad de los materiales involucrados para garantizar su idoneidad. Esta técnica puede llevarse a cabo mediante el uso de materiales extraídos de canteras, que son incorporados para complementar o reemplazar parte del suelo original, con el objetivo de obtener una mezcla más adecuada para las exigencias de la construcción. Según la normativa del MTC (2019), esta práctica es una estrategia eficiente para mejorar las cualidades del suelo y su rendimiento operativo en obras viales y de infraestructura.

❖ **Estabilización por sustitución de suelos**

La estabilización del suelo mediante la sustitución consiste en una técnica utilizada para mejorar las condiciones del terreno en áreas donde el suelo original presenta deficiencias significativas. Este método implica reemplazar el suelo problemático con un material estabilizado y mejorado que posea propiedades superiores. El objetivo principal de esta técnica es controlar y mejorar la invariabilidad volumétrica del suelo, aumentando su resistencia mecánica y su módulo de deformación. Además, se busca optimizar la permeabilidad y la durabilidad del terreno, al mismo tiempo que se reduce la sensibilidad del suelo a los cambios de humedad, factores críticos para avalar la integridad y estabilidad de estructuras construidas sobre él. Esta metodología está ampliamente reconocida y respaldada por el (MTC, 2019) como una solución eficaz para mejorar terrenos deficientes.

❖ **Suelos estabilizados con cal**



Según lo planteado por Tacca (2021), este proceso consiste en la incorporación de cal en la composición del suelo para modificar y mejorar sus propiedades. La cal actúa para elevar la concentración del suelo, mejorar su capacidad de soportes y elevar su resistencia a la compresión. Este método es especialmente útil para tratar suelos inestables, ya que la cal puede secar, corregir o estabilizar estas mezclas de tierra que, de otro modo, resultarían inapropiadas para la construcción. A nivel químico, la cal transforma el suelo, convirtiéndolo en un material más homogéneo y resistente, lo que reduce su tendencia original a expandirse o comprimirse bajo diferentes condiciones ambientales. En consecuencia, la estabilización con cal proporcionando seguridad y longevidad de las estructuras que se construyen sobre él.

❖ Suelos estabilizados con cemento

La estabilidad de suelos mediante el uso de cemento es una técnica ampliamente aplicada para mejorar las características del terreno, especialmente cuando se requiere incrementar su capacidad para soportar cargas y asegurar la durabilidad a largo plazo de las estructuras que se edificarán sobre él. Este método consiste en la mezcla del suelo con cemento, lo que permite transformar suelos que originalmente presentan baja resistencia y capacidad portante en materiales significativamente más fuertes y estables, capaces de cumplir con las exigencias técnicas relacionadas con la resistencia y la permanencia en el tiempo.

El empleo del cemento como agente estabilizador ofrece múltiples ventajas, no solo en términos de mejoría de las características del suelo, sino también desde una perspectiva de sostenibilidad. Esto se debe a que esta técnica facilita la incorporación de materiales locales en la construcción de infraestructuras viales, redes de transporte y otros proyectos de ingeniería civil, optimizando recursos y reduciendo costos logísticos. Además, la durabilidad que proporciona el cemento garantiza que las obras construidas sobre estos suelos estabilizados tengan una vida útil prolongada, disminuyendo la necesidad de

reparaciones frecuentes y promoviendo un desarrollo más eficiente y sustentable (Tacca, 2021).

2.2.4. Propiedades de un suelo

Según (Andaluz, 2022), la clasificación de los suelos se basa en sus propiedades mecánicas y comportamientos, organizándolos en distintos grupos y subgrupos que facilitan su identificación y análisis en proyectos de ingeniería. Actualmente, existen principalmente dos métodos ampliamente reconocidos y detallados, que consideran fundamentalmente aspectos (granulometría) y el grado de plasticidad del material.

El primero de estos sistemas corresponde a (AASHTO), ampliamente utilizado en la planificación y construcción de carreteras a nivel estatal y de condados en Estados Unidos. Este sistema se enfoca en evaluar la adecuación del suelo para ser empleado en infraestructuras viales, clasificando los suelos según su comportamiento frente a cargas y condiciones de humedad.

Por otro lado, el segundo sistema es el (SUCS), empleado principalmente por ingenieros geotécnicos en el país norteamericano. Este sistema ofrece una categorización detallada basada en criterios físicos y químicos del suelo, proporcionando una herramienta esencial para el diseño y análisis geotécnico en una variedad de aplicaciones constructivas. Ambos métodos de clasificación son fundamentales para comprender las características del suelo y tomar decisiones informadas en la ingeniería civil y la construcción, adaptándose a diferentes contextos y necesidades según el tipo de obra a desarrollar.

2.2.2.1. Clasificación de Suelos (SUCS)

El (SUCS) fue desarrollado por Casagrande en 1948, inicialmente presentado al Cuerpo de Ingenieros para su aplicación en la construcción de un aeródromo. Posteriormente, en 1952, este sistema fue revisado y perfeccionado, y hoy en día es ampliamente utilizado por ingenieros geotécnicos. Su estandarización se encuentra

reflejada en la norma ASTM D-2487, convirtiéndose en un referente fundamental para el reconocimiento y clasificatoria de suelos en proyectos de ingeniería civil (Andaluz, 2022).

Este método clasifica los suelos en dos grandes categorías primordiales, basadas en la granulometría:

- ✚ Se considera suelo de grano grueso aquellos que en su composición física sus partículas contienen del 50% de sus partículas pasando por el tamiz número 200, es decir, predominan partículas más grandes.
- ✚ Por otro lado, se define como suelo de grano fino aquel en el que al menos el 50% de las partículas.

Para facilitar la identificación y comunicación, el SUCS utiliza un sistema de codificación mediante letras. La primera letra corresponde a la inicial en inglés del tipo principal de suelo, por otro lado, la segunda letra cumple una función calificativa que describe características adicionales específicas del material, permitiendo una clasificación precisa y detallada que ayuda en la toma de decisiones para el diseño y construcción de infraestructuras.

Tabla 2

Ordenación de suelos conforme a SUCS

Tipos de suelos	Prefijos
Grava	G
Arena	S
Limos	M
Arcilla	C
Orgánicos	O
Turba	Pt

Nota. Tomado de Garzón (2019).

2.2.2.2. Sistema AASHTO

Según (Andaluz, 2022), el sistema AASHTO, fue desarrollado en 1929 como una herramienta para clasificar los suelos en función de sus características y su aptitud para



uso en infraestructura vial. La ejecución de este método depende de la aplicación de varios ensayos, incluyendo la granulometría, límites y la plasticidad, para determinar las características fundamentales del suelo.

El sistema categoriza los suelos, que reflejan las diferencias en composición y comportamiento. Los materiales cuyo 35.00% o menos de sus partículas pasan por la apertura No200 se consideran suelos granulares y se ubican dentro de los grupos A-1, A-2 y A-3. Por otra parte, los suelos en los que más del 35% de las partículas atraviesan este tamiz corresponden a suelos finos, tales como arcillas y limos, y son clasificados dentro de los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

Este sistema se ha consolidado como un estándar en la ingeniería civil de proyectos de construcción vial, permitiendo un análisis detallado que guía la toma de decisiones para garantizar la estabilidad y durabilidad de las obras.

2.2.2.3. Contenido de Humedad

De acuerdo con Márquez (2019), son factores fundamentales que ejercen una influencia decisiva sobre la resistencia y estabilidad del terreno, constituyéndose en propiedades esenciales para evaluar el comportamiento del suelo en obras civiles. Comprender y controlar estos parámetros resulta indispensable para garantizar la adecuada compactación y desempeño del material.

Es especialmente importante comparar con el valor óptimo establecido mediante el ensayo Proctor. Cuando la humedad natural del suelo es inferior al nivel óptimo, las técnicas de compactación estándar suelen ser suficientes para alcanzar las condiciones deseadas. Sin embargo, en casos donde el contenido de humedad excede este límite, se requiere incrementar la energía aplicada durante la compactación para compensar el exceso de agua y asegurar la estabilidad estructural del suelo.

Este control riguroso del contenido de humedad permite optimizar el proceso de preparación del terreno, minimizando riesgos asociados a deformaciones y garantizando la durabilidad y seguridad de las construcciones.

2.2.2.4. Análisis Granulométrico

En el campo de la ingeniería civil, la clasificación de suelos se basa fundamentalmente en el análisis granulométrico, una técnica ampliamente aceptada y utilizada en la edificación de diversas infraestructuras como carreteras, aeropuertos, presas, diques y terraplenes (Duque & Escobar, 2002). Este análisis es esencial para caracterizar el tamaño y distribución de las partículas que componen un suelo, lo cual influye directamente en su comportamiento mecánico y capacidad de soporte.

El procedimiento del análisis granulométrico consiste en la separación y clasificación de las partículas del suelo según su tamaño, utilizando un conjunto de tamices o mallas con aberturas calibradas que permiten segmentar el material en diferentes fracciones. Este proceso puede realizarse manualmente o mediante equipos mecánicos que agilizan la separación, garantizando un adecuado fraccionamiento de los agregados presentes.

Una vez separadas las partículas, se pesan las fracciones retenidas en cada tamiz para obtener datos cuantitativos sobre la distribución del tamaño. Con esta información, se calculan parámetros importantes como los indicadores de uniformidad y curvatura granulométrica, que ofrecen una visión precisa sobre la granulometría del suelo. Además, se construye la curva de gradación, que representa gráficamente la distributiva porcentual de las partículas por tamaño, siendo un instrumento clave para el análisis y diseño de obras civiles (Duque & Escobar, 2002).

Figura 3

Tamices



Nota. Se muestra los tamices para realizar el ensayo de granulometría de los agregados.

2.2.2.5. Índice de Plasticidad

Según (MTC M. , 2019), es una medida que expresa la gama de niveles de contenido de agua en el que un suelo exhibe un comportamiento plástico. Esta métrica es fundamental para la clasificación adecuada de los suelos, ya que refleja su capacidad para deformarse sin fracturarse. Un valor elevado del IP indica que el suelo contiene una proporción considerable de material arcilloso, lo que le confiere una mayor plasticidad y maleabilidad. Por el contrario, un IP bajo señala que el suelo tiene una cantidad reducida de arcilla, lo que se traduce en un comportamiento menos plástico y más granular.

2.2.2.6. Máxima Densidad Seca

Un suelo se realiza a través de procedimientos de laboratorio específicos, entre los cuales destacan los ensayos del cono y el de arena introducida. Estos métodos permiten medir con precisión la masa inicial del suelo para calcular su densidad máxima en estado seco. Esta información resulta fundamental para evaluar las propiedades del suelo, ya afecta su capacidad de soporte en proyectos de ingeniería civil, tales como la edificación de cimientos y rutas de transporte y otras estructuras.

La obtención de densidad seca es clave para diseñar procesos de compactación efectivos, que garanticen la estabilidad y durabilidad del terreno, evitando problemas como asentamientos o fallas estructurales a largo plazo.

2.2.2.7. CBR

El ensayo conocido como CBR (California Bearing Ratio), tiene como propósito fundamental clasificar los suelos en función de su resistencia, con el fin de determinar si un material es adecuado en estructuras viales. Para llevar a cabo esta prueba, se emplean muestras de suelo cuyos tamaños de partículas no superan un diámetro máximo de $\frac{3}{4}$ de pulgada, garantizando así la representatividad del material en condiciones similares a las del terreno real.

Esta prueba es proceso de diseño de pavimentos y en la planificación de proyectos relacionados con infraestructura vial, debido a que ofrece una evaluación precisa de la resistencia potencial del suelo. Este parámetro es esencial para garantizar que la estructura resultante sea estable y duradera a lo largo del tiempo. Asimismo, el índice CBR brinda información crítica sobre la habilidad del suelo para soportar deformaciones y expansiones provocadas por las cargas que recibe durante su uso. Estos factores tienen un impacto directo y significativo en el comportamiento mecánico, lo que hace que este ensayo sea indispensable para prever la calidad y la eficiencia de las construcciones viales desde la etapa inicial del proyecto.

En la tabla 5 se presenta una clasificación detallada de los suelos basada en los valores obtenidos en el ensayo CBR, facilitando la selección adecuada de materiales para diferentes capas dentro del diseño vial y asegurando la calidad y seguridad de las obras (Márquez, 2019).

Tabla 3*Clasificación de subrasantes en función del CBR*

Categorías de Subrasantes	CBR
S ₀ : Inadecuada	$CBR < 3.0\%$
S ₁ : Pobre	$3.0\% \leq CBR < 6.0\%$
S ₂ : Regular	$6.0\% \leq CBR < 10.0\%$
S ₃ : Buenas	$10.0\% \leq CBR < 20.0\%$
S ₄ : Muy Buena	$20.0\% \leq CBR < 30.0\%$
S ₅ : Excelentes	$CBR \geq 30.0\%$

Nota. Tomado de MTC (2019).

2.2.5. Pavimentos

Según el MTC (2019), el pavimento se define como la capa superior o base que forma el espacio superficial de la estructura construida por el ser humano o de un terreno modificado artificialmente. En el ámbito de la ingeniería, El pavimento se considera un componente principal y bastante fundamental del firme en las vías de tránsito. Esta capa está compuesta por uno o varios materiales seleccionados y colocados de forma planificada sobre el terreno natural o nivelado para mejorar sus características.

El propósito esencial del pavimento es aumentar la capacidad del suelo de soporte de cargas y facilitar el desplazamiento seguro y eficiente de personas y vehículos. Los pavimentos pueden estar constituidos por diferentes materiales, incluyendo piedra, madera, asfalto, hormigón, entre otros, dependiendo de las condiciones y requerimientos específicos de cada proyecto vial. Además, deben ser diseñados para resistir el peso y las fuerzas aplicadas por el tránsito vehicular, soportar las condiciones climáticas adversas, mantener una textura superficial adecuada para la velocidad del tráfico prevista, y minimizar. Finalmente, es indispensable que los pavimentos sean duraderos, económicos y contribuyan a garantizar la seguridad vial en el largo plazo.

2.2.1.1. Estructura de un pavimento flexible

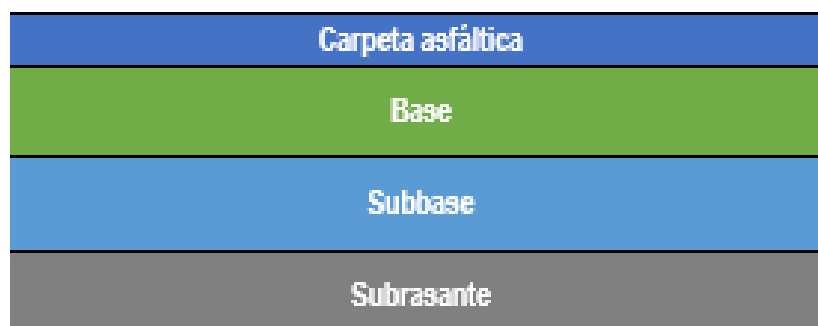
Según (Zarate, 2020), un pavimento flexible estándar está integrado por una serie de niveles o capas cuidadosamente diseñadas para absorber y distribuir de manera eficiente las cargas generadas por el tráfico vehicular. De acuerdo con de Costa Rica (UCR), este tipo de pavimento clásico incluye varias capas, cada una con una función específica en la estructura.

En ciertos casos, los pavimentos flexibles incorporan una base abierta destinada al drenaje interno, la cual facilita la evacuación del agua que se infiltra, previniendo la acumulación que podría afectar la integridad del pavimento. Esta capa permite que el líquido se desplace hacia el exterior, mejorando la durabilidad del firme y reduciendo el riesgo de daños por humedad.

Por lo general, la base, la subbase y la subrasante. La inclusión o exclusión de cada una de estas capas dependerá del estado particular de la subrasante y de las exigencias específicas de cada proyecto vial, considerando variables como la clase de suelo y el régimen climático y las cargas esperadas.

Figura 4

Estructura de pavimentos flexibles



Nota. Sacado de Arivilca (2022, pág. 18).

2.2.1.2. Subrasante

Actúa como soporte fundamental sobre la que se desarrolla la construcción toda la estructuración del pavimento o del afirmado en proyectos de infraestructura vial. Esta capa es de vital importancia ya que debe proporcionar una base de sustentación adecuada y uniforme que permita distribuir las cargas del tránsito vehicular hacia el suelo natural de manera eficiente, evitando deformaciones o asentamientos que puedan causar deterioro en la integridad de la vía.

El acondicionamiento del terreno subrasante incluye procesos relacionados con el movimiento de tierras, tales como la nivelación, compactación y mejoramiento del terreno para especificadas en el diseño. Estos procedimientos buscan asegurar que la subrasante tenga una capacidad portante suficiente, además de ofrecer estabilidad ante la influencia de factores externos como la humedad o la erosión.

Asimismo, el comportamiento y calidad de la subrasante influyen directamente en la durabilidad y desempeño de las capas superiores del pavimento, por lo que su correcta preparación y control son esenciales para garantizar la seguridad y funcionalidad del sistema vial en el largo plazo (Quispe & Tarifa, 2022).

Figura 5

Subrasante



Nota. Tranciedad.com

El (MTC, 2019) establece que la subrasante corresponde a la capa del suelo que actúa como base fundamental y soporte principal para toda la estructura del pavimento. Esta capa desempeña un papel crucial, ya que su función principal es proporcionar estabilidad y transferir de manera efectiva las cargas que se aplican sobre el pavimento hacia el terreno subyacente. Para cumplir con este propósito, la subrasante debe cumplir con ciertas características específicas: se debe asegurar la ausencia de componentes orgánicos, restos o sustancias inestables que puedan complicar su integridad y debe alcanzar niveles óptimos de compactación para asegurar su resistencia y durabilidad.

Además, es indispensable propiedades del material que conforma esta capa. Entre las pruebas más importantes se encuentran la medición del módulo resistente, el módulo de Poisson, las cuales permiten determinar la aptitud del terreno para soportar las cargas y mantener la estabilidad estructural del pavimento.

De acuerdo con Almonacid (2019), para caracterizar estas propiedades se realizan indagaciones de campo que incluyen la apertura de pozos exploratorios o calicatas se establece conforme a las directrices del Manual de Carreteras, ubicándose longitudinalmente a lo largo de la vía y de manera intercalada dentro de la franja que abarca el ancho completo de la calzada. La distribución busca garantizar una representación adecuada del suelo en todo el ancho de la vía, manteniendo distancias proporcionales que



permitan un diagnóstico preciso y, en caso necesario, adoptar medidas correctivas para mejorar la condición de la subrasante.

2.3. Marco Conceptual

- a. **CBR.** – Es un parámetro fundamental que mide la capacidad del suelo para soportar cargas bajo condiciones de compactación específicas. Se emplea ampliamente en ingeniería civil para evaluar la resistencia y aptitud de diferentes tipos de suelos, especialmente en la construcción de terraplenes, capas de pavimentos y subrasantes. Este índice sirve como referencia para diseñar estructuras viales y clasificar suelos según su desempeño mecánico.
- b. **Ceniza de tallo de quinua.** – La ceniza derivada de la combustión de los tallos de las plantas de quinuas es un subproducto, calcio, magnesio y fósforo. Este residuo puede ser utilizado como enmienda orgánica. Además, debido a sus propiedades nutricionales y bioactivas, esta ceniza ha encontrado aplicaciones en la industria alimentaria y farmacéutica, contribuyendo a la elaboración de productos con beneficios funcionales.
- c. **Ceniza de tusa de maíz.** – La ceniza que resulta de la quema de la cáscara del maíz, conocida, es un material residual que puede ser incorporado como aditivo en mezclas de concreto. Su inclusión mejora propiedades como la resistencia mecánica y la durabilidad del concreto, a la vez que favorece la gestión sostenible de residuos agrícolas al darles un uso constructivo que contribuye a la reducción del impacto ambiental.
- d. **Índice plástico.** – Es una medida que expresa la capacidad de un suelo para conservar su estado plástico, es decir, su maleabilidad y deformabilidad, dentro de un rango específico de humedad. Representa la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico del suelo y es crucial para entender cómo el suelo se comportará ante cambios en su contenido hídrico durante la construcción y operación de obras civiles.



- e. **Límites de consistencia.** –Son tres puntos críticos que describen las distintas fases de comportamiento de un suelo fino según su humedad: el límite líquido, que indica el paso de estado.
- f. **Proctor modificado.** –Este procedimiento es esencial para determinar el Nivel de compactación necesario en materiales destinados a formar capas estructurales en pavimentos, sirviendo también como criterio para el control de calidad durante la ejecución de obras viales.
- g. **Subrasante.** – La subrasante es la capa natural de suelo situada directamente bajo las capas de base y rodadura en una estructura de pavimento. Su calidad y características mecánicas son determinantes para el desempeño global del pavimento, pues debe soportar las cargas transmitidas y mantener la estabilidad a lo largo del tiempo. La correcta identificación y preparación de la subrasante es crucial para asegurar la durabilidad y funcionalidad de la vía.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología seguida en esta investigación describe de manera detallada el conjunto de procedimientos organizados y sistemáticos que se llevaron a cabo para el desarrollo de la investigación. Este enfoque metodológico abarca desde la recolección de información mediante distintas técnicas adecuadas para el contexto del estudio, hasta el análisis riguroso de los datos logrados, con el fin de extraer conclusiones fundamentadas y relevantes que permitan abordar de forma efectiva el tema investigado. El propósito central de este capítulo consiste en presentar un esquema estructurado y comprensible de todo el proceso investigativo, asegurando que cada etapa esté alineada con los objetivos planteados y que los resultados logrados sean precisos, confiables y puedan sustentar las recomendaciones y conclusiones del estudio.

3.1. Enfoque de la Investigación

Según Guevara *et al.* (2020), la metodología empleada en un estudio abarca de manera integral todas las fases que conforman el proceso de estudio. Esto incluye desde la selección y definición clara del tema a investigar, la formulación precisa del problema que se pretende abordar, hasta la elección de la estrategia metodológica más adecuada para alcanzar los objetivos planteados. Además, comprende la planificación y ejecución de



actividades relacionadas con la recolección, el procesamiento, el análisis detallado y la interpretación de los datos obtenidos, asegurando así que el estudio sea riguroso y coherente en cada una de sus fases. Este enfoque integral permite que la investigación se desarrolle de forma sistemática, garantizando que cada paso aporte información valiosa y confiable que contribuya a resolver el problema de estudio de manera efectiva y sustentada.

La investigación realizada es de un enfoque **cuantitativo**, por el hecho de que se utilizaron datos numéricos, La expresión "enfoque del estudio" aborda las especificaciones del estudio e incorpora todo el proceso. Esta metodología incluye la definición del tema, la descripción del asunto investigativo, la elección de la estrategia de investigación, así como la adquisición, análisis y comprensión de los datos.

3.2. Tipo de la Investigación

De acuerdo con Yuni y Urbano (2021), la investigación aplicada se define como un enfoque investigativo que se concentra en el estudio profundo y detallado de un tema específico, sin que su objetivo inicial sea la inmediata aplicación práctica de los resultados. Sin embargo, este tipo de investigación reconoce y valora el potencial que sus hallazgos y avances científicos pueden tener para generar productos innovadores o soluciones útiles que impacten de manera significativa en diversos campos del conocimiento y la tecnología.

La presente investigación, es de tipo **aplicada**, por lo que las muestras tienden a tener procedimientos prácticos, ensayos realizados en el laboratorio y un previo análisis de los resultados que se obtuvieron, aplicando los hallazgos obtenidos en la previa investigación.

3.3. Nivel de la Investigación

Según Guevara *et al.* (2020), el nivel de investigación se refiere al grado o alcance del estudio que se realiza dentro de un área específica del conocimiento. Este nivel está



determinado por el objetivo de establecer, confirmar o rechazar hipótesis formuladas durante el proceso investigativo, y por la comparación sistemática entre dichas hipótesis. Además, el nivel de investigación está vinculado al ámbito particular de estudio y a los materiales o datos que se emplean para llevar a cabo la investigación, abarcando así desde estudios exploratorios hasta aquellos con mayor profundidad analítica y explicativa.

Para la presente investigación realizada, tenemos un nivel **explicativo**, teniendo en cuenta que la ceniza de tallo de quinua y la ceniza de tusa de maíz son modificadas intencionalmente (variables independientes) con el propósito de ser adicionadas al suelo, el objetivo es investigar los efectos que esto tiene sobre las propiedades del material que constituye la subrasante de la carretera investigada.

3.4. Diseño de la Investigación

De acuerdo con Yuni y Urbano (2021), el término "diseño" en el contexto investigativo se refiere a una etapa continua y planificada en la cual se establecen y controlan de manera rigurosa los sistemas, métodos y procedimientos que se emplearán a lo largo del desarrollo del estudio. Este proceso implica una supervisión constante para asegurar que cada fase de la investigación esté alineada con los objetivos planteados, garantizando así que los resultados obtenidos sean válidos, precisos y acordes a las expectativas iniciales.

Para la presente investigación realizada se empleó el diseño **experimental**, que se suministran como integraciones del material a combinar con el suelo de subrasante, se presentan los resultados de este experimento.

3.5. Método de la Investigación

Según Balcells (2018), Estos métodos constituyen un marco estructurado y sistemático que guía el proceso investigativo desde el planteamiento del problema hasta la obtención de conclusiones.

En el desarrollo del estudio, se adoptará el método **científico**, que facilita un análisis riguroso, ordenado y empírico de proposiciones hipotéticas relacionadas con posibles interacciones entre diferentes fenómenos.

3.6. Población y Muestra

3.6.1. Población

Según (Pino, 2018), También es esencial prestar atención al hecho de que se hace referencia a cada componente de la muestra como una entidad. Este término no suele referirse a personas reales, sino que también puede referirse a otras cosas o determinados periodos históricos.

La población de estudio fueron los 2 kmtrs de la carretera de trocha de la avenida Jerusalén de la ciudad de Juliaca.

3.6.2. Muestra

Según (Pino, 2018), la cual se ejecuta la investigación. Esta muestra debe ser representativa de la población de estudio y debe permitir obtener conclusiones válidas y confiables sobre la misma. La muestra seleccionada en una tesis debe ser cuidadosamente planificada y justificada, y su tamaño y características deben estar en consonancia con los fines de la investigación. La muestra en una tesis puede ser seleccionada de manera aleatoria, estratificada, por conveniencia, entre otras técnicas de muestreo.

Para la investigación actual, la muestra corresponde a la vía trocha de la avenida Jerusalén que consta de 2 kilómetros de la ciudad de Juliaca.

Tabla 4*Conteo de muestras probadas*

Descripciones	IP	Proctor Modificado	CBR	Sub total
SN	4	4	4	12
SN + 4%CTQ	3	3	3	9
SN + 6%CTQ	3	3	3	9
SN + 8%CTQ	3	3	3	9
SN + 4%CTM	3	3	3	9
SN + 6%CTM	3	3	3	9
SN + 8%CTM	3	3	3	9
			Total	66

La cantidad de muestras reflejada en la tabla corresponde directamente al número de calicatas que se ejecutaron durante el desarrollo del estudio. Cada una de estas calicatas sirvió como punto de muestreo específico, permitiendo obtener datos representativos y detallados del área investigada. Por lo tanto, el total de muestras presentadas es un reflejo fiel del alcance y la cobertura del trabajo de campo realizado para la recolección de información en esta investigación.

Cabe destacar que los niveles de incorporación de la ceniza proveniente del tallo de quinua y de la ceniza de tusa de maíz fueron determinados tomando como referencia el (OCH) promedio, el cual fue establecido a partir de los resultados obtenidos en la prueba de Proctor modificada. Esta prueba permitió identificar la humedad ideal para la compactación eficiente de las mezclas, asegurando que las proporciones de ceniza añadidas al suelo se ajustaran a las condiciones más adecuadas para maximizar la densidad y resistencia del material estabilizado.

Tabla 5

Promedio del peso de muestra húmeda y su grado de humedad

Detalle	P. Húmedo (gr)	OCH (%)	Cont. Agua (ml)
SN	3946	8.37%	317.31

La información presentada en la tabla revela que una muestra que pesa 3946 gramos alcanza su contenido óptimo de humedad al contener un 8.37% de agua, lo que equivale a un volumen aproximado de 317.31 mililitros de líquido. Este porcentaje representa la cuantía ideal de humedad para lograr una compactación eficiente del material, garantizando así su máxima densidad y resistencia bajo las condiciones especificadas.

3.7. Técnicas e Instrumentos

3.7.1. Técnicas

De acuerdo con Guía (2021), la técnica principal empleada en este proyecto de investigación fue la observación, considerada como uno de los métodos más fiables para acercarse a la realidad y obtener conocimientos precisos. En línea con esto, Niño (2011) destaca que la observación permite comprender el entorno cotidiano, identificar posibles riesgos y encontrar soluciones adecuadas a las necesidades que se presentan.

Para llevar a cabo esta investigación, el observador utilizó diversos métodos y procedimientos para recolectar datos de manera sistemática y rigurosa, los cuales se detallan a continuación:

- **Observación Directa:** se aplicó un enfoque observacional con el propósito de identificar. Este método incluyó la cuantificación y medición de múltiples variables relevantes, permitiendo obtener datos objetivos y detallados.
- **Técnica de Análisis de Información:** una vez recopilados los datos tanto en campo como en laboratorio, se aplicaron técnicas de síntesis y análisis que facilitaron la organización, comparación y evaluación de la información para extraer conclusiones significativas y coherentes.



- **Análisis e Interpretación de Resultados:** esta etapa consistió en un examen exhaustivo de la información recopilada, con el fin de interpretar los hallazgos de manera crítica y fundamentada, orientando así las acciones y recomendaciones derivadas del estudio.

3.7.2. Instrumentos

Según Guía (2021), para evaluar cada una de las variables involucradas en la investigación se utilizarán distintos instrumentos que incluyen ensayos de laboratorio rigurosos. Estos instrumentos están diseñados para proporcionar datos confiables y precisos, los cuales son fundamentales para analizar el comportamiento de la ceniza de quinua y de tusa de maíz cuando se emplean como estabilizantes en la subrasante de la carretera. La aplicación de estos métodos permitirá obtener una comprensión detallada, asegurando la validez y relevancia de los resultados obtenidos.

- Fichas de control
- Formatos de análisis en laboratorio

3.8. Validación y Confiabilidad de los Instrumentos

3.8.1. Validación de los Instrumentos

De acuerdo con Guía (2021), la validación del presente proyecto de investigación se llevará a cabo mediante la evaluación experta de profesionales especializados en el sector de Ingenierías. durante la ejecución de los ensayos de laboratorio a un riguroso examen por parte de dichos especialistas, quienes evaluarán la pertinencia, precisión y adecuación de cada herramienta. La validación formal se formalizará con la firma de los expertos, lo cual otorgará un respaldo sólido y confiable a los instrumentos seleccionados, asegurando así la calidad y validez de los datos que se obtendrán en la investigación.

3.8.2. Confiabilidad de los Instrumentos

De acuerdo con lo señalado por Guía (2021), la fiabilidad de los instrumentos utilizados en el presente estudio se garantiza a través de la certificación otorgada al

laboratorio encargado de realizar los ensayos, la cual contempla un proceso exhaustivo de calibración de todos los equipos involucrados. Este procedimiento de calibración es indispensable, reduciendo al mínimo cualquier tipo de error o desviación. Gracias a estas medidas, se puede confiar plenamente en que los datos recolectados durante las pruebas son sólidos y uniformes, lo que a su vez proporciona una base confiable y robusta para el desarrollo del análisis y la formulación de las conclusiones dentro de la investigación.

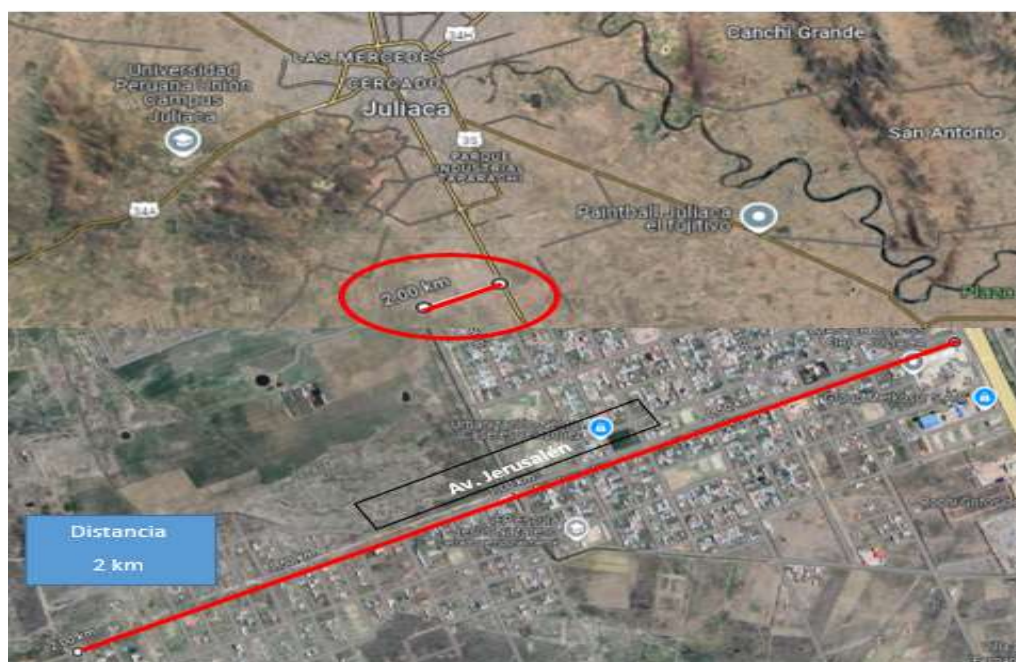
3.9. Procedimientos de Recolección de Datos

3.9.1. Zona de estudio

El área objeto de estudio comprende un tramo de 2 kilómetros situado a lo largo de la avenida Jerusalén. En este sector se efectuaron cuatro calicatas, distribuidas de manera uniforme a intervalos de 500 metros. De cada una de estas excavaciones se extrajeron muestras representativas del suelo, las cuales fueron empleadas para llevar a cabo los ensayos correspondientes que permitieron analizar las propiedades y características del terreno en el contexto de la investigación.

Figura 6

Zona de estudio



3.9.2. Selección de Calicatas

Se establece que para vías con un volumen de tráfico reducido es necesario realizar al menos una calicata, seleccionada de manera estratégica por el investigador para obtener una representación adecuada del terreno. En total, se realizaron cuatro calicatas distribuidas según lo señalado, tal como se detalla en el punto 3.6.2. de este documento, con el objetivo de garantizar la precisión y confiabilidad de las muestras para el desarrollo de los ensayos.

Figura 7

Distribución en sentido longitudinal de las calicatas

C-1	C-2	C-3	C-4
Km 0 + 500	Km 1 + 000	Km 1 + 500	Km 2 + 000

Tabla 6

Detalles de calicatas realizadas

Calicatas	Km	Márgenes
1	0+500	Derecha
2	1+000	Izquierda
3	1+500	Derecha
4	2+000	Izquierda

Siguiendo las ubicaciones previamente definidas. Esta acción permitió obtener materiales adecuados para su análisis y caracterización, asegurando que los datos recolectados reflejaran fielmente las condiciones reales del terreno en los distintos puntos seleccionados.

3.9.3. Toma de Muestras de Material

3.9.3.1. Suelo de subrasante

El suelo de subrasante se extrajo de las calicatas previamente definidas y ubicadas, mismos que se realizaron con la ayuda de herramientas manuales, verificándose las capas

que componen los suelos del Jr. Jerusalén, haciéndose calicatas de 0.80 m. x 1.00 m. y con una profundidad de 1.50 m., de donde se extrajeron muestras representativas de material, mismos que fueron altamente plásticos, arcillosos y de cohesión alta.

Con el propósito de preservar la humedad natural contenida en las muestras durante el procedimiento de selección de una muestra representativa, se procedió a almacenar cada muestra en bolsas completamente selladas y herméticas. Esta medida preventiva fue implementada para evitar cualquier alteración en el contenido de humedad original, asegurando que las muestras permanecieran intactas y no sufrieran pérdidas de agua que pudieran afectar la precisión y confiabilidad de los análisis posteriores. Reflejen fielmente las condiciones reales del material evaluado.

Equipos y/o herramientas:

- Pico y pala
- Bolsa hermética
- Marcadores de progresivas

3.9.3.2. Ceniza de tallo de quinua

La ceniza de tallo de quinua se obtuvo mediante la combustión de los tallos secos de la planta de quinua, que es altamente inflamable. El proceso consistió en recoger el tallo seco tras la cosecha y luego se quemó de manera controlada, generalmente de forma natural con fuego directo, para obtener la ceniza. Posteriormente la ceniza se tamiza para obtener un tamaño fino, la ceniza empleada fue pasante la malla N° 04, adecuada para su uso en la mezcla con el suelo.

En particular, la ceniza de tallo de quinua contiene fósforo (P), que es uno de los elementos clave para mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo. Además, junto con otros minerales presentes, la adición de la ceniza contribuye a aumentar la densidad seca del suelo y su capacidad de soporte (CBR), así como a reducir la plasticidad del suelo arcilloso. (Ramos, 2025)

3.9.3.3. Ceniza de tusa de maíz

La ceniza de tusa de maíz se consiguió a partir del residuo seco que queda después de despojar la mazorca de maíz de los granos. Este residuo seco, conocido como tusa o penca, se quemó de manera controlada, al aire libre y en recipientes especiales (bandejas) para obtener la ceniza. Luego, la ceniza resultante se muele y tamiza para obtener un polvo fino, la ceniza de tusa empleada fue pasante la malla N° 04.

El proceso general:

- Recolectar la tusa seca después de la cosecha y desgranado del maíz.
- Secar bien la tusa para eliminar humedad.
- Quemar la tusa de forma controlada, en patios u hornos abiertos, hasta que se convierta en ceniza.
- Moler la ceniza y pasarla por tamices de clasificación fina, para obtener un polvo fino listo para su aplicación en la mezcla con el suelo.

La ceniza de tusa de maíz contiene principalmente elementos químicos, estos elementos forman parte de su composición química y son los que influyen en la mejora de las propiedades de suelos de subrasante. El carbono es el componente mayoritario (alrededor del 44%), seguido por oxígeno (47%), hidrógeno (7%) y nitrógeno (0.7%) Quispe (2021).

3.9.4. Ensayos de Laboratorio

A continuación, se detallan las diversas pruebas de laboratorio que se llevaron a cabo utilizando las diferentes mezclas de polímeros acrílicos junto con las muestras obtenidas durante la fase de muestreo. Estas evaluaciones fueron diseñadas para analizar y comprender el comportamiento y las propiedades de las combinaciones experimentales, con el fin de obtener datos precisos y confiables que permitan interpretar adecuadamente los efectos de los polímeros en las muestras estudiadas. Este conjunto de ensayos es fundamental para validar los resultados y sustentar las conclusiones derivadas del estudio.

a. **Humedad.**siguiendo los procedimientos establecidos en las normas ASTM D2216 y MTC.E108.

El procedimiento inicia con la selección cuidadosa de una muestra que sea representativa del conjunto total de materiales a evaluar.

Con una tolerancia de más o menos 5°, durante un tiempo suficiente para garantizar la evaporación completa del agua contenida. Una vez transcurrido este periodo, la muestra se retira del horno y se deja enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente, evitando así errores en la medición debidos a cambios térmicos.

Finalmente, se pesa nuevamente la muestra seca, y los datos obtenidos son registrados minuciosamente para su análisis posterior. Esta información permite calcular el porcentaje de humedad contenido en la muestra original, valor clave para evaluar la idoneidad del material en procesos constructivos y de compactación.

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

b. **Límites.** Después de establecer los límites líquido y plástico del suelo. Esta evaluación se realiza conforme a los estándares estipulados en las normas ASTM D4318, MTC.E111 y MTC.E110.

El procedimiento comienza con la preparación de la muestra, dándole una forma inicial elipsoidal, que posteriormente se moldea manualmente mediante un proceso de laminado hasta obtener un cilindro delgado. Se debe manipular cuidadosamente para garantizar que el cilindro mantenga su integridad durante el proceso.

Se verifica si el cilindro mantiene su forma sin colapsar cuando se reduce su diámetro hasta 3.2 milímetros. Si el cilindro no se colapsa en esta medida, se repite el proceso, afinando el diámetro, hasta que se alcance el punto donde la muestra comienza a desintegrarse o colapsar, lo cual indica el límite plástico del material.

Luego, la muestra fragmentada se recoge cuidadosamente y se transfiere a recipientes de vidrio u otros contenedores apropiados para facilitar su pesado y análisis

posterior. Es importante contar con una cantidad mínima de muestra de aproximadamente seis gramos para asegurar la precisión en los resultados.

Finalmente, se realiza una medición de humedad presente en la muestra para calcular con exactitud los límites de consistencia, lo cual es indispensable para comprender las propiedades físicas del suelo y su respuesta ante variaciones en el contenido de agua.

Figura 8

Determinación del límite plástico en muestras con acabado liso



$$LP = \frac{W_W}{W_S} \times 100$$

Procedimientos LL:

El procedimiento para medir el límite líquido inicia con la colocación cuidadosa de la muestra en una bandeja plana, preferentemente de losa, donde se mezcla con una cantidad específica de agua destilada, que oscila entre 0.015 y 0.020 litros. Este proceso de incorporación de humedad se realiza de manera gradual y controlada para asegurar una distribución uniforme del agua dentro de la muestra.

Una vez que la mezcla ha sido homogeneizada, se transfiere cuidadosamente una porción de ella hacia la copa del aparato de Casagrande o similar, asegurándose de que la mezcla repose adecuadamente sobre la base para un correcto análisis. Seguidamente, la mezcla es comprimida y nivelada empleando una espátula para obtener una superficie uniforme y lisa.

El paso siguiente consiste en continuar, lo cual es crucial para garantizar la precisión del ensayo. Finalmente, se distribuye la mezcla sobre la copa de bronce, aplicando golpes controlados con la ranuradora a lo largo de toda la superficie diametral del espécimen, lo que permitirá evaluar el proceder del suelo bajo situaciones específicas de humedad y determinar con exactitud su límite líquido.

Figura 9

Evaluación del límite líquido usando muestra en cuchara de Casagrande



A continuación, se procede a accionar la palanca, invirtiendo su posición para elevar y hacer que el recipiente se adhiera, de modo que se alcance una frecuencia aproximada de dos golpes por segundo. Este movimiento permite que dos fracciones de la mezcla de suelo entren en contacto dentro del espacio ubicado en la base del aparato.

Paralelamente, se extrae una muestra de suelo directamente del punto de contacto en la región central. Esta muestra se deposita con precisión en un recipiente calibrado para pesarla correctamente. Luego, la muestra es sometida a operaciones de secado en estufa para eliminar la humedad y permitir así una posterior caracterización exacta del suelo.

Figura 10

Pesaje previo al proceso de secado en horno de las muestras



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

Índice de plasticidad:

$$IP = LL - LP$$

c. Análisis granulométrico. Evaluando qué proporción del material logra atravesar una serie de tamices con aberturas específicas. Esta prueba está regulada por las normas ASTM.D422 y MTC.E107, y es fundamental para clasificar los suelos y comprender sus propiedades físicas.

Para suelos con partículas gruesas, se selecciona una cantidad mayor de material, mientras que para suelos finos se utiliza un volumen menor, garantizando así resultados precisos y representativos.

Seguidamente, se determina el peso exacto de la muestra seleccionada, la cual es colocada sobre el tamiz superior del conjunto. El proceso de tamizado se realiza manualmente, moviendo los tamices en movimientos controlados y coordinados, primero de lado a lado y luego siguiendo trayectorias circulares. Esta técnica asegura que las partículas se desplacen continuamente a través de las mallas, facilitando la separación y clasificación según su tamaño.

Figura 11

Determinación la distribución de tamaños en subrasante



d. Prueba de Proctor. Esta prueba, regulada por las normas ASTM D-1557 y MTC E-115, es crucial para establecer los parámetros adecuados de compactación en obras de ingeniería civil y construcción de pavimentos.

Posteriormente, esta muestra se somete a un tamizado riguroso, eliminando cualquier partícula que supere el tamaño del tamiz número 4, para garantizar uniformidad en el material a compactar.

Luego, se mezcla el suelo con cantidades variables de agua, incrementando gradualmente el contenido hídrico en cada muestra para identificar el punto de humedad óptimo. El material se coloca en un molde Proctor, que se pesa junto con la placa base para medir con exactitud la masa involucrada en el ensayo.

La muestra se divide en cinco capas aproximadamente iguales, y durante el proceso de compactación se emplean moldes con collares o extensiones que evitan la pérdida de material. Cada capa recibe un total de 56 golpes, aplicados desde una altura de 0.45 metros, para simular las condiciones de compactación en campo.



Al completar la compactación, se retira el collar y la muestra que sobresale del molde se nivela utilizando una regla para asegurar una superficie uniforme. La tierra compactada junto con el molde es pesada, y los datos resultantes se registran meticulosamente.

Finalmente, se extraen dos muestras representativas, de alrededor de 100gr recipientes específicos para su pesaje y luego se someten a un proceso de secado en horno. Los resultados obtenidos, tras el secado, son cuidadosamente documentados para su análisis y comparación, permitiendo así determinar la DMS y la CHO para la compactación del suelo.

e. CBR. El propósito fundamental del ensayo de CBR es cuantificar la capacidad relativa de soporte.

El proceso comienza con la selección de una muestra representativa de suelo, cuyo peso debe estar cercano a los 5.5 kilogramos, asegurando que se encuentre en estado seco para garantizar la precisión del ensayo. Seguidamente, la muestra es sometida a un tamizado mediante una serie de mallas que incluyen tamaños de $\frac{3}{4}$ de pulgada, $\frac{3}{8}$ de pulgada y malla número 4. Las partículas que permanecen en el tamiz de $\frac{3}{4}$ de pulgada son descartadas y reemplazadas con una cantidad equivalente de material que pasó a través del tamiz número 4, para lograr una granulometría adecuada al ensayo.

Los datos obtenidos en ensayos Proctor previos, tales como el grado óptimo específico, regulando la humedad para alcanzar el contenido óptimo mediante la aplicación de golpes en cada capa: 12, 25 y 56 golpes respectivamente, según el espesor y número de capas.

Posteriormente, el molde se aparta de la placa base y se retira el disco esparcidor, invirtiendo el molde para volver a montarlo en la base mientras se registra el peso para asegurar la integridad del espécimen.

Se coloca entonces una placa perforada, junto con un vástago y un anillo de sobrecarga que simulan la presión ejercida por los estratos superiores del suelo, con un



peso mínimo de 10 libras. Antes de sumergir la muestra en agua, se pesa nuevamente el conjunto para obtener una referencia exacta y se inicia la medición inicial del hinchamiento mediante un trípode colocado alrededor del molde, alineando cuidadosamente el eje del dial conectado a la placa perforada. Los datos de hinchamiento se registran con precisión en esta etapa.

El molde que contiene la muestra compactada se sumerge completamente en agua durante un periodo estimado de 96 horas (cuatro días), asegurándose que el agua cubra por completo tanto la parte inferior como la superior del molde.

Midiendo la expansión que ha sufrido la muestra en términos del aumento en su altura. Luego, se retira el molde del tanque y se deja drenar durante quince minutos, manteniendo en su lugar la placa perforada y el anillo de sobrecarga para evitar movimientos o deformaciones.

Después del drenaje, se extraen cuidadosamente el anillo y la placa, y se pesa nuevamente el molde con la muestra saturada para determinar su masa. Inmediatamente, se procede a realizar las pruebas de penetración sobre la muestra, asegurando que los intervalos entre el pesaje y la inserción en el equipo de penetración sean mínimos para evitar variaciones en las condiciones del espécimen.

Se reinstalan los recubrimientos necesarios y se posiciona el pistón de penetración, aplicando una fuerza inicial de 44Newtons. Se calibra en cero los diales de carga y deformación antes de iniciar la prueba. La penetración se realiza a una velocidad constante de 0.05pulg*minuto, con un cronómetro para controlar el tiempo, y se registran cuidadosamente las cargas obtenidas, prestando especial atención a los puntos de penetración de 0.1 y 0.2 pulgadas.

Al concluir el ensayo, se desmontan los moldes del equipo CBR y se extrae la muestra cerca de la zona de penetración para su evaluación final. Para concluir, se registra el peso de la muestra y se determina su contenido de humedad para completar el análisis.

Figura 12

Análisis del CBR en suelos de subrasante



3.10. Procesamiento y Análisis de la Información

Para la presentación clara y ordenada de los resultados obtenidos, se emplearán tablas que faciliten la visualización de los datos. Posteriormente, estos resultados serán sometidos a análisis utilizando programas informáticos especializados en cálculos y en la generación de gráficos, lo que permitirá una comprensión más profunda y una interpretación más precisa de la información recopilada. Este enfoque garantiza que los procesos de análisis sean confiables y efectivos, facilitando así la extracción de conclusiones fundamentadas.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se analizan los efectos derivados de la inclusión de ceniza de tallo de quinua en proporciones del 4%, 6% y 8% sobre dichas propiedades del suelo. Finalmente, se describe la mezcla óptima resultante de la combinación entre el suelo natural y las dosificaciones de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tusa de maíz, identificando así la fórmula que genera las mejoras más significativas en las características del material.

Este análisis detallado constituye el núcleo central de la investigación, ya que refleja de manera directa el proporciona la base para las conclusiones y recomendaciones posteriores.

4.1. Resultados Obtenidos

4.1.1. *Propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la avenida Jerusalén*

4.1.1.1. Humedad

Tabla 7

Humedad de las muestras de suelo de subrasante de cada calicata

Humedades	
Muestra	Humedad (%)
C.01	21.99
C.02	21.71
C.03	23.31
C.04	19.92
Promedio	21.73

Se muestra el valor promedio del contenido de humedad expresado en porcentaje, correspondiente a las muestras recolectadas en el lote de ensayo. Se presentan los resultados individuales de cuatro especímenes, cuyos valores oscilan entre 19.92% y 23.31%. El promedio calculado de humedad para todas las muestras evaluadas es de 21.73%.

4.1.1.2. Granulometría

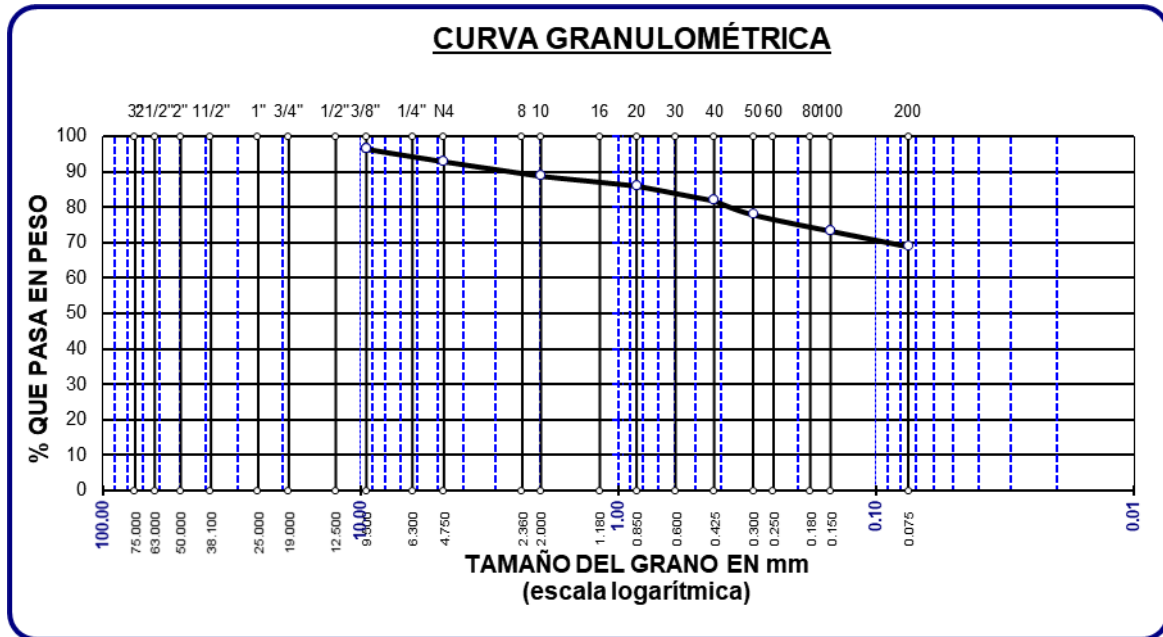
Tabla 8

Análisis de partículas y porcentajes de cada fracción de las muestras de calicata

Tamices	Granulometría – Suelos de Subrasantes			
	% pasantes			
	Calic.1	Calic.2	Calic.3	Calic.4
1/2"	-	-	-	-
3/8"	96.49	95.95	96.59	96.05
N° 4	92.96	92.13	93.33	92.56
N° 10	88.87	88.64	89.08	88.83
N° 20	86.13	84.03	85.04	84.49
N° 40	81.92	80.09	81.22	80.01
N° 50	77.99	76.35	76.81	76.16
N° 100	73.39	72.13	72.88	72.15
N° 200	69.02	68.04	68.58	68.25

Figura 13

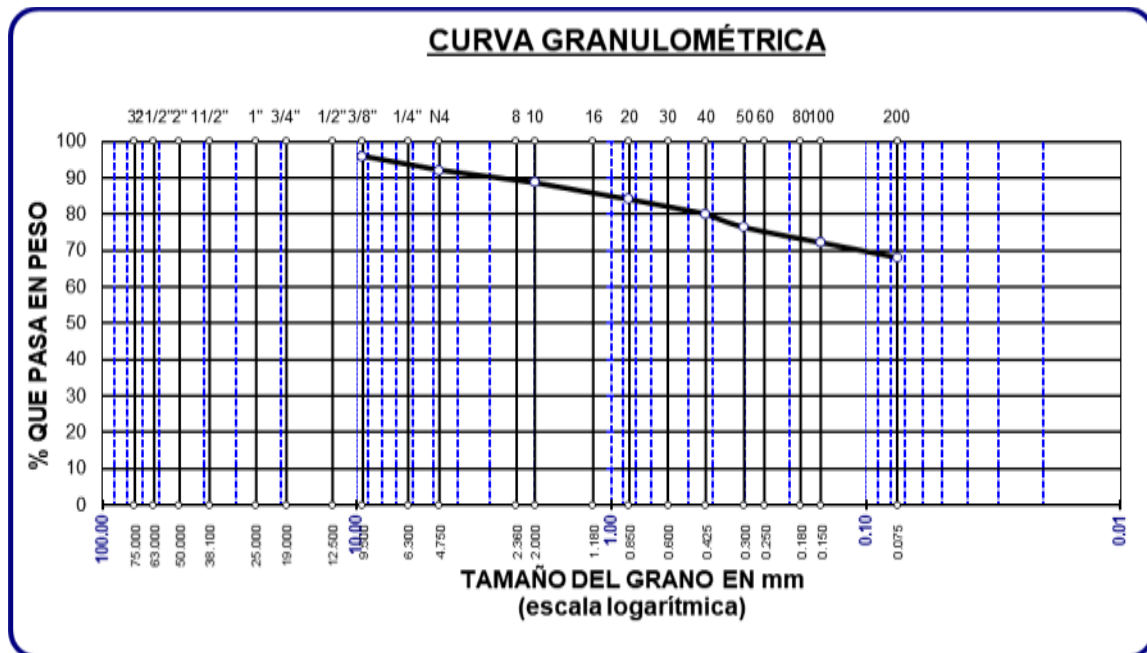
Gradación granulométrica del ejemplar procedente de la calicata 01.



La figura expresa la distribución de tamaños granulométricos de la M1

Figura 14

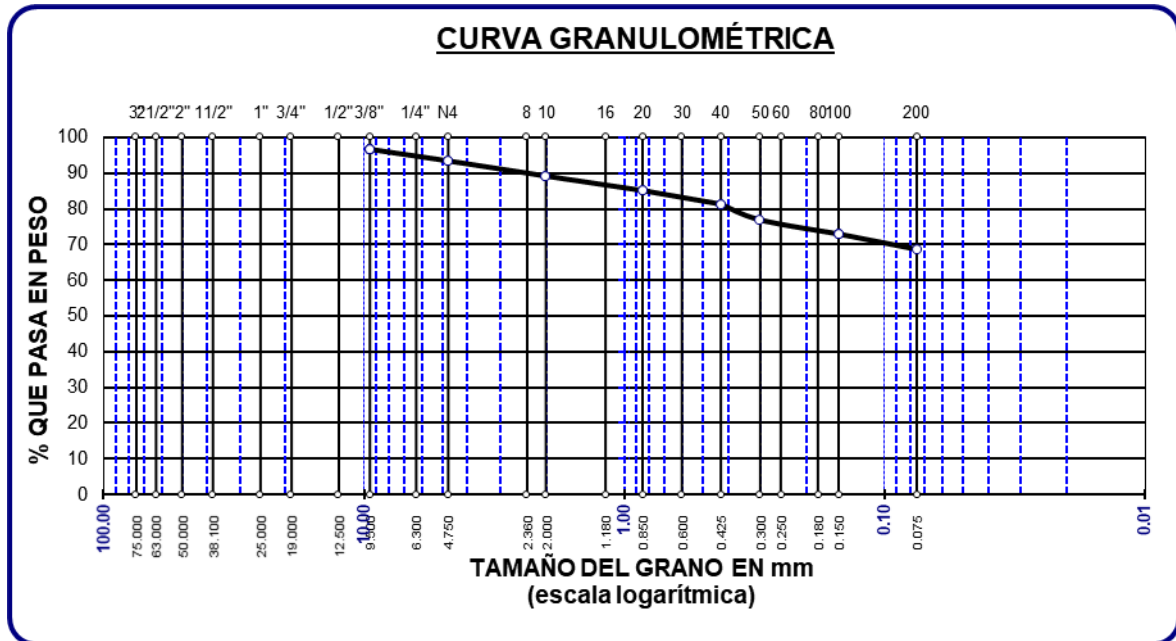
Gradación granulométrica del ejemplar procedente de la calicata 02.



La figura expresa la distribución de tamaños granulométricos de la M2

Figura 15

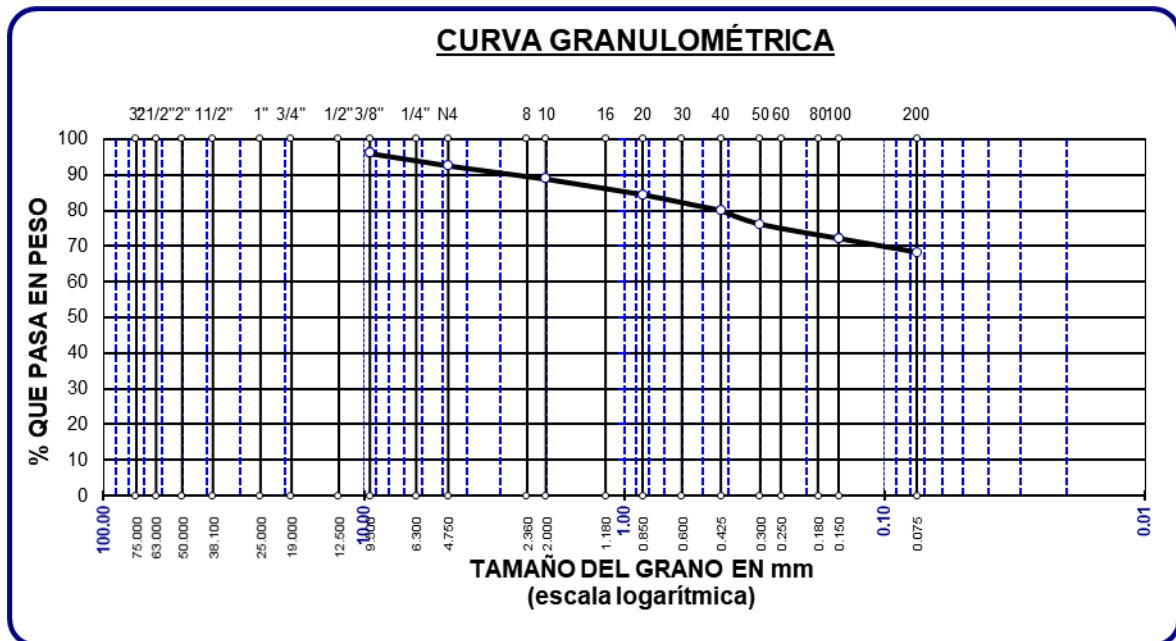
Gradación granulométrica del ejemplar procedente de la calicata 03.



La figura expresa la distribución de tamaños granulométricos de la M3

Figura 16

Gradación granulométrica del ejemplar procedente de la calicata 04.



La figura expresa la distribución de tamaños granulométricos de la M4

4.1.1.3. Índice de Plasticidad

Tabla 9

Valores presentes de plasticidad en suelos naturales de subrasante

Detalle	Límites – Suelo de Subrasante		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
C-.1	29.14	14.01	15.13
C-.2	27.65	12.66	14.99
C-.3	29.66	14.21	15.45
C-.4	28.46	13.12	15.35
Promedio	-	-	15.23

Se muestra los valores de los límites de Atterberg para diferentes muestras de suelos naturales usados como subrasante, detallando el (LL), (LP) e (IP) en porcentaje. Los resultados individuales para las muestras varían en un rango cercano, con un promedio general para el índice plástico de 15.23%.

4.1.1.4. Nivel de compactación

Tabla 10

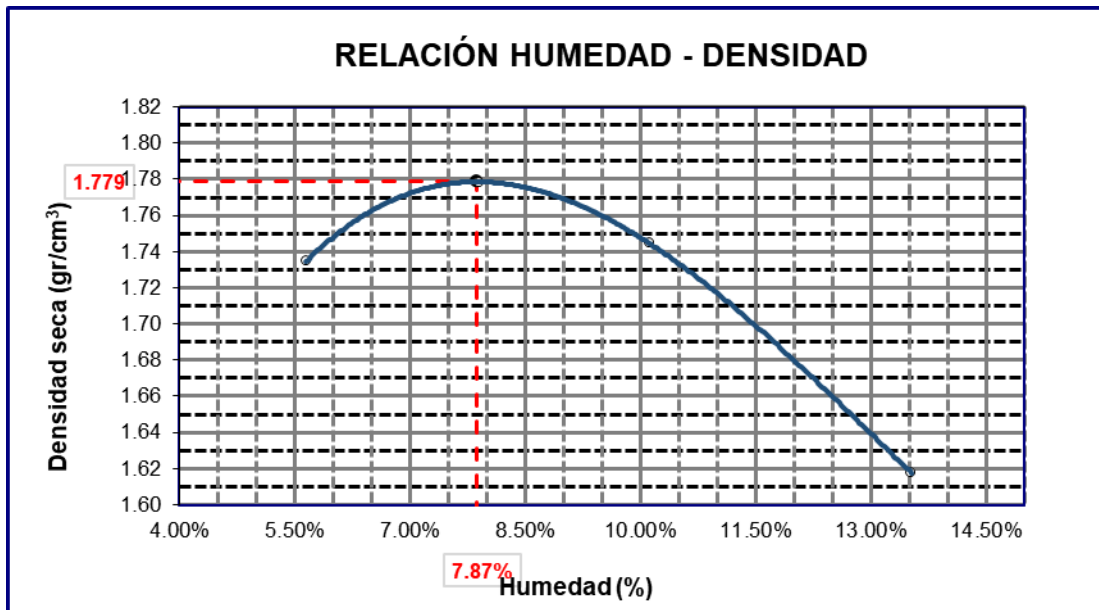
Grados de compactación alcanzados en suelos naturales de subrasante

Detalle	Nivel de compactación – Suelos de Subrasante	
	MDS (gr/cc)	OCH (%)
C-°1	1.779	7.87%
C-°2	1.756	9.04%
C-°3	1.775	7.94%
C-°4	1.754	8.63%
Promedio	1.766 gr/cc	8.37%

Se expone los valores promedio del (MDS) y el (OCH) correspondientes a las muestras de suelo de subrasante analizadas. El valor medio del MDS obtenido es de 1.766 gramos por centímetro cúbico, mientras que el promedio del OCH es de 8.37%, reflejando las condiciones ideales para la compactación del suelo evaluado.

Figura 17

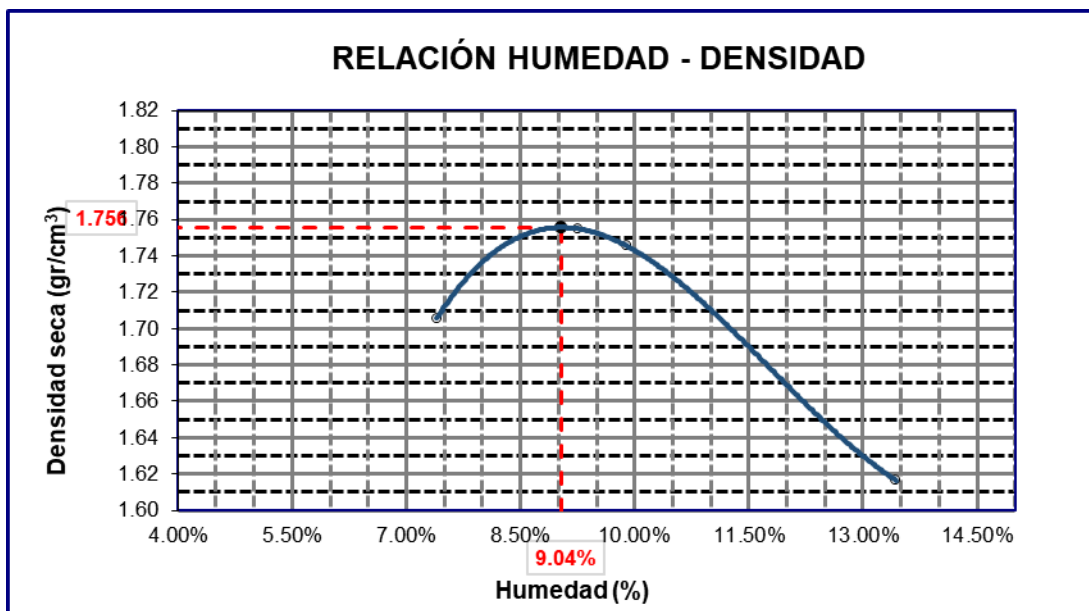
Registros máximos de compactación para la muestra 1 de C-1



El gráfico muestra la correlación de densidad.

Figura 18

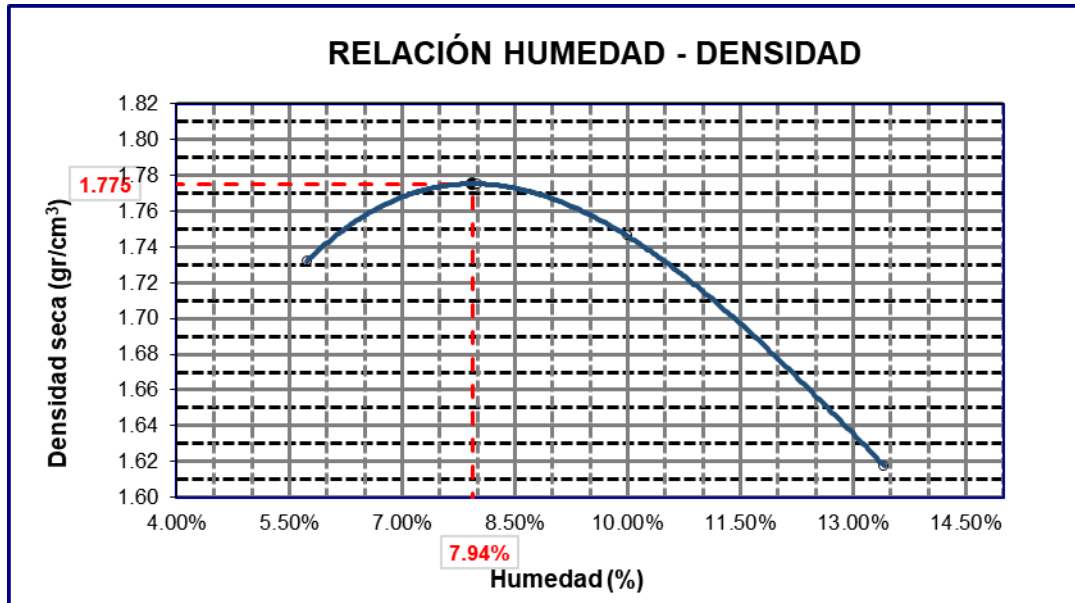
Registros máximos de compactación para la muestra 2 de C-2



El gráfico muestra la correlación entre la humedad y la densidad de la calicata 1, donde la MDS es de 1,756 gr/cc y el OCH es de 9.04%.

Figura 19

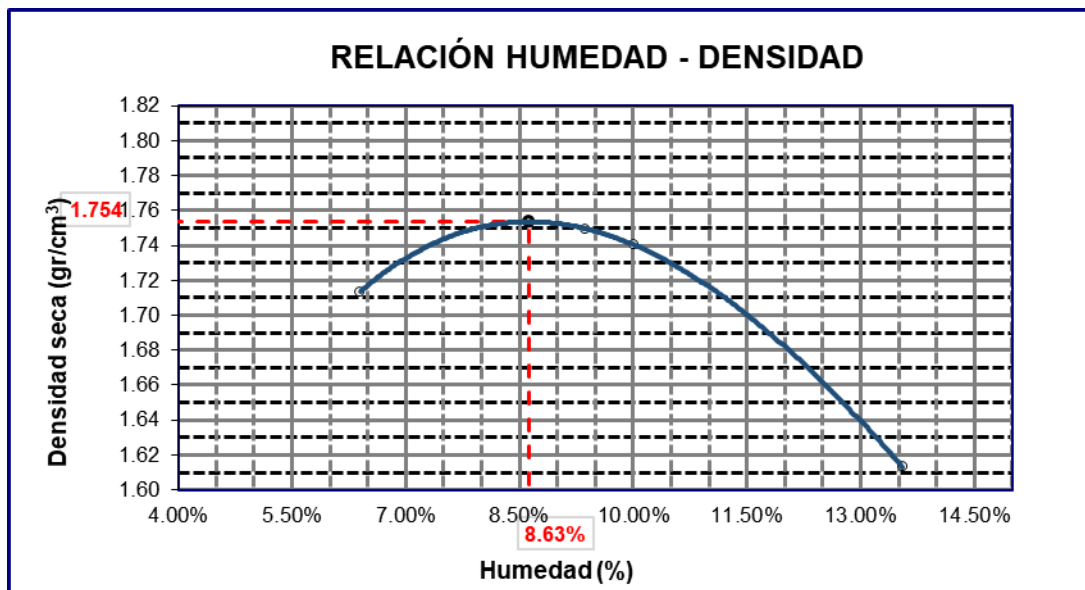
Registros máximos de compactación para la muestra 3 de C-3



El gráfico muestra la correlación entre la humedad y la densidad de la calicata 1, donde la MDS es de 1,775 gr/cc y el OCH es de 7.94%.

Figura 20

Registros máximos de compactación para la muestra 4 de C-4



El gráfico muestra la correlación entre la humedad y la densidad de la calicata 1, donde la MDS es de 1,754 gr/cc y el OCH es de 8.63%.

4.1.1.5. Capacidad de Soporte CBR

Tabla 11

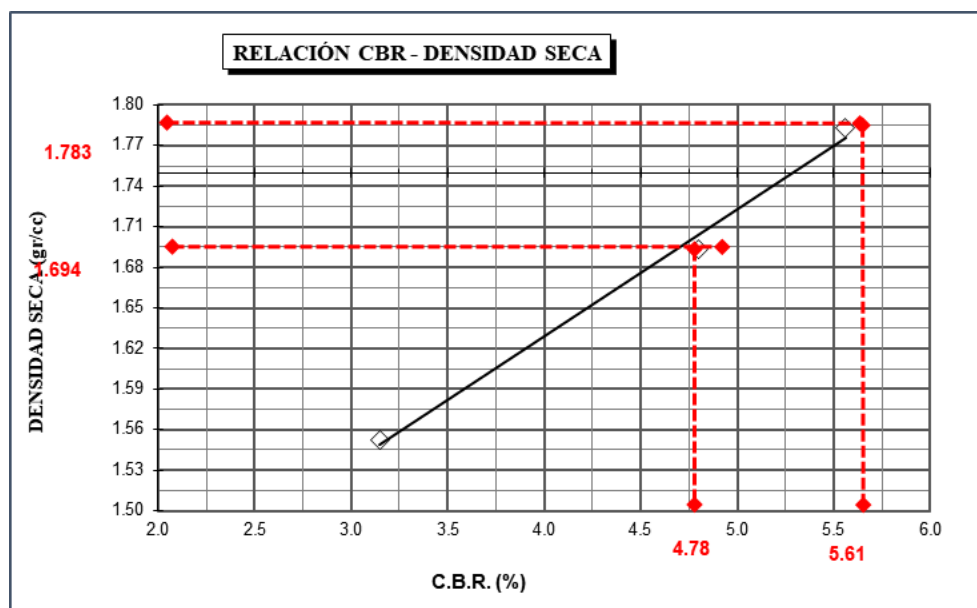
Valores obtenidos de CBR en muestras de cada calicata

CBR – de Subrasantes		
Calicata	CBR.100% MDS	CBR.95% MDS
C-°1	05.61	04.78
C-°2	05.58	04.25
C-°3	05.71	04.71
C-°4	05.21	04.35
Promedio	05.53	04.52

Se muestra los valores de resistencia CBR (California Bearing Ratio) para las muestras de suelo clasificadas como subrasante, evaluadas tanto al 100% como al 95% de la densidad máxima seca (MDS). Los resultados individuales de las muestras varían entre 5.21 y 5.71 para el CBR al 100% MDS, y entre 4.25 y 4.78 para el CBR al 95% MDS. El valor promedio de CBR para el conjunto de muestras es de 5.53% al 100% MDS y 4.52% al 95% MDS de la compactación.

Figura 21

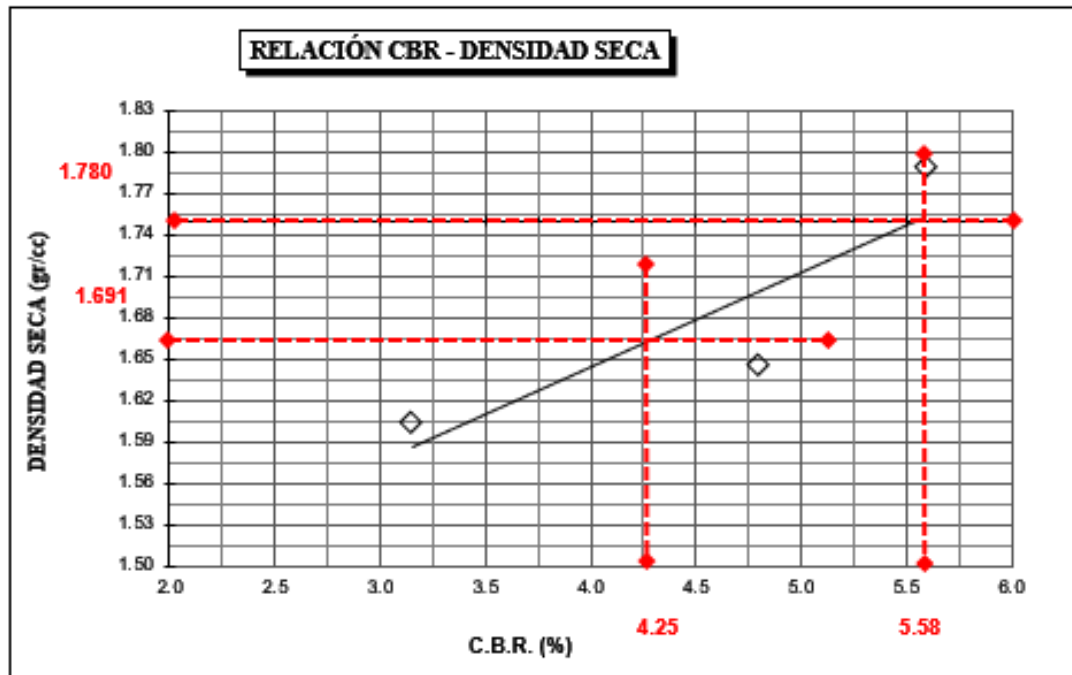
Determinación del CBR en la muestra 1 de C-1



El CBR al 95% de la MDS resulta ser 4.78%, indicando un valor relativamente muy bajo.

Figura 22

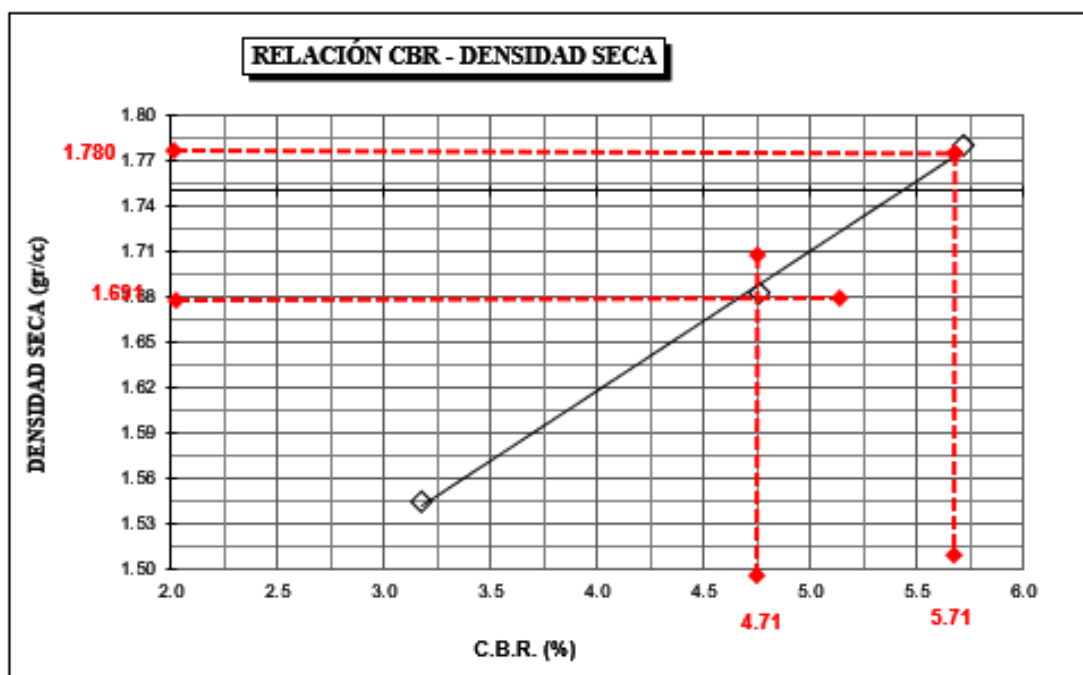
Determinación del CBR en la muestra 2 de C-2



El CBR al 95% de la MDS resulta ser 4.25%, indicando un valor relativamente muy bajo.

Figura 23

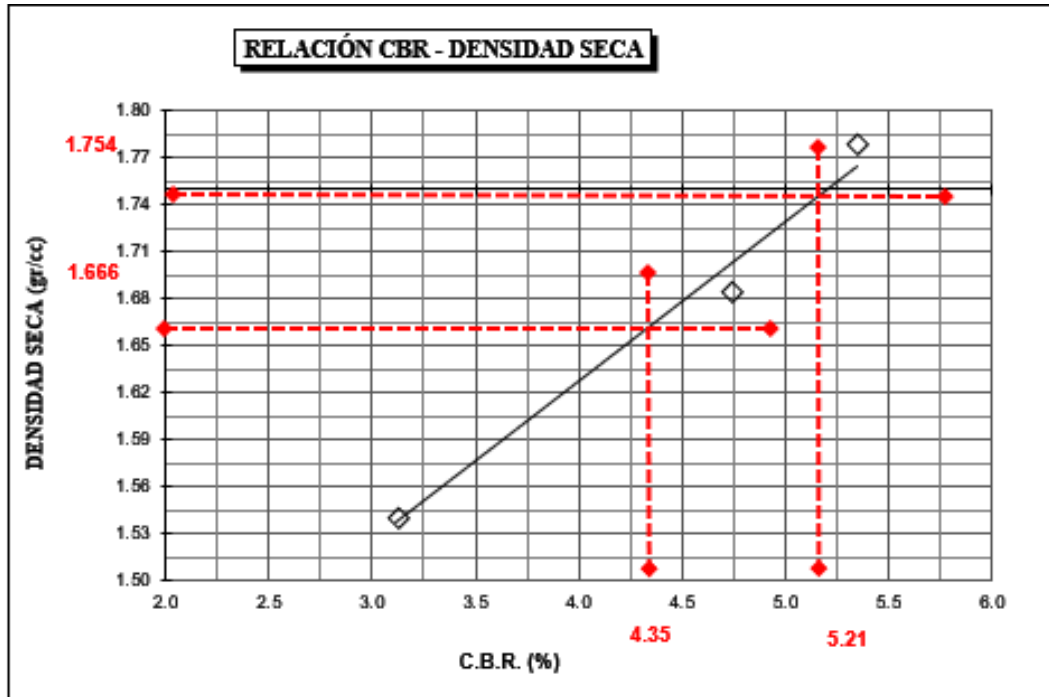
Determinación del CBR en la muestra 3 de C-3



El CBR al 95% de la MDS resulta ser 4.71%, indicando un valor relativamente muy bajo.

Figura 24

Determinación del CBR en la muestra 4 de C-4



El CBR al 95% de la MDS resulta ser 4.78%, indicando un valor relativamente muy bajo.

4.1.2. Influencia de CTQ y CTM en el índice de plasticidad

Tabla 12

IP de combinar suelo natural + 4% de CTQ

Combinación	IP con 4% CTQ		
	IP (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	15.23	-	-
M1 + 4% CTQ	13.86		
M2 + 4% CTQ	14.00	13.92	- 8.6%
M3 + 4% CTQ	13.91		

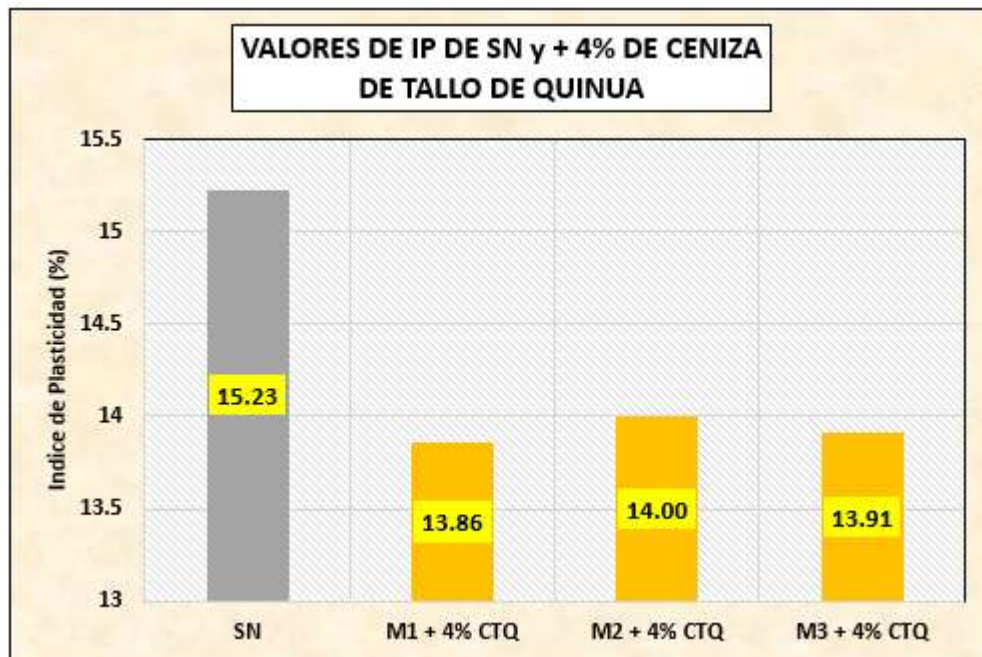
En esta tabla se presentan los resultados del IP de suelos combinados con un 4% de CTQ.

El IP para estas mezclas oscila entre 13.86% y 14.0%, alcanzando un promedio de 13.92%.

Este promedio indica una reducción porcentual del 8.6% en comparación con el IP original del suelo natural, que fue registrado en 15.23%.

Figura 25

IP de suelo no modificado + 4% de CTQ



Se muestra la comparación (IP) para las mezclas con CTQ varían entre 13.86% y 14.0%, mientras que el suelo natural presenta un índice plástico de 15.23%.

Tabla 13

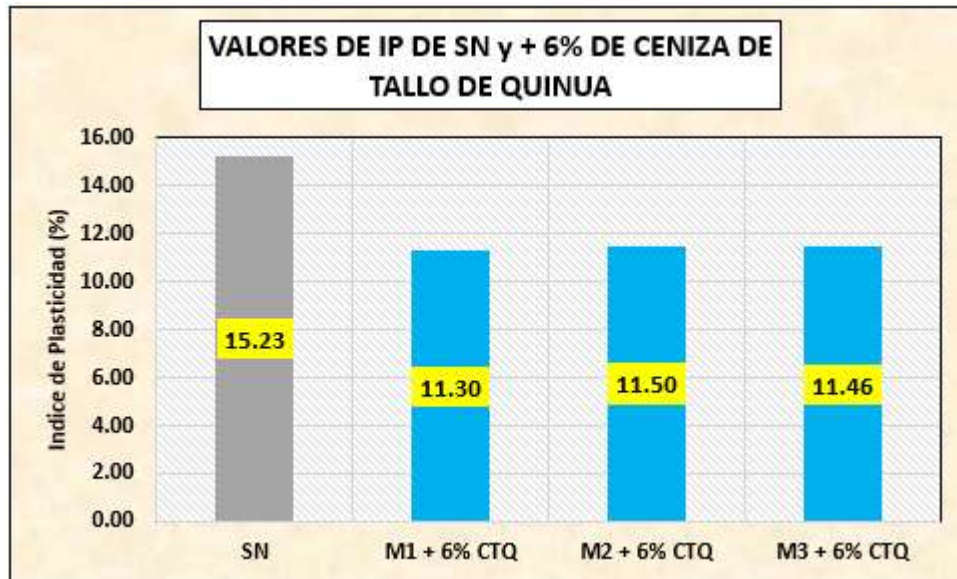
IP de combinar suelo natural + 6% de CTQ

Combinación	IP con 6% CTQ		
	IP (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	15.23	-	-
M1+ 6% CTQ	11.30		
M2+ 6% CTQ	11.50	11.42	- 25.0%
M3+ 6% CTQ	11.46		

En esta tabla se detallan los resultados del IP para suelos a los cuales se les ha incorporado un 6% de CTQ. Los IP obtenidos varían desde 11.30% hasta 11.50%, registrándose un promedio de 11.42%. Esta disminución equivale a una reducción porcentual del 25.0% respecto al IP original del suelo natural que fue de 15.23%.

Figura 26

IP de suelo no modificado + 6% de CTQ



Se presenta el (IP) del suelo natural empleado como subrasante, comparado. En el gráfico se puede observar un incremento significativo en el IP con la inclusión de esta cantidad de ceniza, alcanzando valores que oscilan entre 11.30% y 11.50% para las diferentes muestras analizadas. En contraste, el suelo natural presenta un índice plástico de 15.23%.

Tabla 14

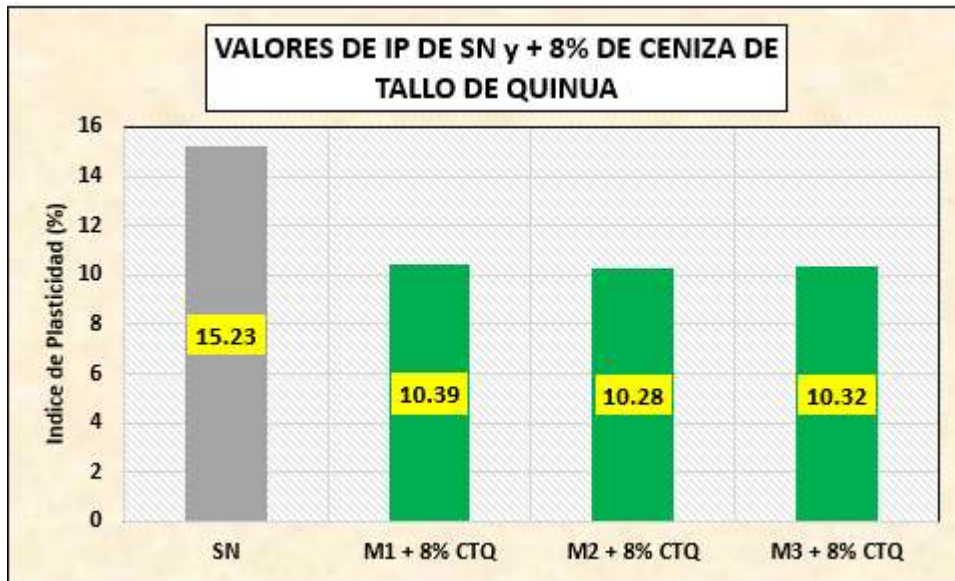
IP de combinar suelo natural + 8% de ceniza de TQ

Plasticidades – SN + 8% Ceniza de TQ			
Detalles	IP (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	15.23	-	-
M1+ 8% CTQ	10.39		
M2+ 8% CTQ	10.28	10.33	- 32.2%
M3+ 8% CTQ	10.32		

Se presentan los resultados del IP para suelos naturales que han sido combinados con un 8% de ceniza proveniente de tallo de quinua. Los valores obtenidos fluctúan desde 10.28% hasta 10.39%, con un promedio final de 10.33%, lo que indica una reducción porcentual del 32.2% en comparación con el IP del suelo natural que fue de 15.23%.

Figura 27

IP de suelo no modificado + 8% de ceniza de TQ



En el gráfico se aprecia un aumento en el índice plástico con la adición de esta proporción de ceniza, con valores que fluctúan entre 10.28% y 10.39% para las distintas muestras evaluadas. En contraste, el suelo natural sin tratamiento presenta un índice plástico de 15.23%.

Tabla 15

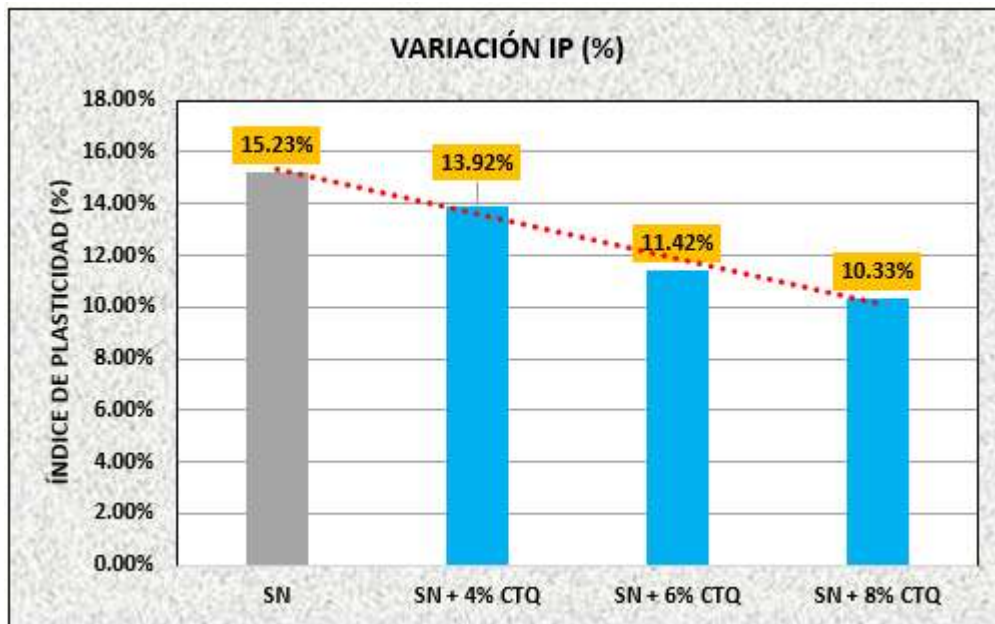
Variaciones del IP según el porcentaje de adición de ceniza de TQ

Variaciones IP		
Muestras	IP (%)	Variación (%)
SN	15.23%	-
SN+ 4% CTQ	13.92%	- 8.6%
SN+ 6% CTQ	11.42%	- 25.0%
SN+ 8% CTQ	10.33%	- 32.2%

Se presenta los resultados del IP, en el que se tiene un IP promedio de 15.23% para el suelo natural y se tiene aumentos con las adiciones de CTQ.

Figura 28

Variación del índice plástico con empleo de CTQ



Se muestra la variación del (IP) en función de la incorporación. En el IP a medida que se incrementa la proporción de ceniza añadida, comenzando con un valor base de 15.23% en el suelo natural, y alcanzando un mínimo de 10.33% con la adición del 8% de ceniza.

❖ **Índice de plasticidad con CTM**

Tabla 16

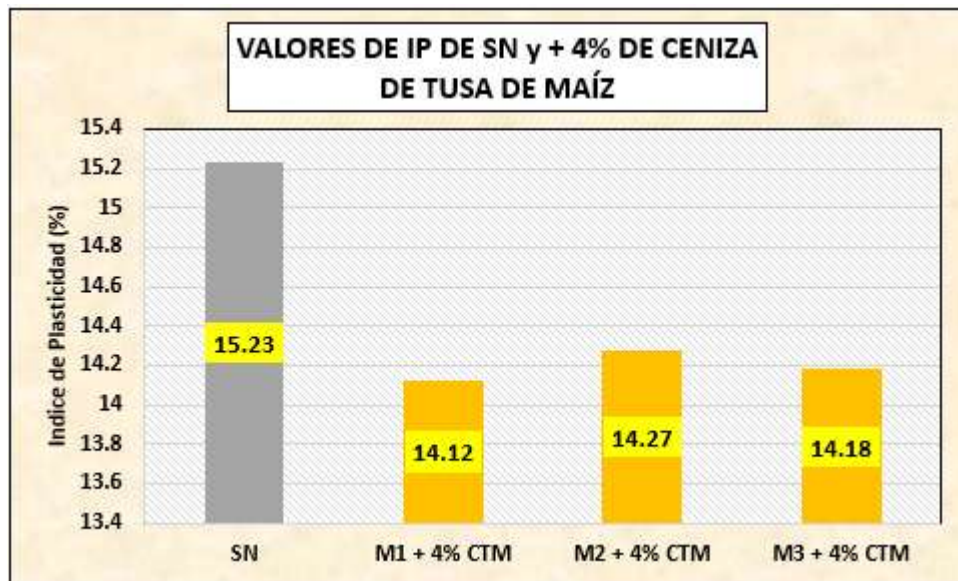
IP de combinar suelo natural + 4% de CTM

Detalles	IP – SN + 4% CTM		
	IP (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	15.23	-	-
M1 + 4% CTM	14.12		
M2 + 4% CTM	14.27	14.19	- 6.8%
M3 + 4% CTM	14.18		

En esta tabla se muestran los resultados del IP para muestras de suelo natural combinadas con un 4% de CTM.

Figura 29

IP de suelo no modificado + 4% de CTM



Se presenta el (IP) del suelo natural utilizado como subrasante, comparado con los valores obtenidos tras la adición del 4% de CTM. El gráfico evidencia una disminución en el índice plástico con la incorporación de esta cantidad de ceniza, alcanzando valores que oscilan entre 14.12% y 14.27% para las distintas muestras analizadas, en contraste con el suelo natural que muestra un índice plástico de 15.23%.

Tabla 17

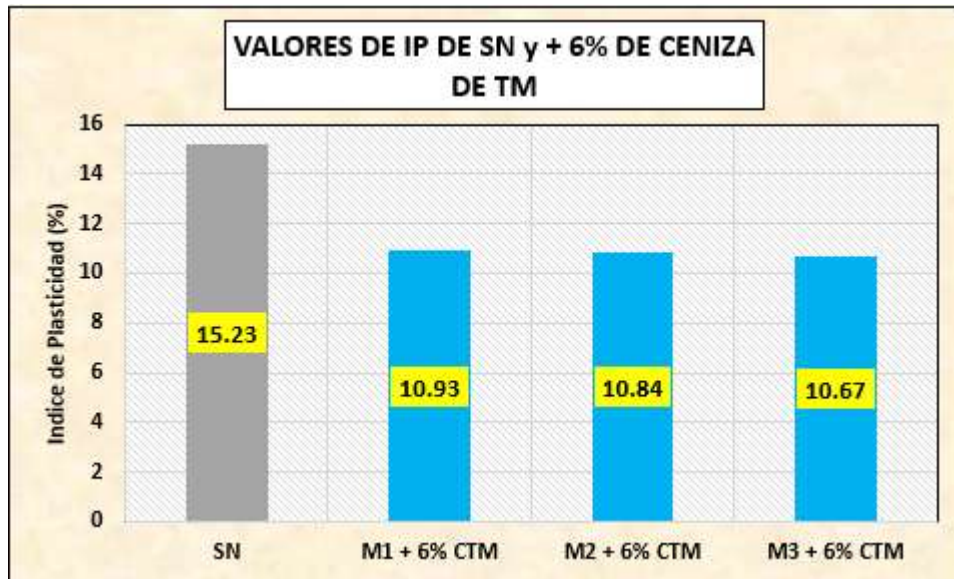
IP de combinar suelo natural + 6% de CTM

IP- SN + 6% CTM			
Detalles	IP (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	15.23	-	-
M1 + 6% CTM	10.93		
M2 + 6% CTM	10.84	10.81	- 29.0%
M3 + 6% CTM	10.67		

Se presenta el IP de la muestra + 6% de CTM, teniéndose una media de 10.81% con una reducción porcentual de 29% del índice plástico.

Figura 30

IP de suelo no modificado + 6% de CTM



Se muestra el (IP) del suelo natural utilizado como subrasante y su comparación con los valores obtenidos al añadir un 6% de CTM. En el gráfico se observa una disminución considerable del índice plástico con la incorporación de esta proporción de ceniza, con valores que varían entre 10.67% y 10.93% para las diferentes muestras analizadas, en comparación con el suelo natural que presenta un IP de 15.23%.

Tabla 18

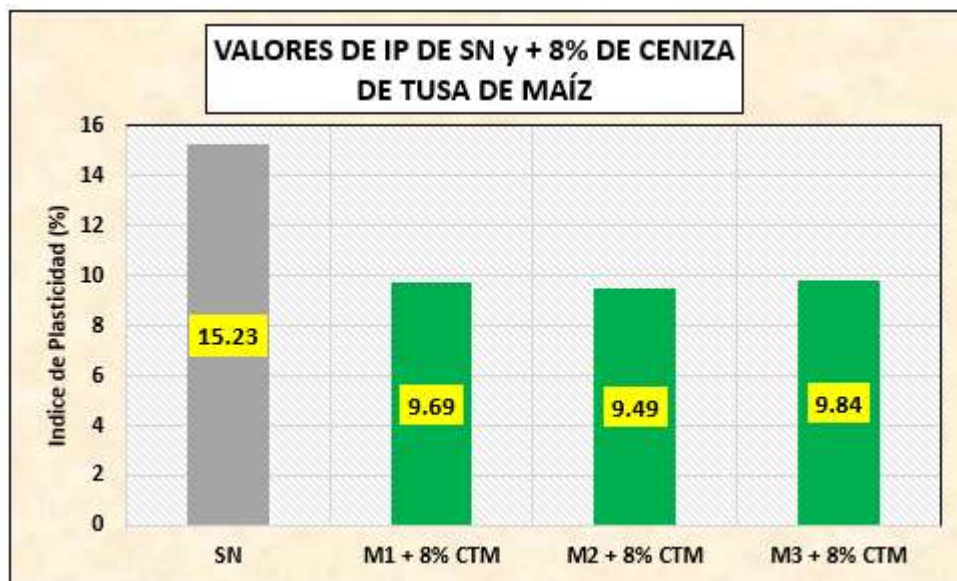
IP de combinar suelo natural + 8% de ceniza de TM

Plasticidades con 8% Cenizas de Tusa de Maíz			
Detalles	IP (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	15.23	-	-
M1+ 8% CTM	9.69		
M2+ 8% CTM	9.49	9.67	- 36.5%
M3+ 8% CTM	9.84		

Se presenta el IP de la muestra + 8% de CTM, teniéndose una media de 9.67% con una reducción porcentual de 36.5% del índice plástico.

Figura 31

IP de suelo natural y + 8% de CTM



Se ilustra el (IP) del suelo natural empleado como subrasante, en comparación con los valores obtenidos tras la incorporación del 8% de CTM. El gráfico evidencia una reducción significativa en el índice plástico al añadir esta proporción de ceniza, con valores que varían entre 9.49% y 9.84% en las diferentes muestras analizadas, en contraste con el suelo natural que presenta un índice plástico de 15.23%.

Tabla 19

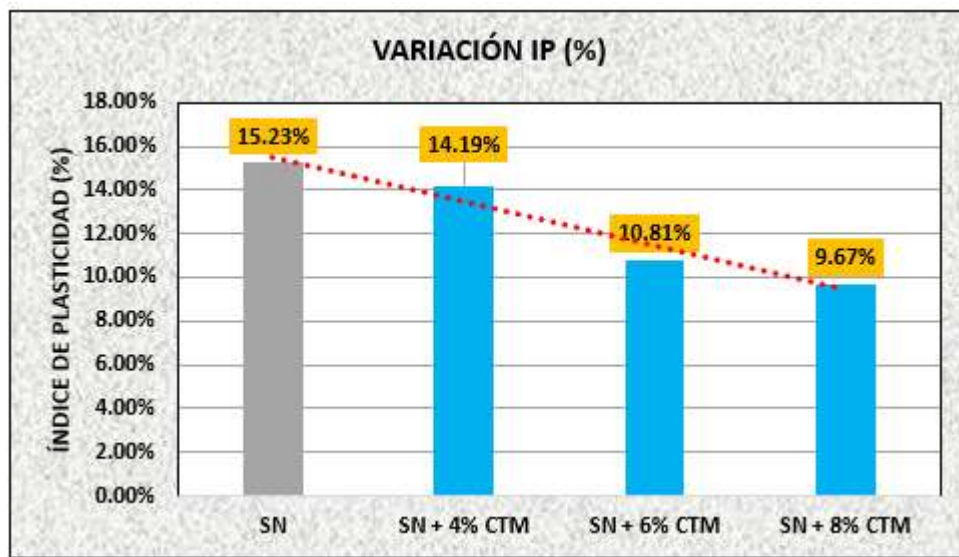
Desviaciones del IP en relación al porcentaje de adición de CTM

Muestra	Variación IP	
	IP (%)	Variación (%)
SN	15.23%	-
SN + 4% CTM	14.19%	- 6.8%
SN + 6% CTM	10.81%	- 29.0%
SN + 8% CTM	9.67%	- 36.5%

En esta tabla se muestran las variaciones en el IP del suelo natural al combinarse con diferentes cantidades de CTM. El suelo sin tratamiento tiene un IP promedio de 15.23%, mientras que la añadidura de ceniza de TM reduce este valor de manera significativa, con reducciones del 6.8% al 36.5%, según el porcentaje de cenizas agregado, evidenciando una mejora progresiva en la plasticidad del suelo.

Figura 32

Variación del índice plástico con empleo de CTM



Al añadir un 4% de ceniza, el IP reduce a 14.19%, representando una reducción del 6.8%. Con un 6% de ceniza, el índice plástico baja a 10.81%, equivalente a una reducción del 29%. Finalmente, al incorporar un 8% de ceniza, el IP alcanza un valor de 9.67%, reflejando una variación total del 36.5% respecto al suelo natural sin tratamiento.

4.1.3. Influencia de la CTQ y CTM en el nivel de compactación

❖ Nivel de compactación con CTQ

Tabla 20

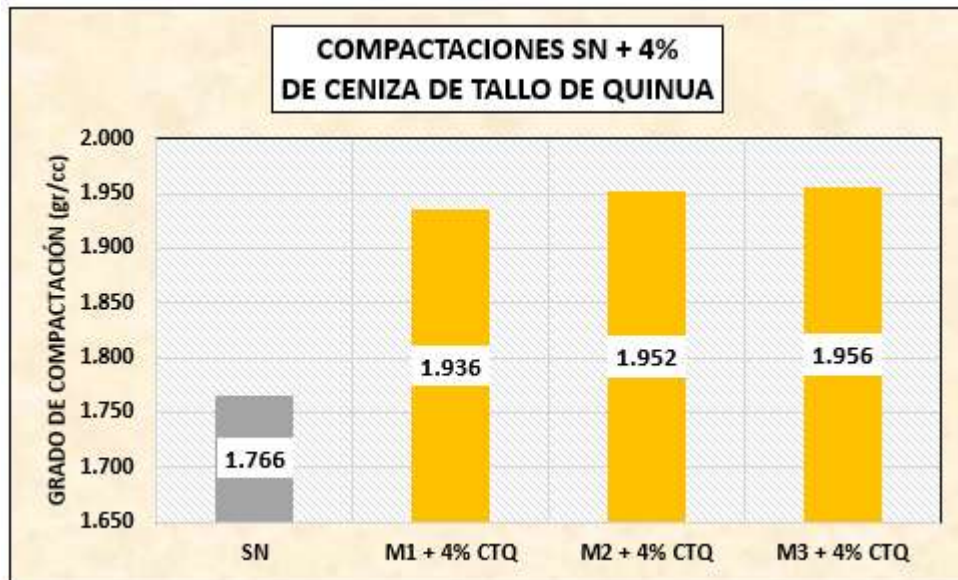
Compactación de la combinación de suelos inalterados + 4% de CTQ

Detalles	Compactación con 4% CTQ		
	MDS	Media	Variación (%)
SN	1.766	-	-
M1+ 4% CTQ	1.936		
M2+ 4% CTQ	1.952	1.948	10%
M3+ 4% CTQ	1.956		

La tabla muestra que la adición del 4% de CTQ incrementa la densidad seca máxima del suelo inalterado, alcanzando un promedio de 1.948 gr/cc, lo que representa un aumento del 10% respecto al suelo natural.

Figura 33

Compactación de suelo no modificado + 4% de CTQ



Se presenta el Nivel de compactación del suelo natural comparado con los resultados obtenidos al incorporar un 4% de CTQ. Nivel de compactación de 1.766 g/cm³, mientras que las mezclas con la adición del 4% de CTQ muestran incrementos significativos en este valor, con grados de compactación que oscilan entre 1.936 y 1.956 g/cm³.

Tabla 21

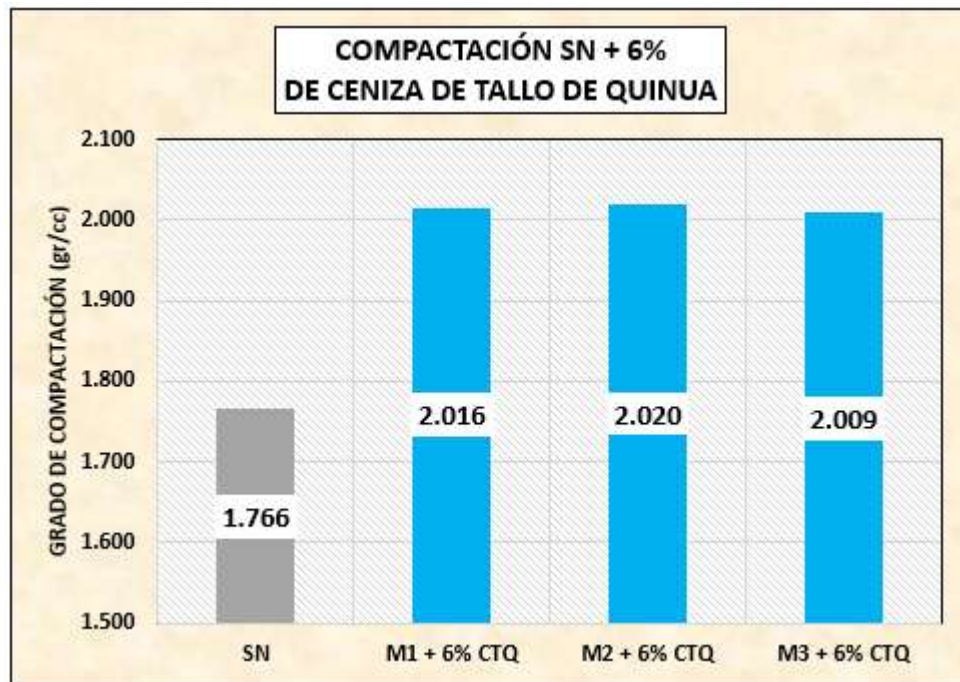
Compactación de la combinación de suelos inalterados + 6% de CTQ

Compactación – SN + 6% de CTQ			
Combinación	MDS	Media	Variación (%)
SN	1.780	-	-
M1 + 6% CTQ	2.016		
M2 + 6% CTQ	2.020	2.015	13%
M3 + 6% CTQ	2.009		

Con el 6% de ceniza de TQ, la densidad seca máxima del suelo incrementa un 13%, indicando mejor compactación.

Figura 34

Compactación de suelo no modificado + 6% de ceniza de TQ



El suelo natural presenta un grado de compactación base de 1.766 g/cm³, mientras que las muestras tratadas con un 6% de cenizas de tallo de quinua muestran un aumento significativo, con valores que oscilan entre 2.009 y 2.020 g/cm³.

Tabla 22

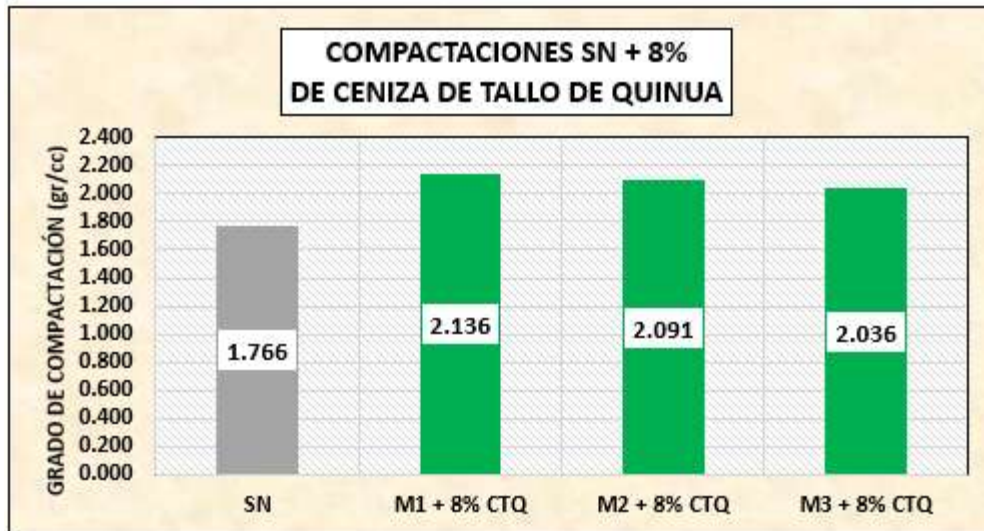
Compactación de la combinación de suelos inalterados + 8% de CTQ

Combinación	Compactaciones con 8% de CTQ		
	MDS	Media	Variación (%)
SN	1.780	-	-
M1 + 8% CTQ	2.136		
M2 + 8% CTQ	2.091	2.088	17%
M3 + 8% CTQ	2.036		

Se muestran los valores de compactación para suelo natural y mezclas con 8% de CTQ. La densidad seca pasó de 1.780 gr/cc a 2.088 gr/cc, con un incremento del 17%.

Figura 35

Compactación de suelo no modificado + 8% de CTQ



Se ilustra el Nivel de compactación del suelo natural en comparación con las muestras que contienen un 8% de CTQ. El suelo natural presenta una compactación base de 1.766 g/cm³, mientras que las muestras tratadas con un 8% de ceniza muestran un notable incremento en la densidad seca, alcanzando valores que varían entre 2.036 y 2.136 g/cm³.

Tabla 23

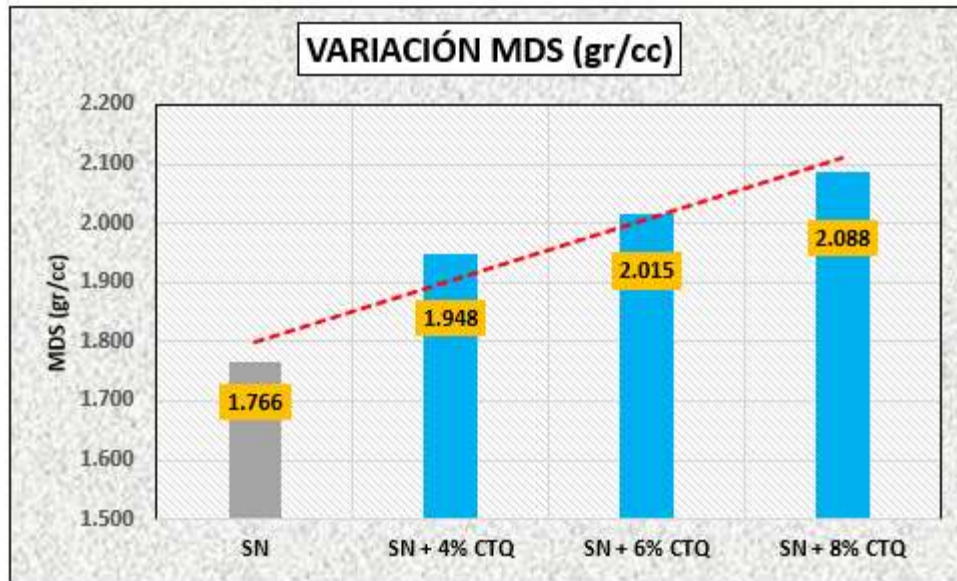
Desviaciones del GC en relación al porcentaje de adición de CTQ

Muestra	Variación MDS		
	OCH	MDS	Variación (%)
SN	7.87	1.766	-
SN+ 4%CTQ	7.44	1.948	10%
SN+ 6%CTQ	8.22	2.015	14%
SN+ 8%CTQ	9.08	2.088	18%

Los datos expuestos en la tabla reflejan cómo varían la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad en función del porcentaje de CTQ agregado al suelo. Se aprecia un aumento constante en la MDS conforme se incrementa la proporción de ceniza, con un máximo del 18% para la mezcla con 8% de ceniza, mientras que el OCH presenta fluctuaciones menores.

Figura 36

Variación del nivel de compactación con empleo de CTQ



Se muestra la variación en (MDS) del suelo natural al ser mezclado con diferentes % de CTQ. El suelo sin aditivos presenta un MDS base de 1.766 g/cm³. AL añadir un 4% de ceniza, se observa un incremento significativo hasta alcanzar 1.948 g/cm³. La tendencia continúa con un aumento a 2.015 g/cm³ con un 6% de adición, y finalmente, con un 8% de ceniza, el grado máximo de densidad seca llega a 2.088 g/cm³.

❖ Nivel de compactación con CTM

Tabla 24

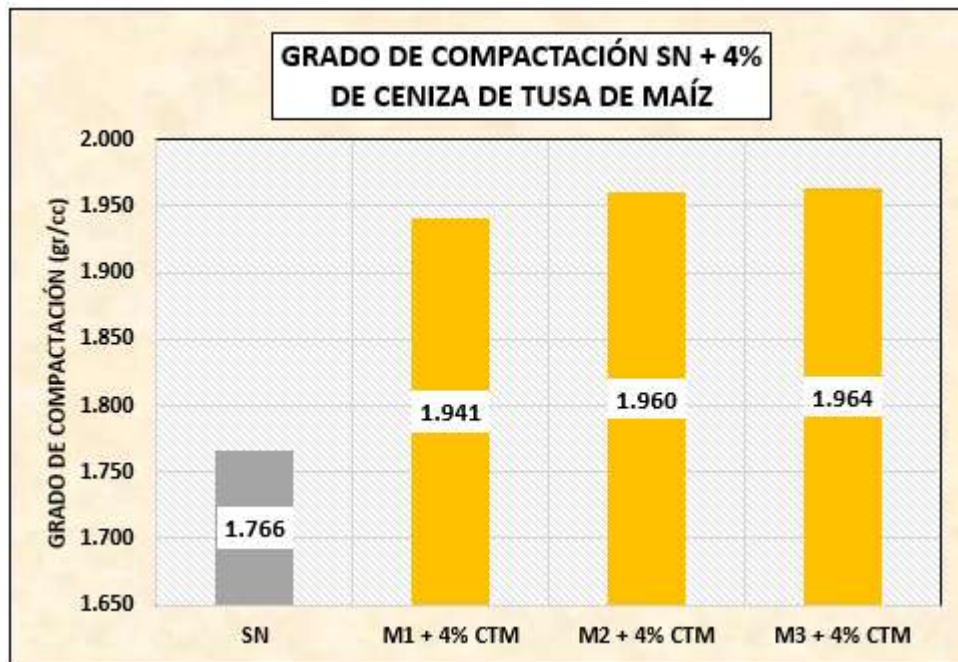
Compactación de la combinación de suelos inalterados + 4% de CTM

Detalles	Compactaciones con 4% de CTM		
	MDS	Media	Variación (%)
SN	1.766	-	-
M1+ 4% CTM	1.941		
M2+ 4% CTM	1.960	1.955	11%
M3+ 4% CTM	1.964		

Se muestra la compactación del suelo combinado con un 4% de CTM, alcanzando un promedio de 1.955 gr/cc, lo que representa un aumento del 11% en el nivel de compactación respecto al suelo natural.

Figura 37

Compactación de suelo no modificado + 4% de CTM



Se representa el nivel de compactación del suelo natural en comparación con las muestras a las que se les ha añadido un 4% de ceniza proveniente de la tusa de maíz. Mientras que el suelo natural muestra un Nivel de compactación base de 1.766 g/cm³.

Tabla 25

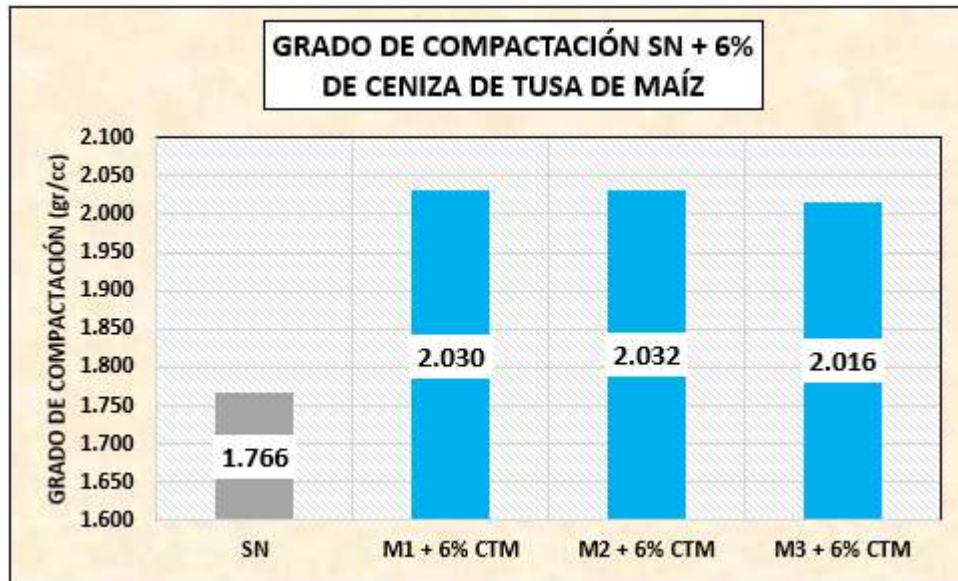
Compactación de la combinación de suelos inalterados + 6% de CTM

Combinación	Compactación con 6% de CTM		
	MDS	Media	Variación (%)
SN	1.766	-	-
M1+ 6% CTM	2.030		
M2+ 6% CTM	2.032	2.026	15%
M3+ 6% CTM	2.016		

Se presenta la compactación del suelo con la adición del 6% de CTM, obteniéndose un valor promedio de 2.026 gr/cc, lo que representa un incremento del 15% en comparación con la muestra sin aditivos.

Figura 38

Compactación de suelo no modificado + 6% de CTM



Se ilustra el Nivel de compactación del suelo natural comparado con las muestras a las que se les ha incorporado un 6% de ceniza proveniente de la tusa de maíz. El suelo natural presenta un valor base de compactación de 1.766 g/cm³, valores de entre 2.016 y 2.032 g/cm³.

Tabla 26

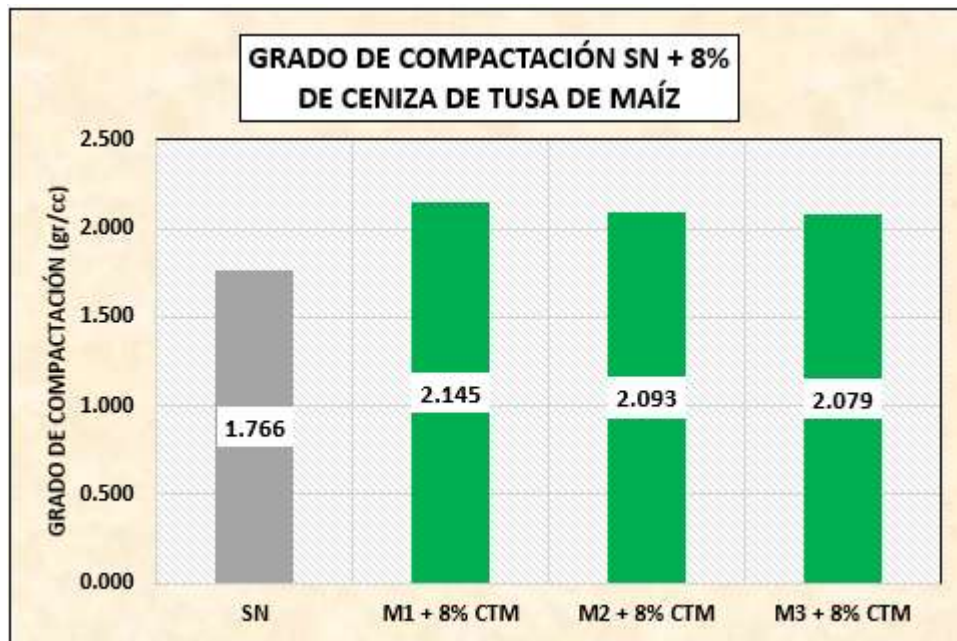
Compactación de la combinación de suelos inalterados + 8% de CTM.

Nivel de compactación – SN + 8% de CTM			
Detalles	MDS	Media	Variación (%)
SN	1.766	-	-
M1 + 8% CTM	2.145		
M2 + 8% CTM	2.093	2.106	19%
M3 + 8% CTM	2.079		

Se muestra el grado de compactación del suelo con la incorporación del 8% de CTM, alcanzando un promedio de 2.106 gr/cc, lo que representa un aumento del 19% respecto a la muestra sin aditivos.

Figura 39

Compactación de suelo no modificado + 8% de CTM



El suelo natural, sin aditivos, muestra un Nivel de compactación base de 1.766 g/cm³. AL añadir el 8% de CTM, las muestras exhiben un aumento significativo en la densidad seca, con valores que varían entre 2.079 y 2.145 g/cm³.

Tabla 27

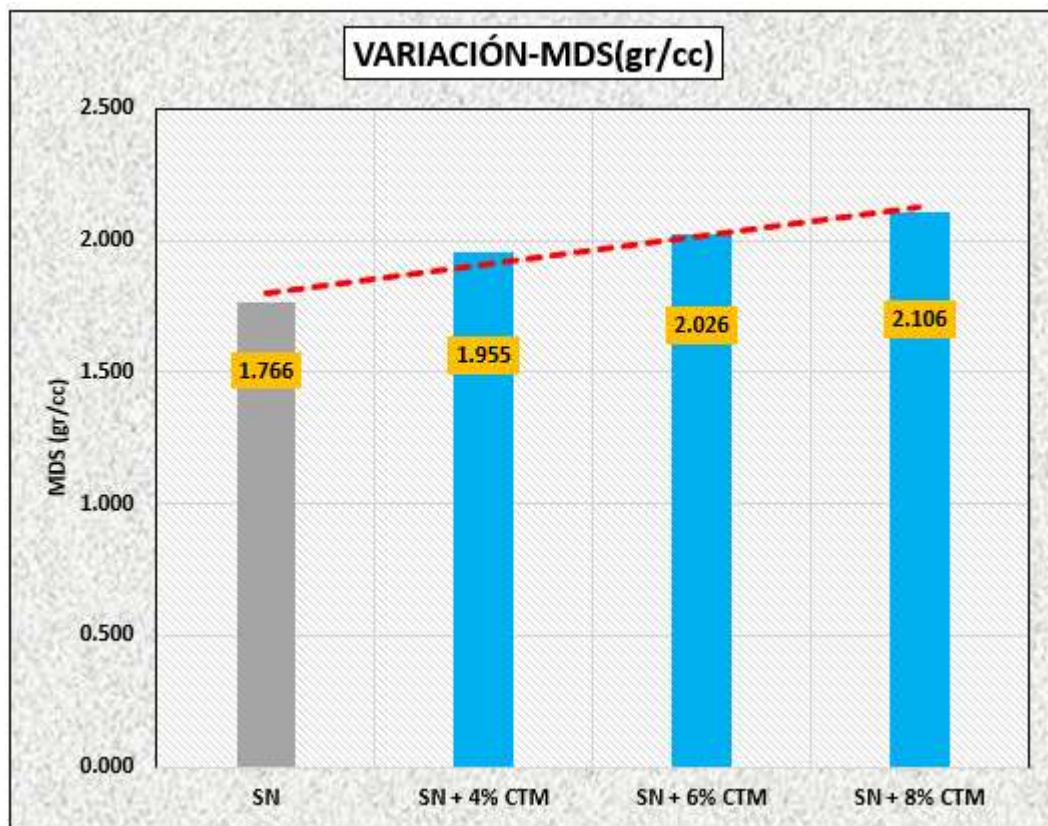
Evolución del GC según el porcentaje añadido de CTM

Muestra	Variación MDS		
	OCH	MDS	Variación (%)
SN	8.37	1.766	-
SN + 4% CTM	7.43	1.955	11%
SN + 6% CTM	8.16	2.026	15%
SN + 8% CTM	9.37	2.106	19%

Se presentan los valores promedio de densidad seca máxima (MDS) obtenidos, evidenciando un incremento progresivo en la MDS a medida que se aumenta el porcentaje de CTM, alcanzando hasta un 19% más en comparación con la muestra sin aditivos.

Figura 40

Variación del nivel de compactación con empleo de CTM



Se ilustra la variación en el nivel de compactación, del suelo natural comparado con muestras a las que se ha agregado CTM en diferentes proporciones: 4%, 6% y 8%. El suelo natural sin adición presenta un nivel de compactación de 1.766 g/cm³. AL añadir el 4% de ceniza, la densidad seca aumenta a 1.955 g/cm³, mostrando una mejora significativa. Este incremento continúa con la adición del 6%, donde el valor alcanza 2.026 g/cm³, y se maximiza con el 8% de ceniza, con un Nivel de compactación de 2.106 g/cm³.

4.1.4. Influencia de la CTQ y CTM en la capacidad de soporte CBR

Tabla 28

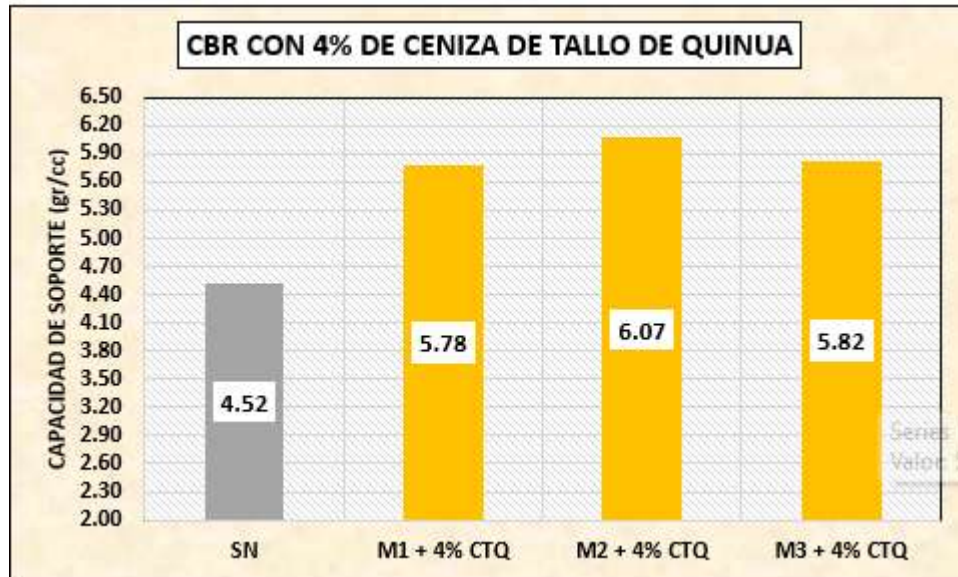
CBR con 4% de CTQ

CBR con 4% de CTQ (95% MDS)			
Combinación	CBR (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	4.52	-	-
M1+ 4% CTQ	5.78		
M2+ 4% CTQ	6.07	5.89	30%
M3+ 4% CTQ	5.82		

La tabla presenta el CBR para muestras con un 4% de CTQ. El suelo natural mostró un valor de 4.52%, mientras que las mezclas con ceniza alcanzaron un promedio de 5.89%, lo que significa un aumento del 30%.

Figura 41

CBR con 4% de CTQ



Se muestra el soporte del suelo medida mediante la prueba CBR con un 4% de CTQ. El suelo natural tiene un valor base de 4.52 kg/cm², mientras que las muestras tratadas con la ceniza presentan valores entre 5.78 y 6.07 kg/cm², evidenciando un incremento significativo en la resistencia del suelo.

Tabla 29

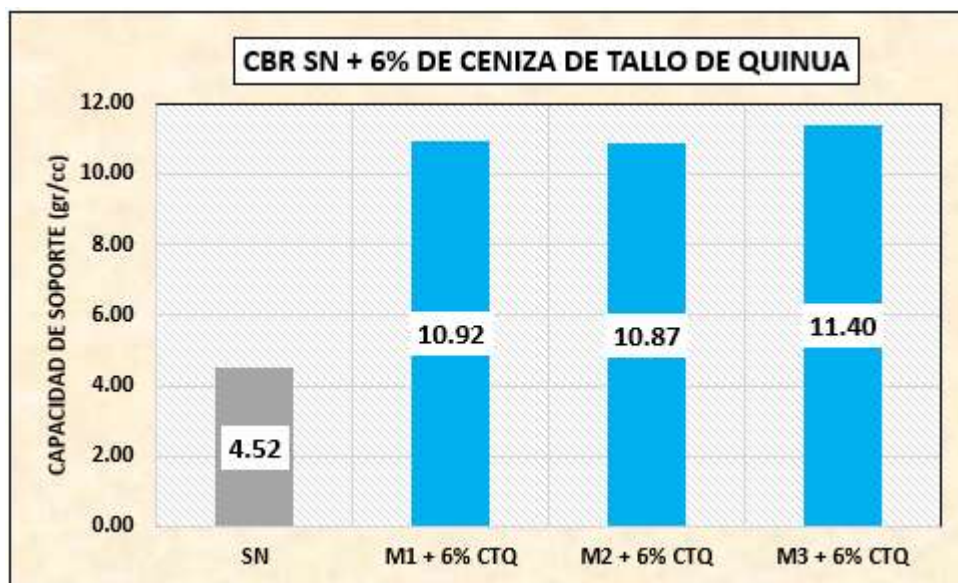
CBR con 6% de CTQ

CBR con 6% de CTQ (95% MDS)			
Combinación	CBR (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	4.52	-	-
M1+ 6% CTQ	10.92		
M2+ 6% CTQ	10.87	11.06	145%
M3+ 6% CTQ	11.40		

La tabla presenta el CBR promedio de 11.06% para suelos con 6% de CTQ, mostrando un aumento significativo frente al suelo natural con 4.52%, lo que indica una mejora notable en la capacidad portante.

Figura 42

CBR con 6% de CTQ



Se muestra el (CBR) del suelo natural (4,52 kg/cm²) frente a tres mezclas con un 6% de CTQ, cuyos valores ascienden a 10,92 kg/cm², 10,87 kg/cm² y 11,40 kg/cm². Esto confirma que el 6% de CTQ multiplica notablemente la resistencia del suelo para aplicaciones de pavimentación.

Tabla 30

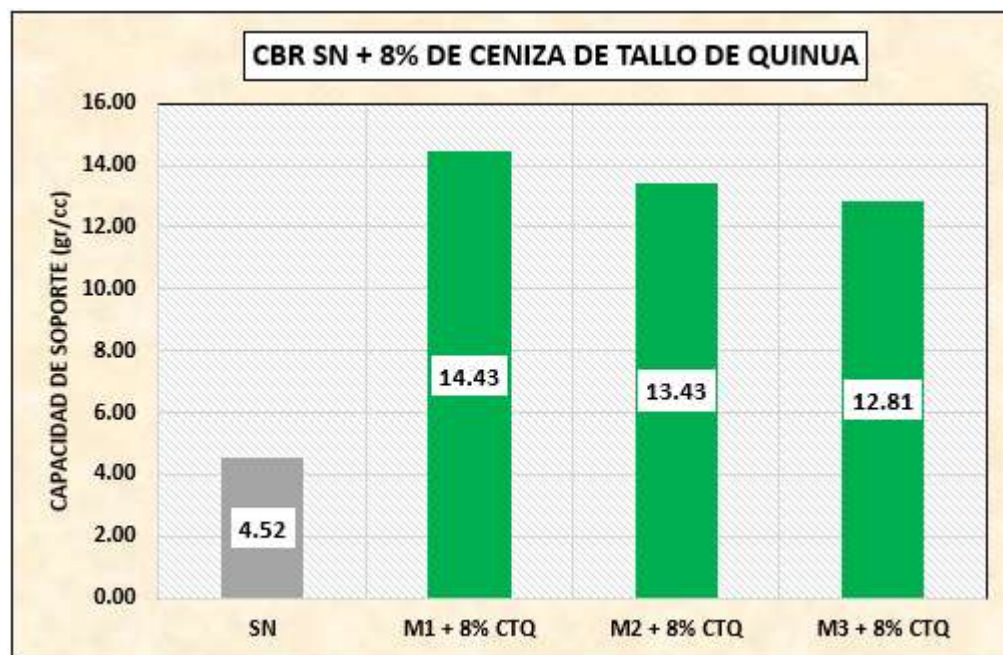
CBR con 8% de CTQ

CBR con 8% de CTQ (95% MDS)			
Combinación	CBR (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	4.52	-	-
M1 + 8% CTQ	14.43		
M2 + 8% CTQ	13.43	13.56	200%
M3 + 8% CTQ	12.81		

La tabla muestra que la muestra con un 8% de CTQ alcanzó un CBR promedio de 13.56%.

Figura 43

CBR con 8% de CTQ



Se compara el CBR del suelo natural (4,52 kg/cm²) con tres mezclas que contienen un 8% de CTQ, mostrando valores de 14,43 kg/cm², 13,43 kg/cm² y 12,81 kg/cm². Esto evidencia que el 8% de ceniza potencia notablemente la capacidad portante del suelo para pavimentos.

Tabla 31

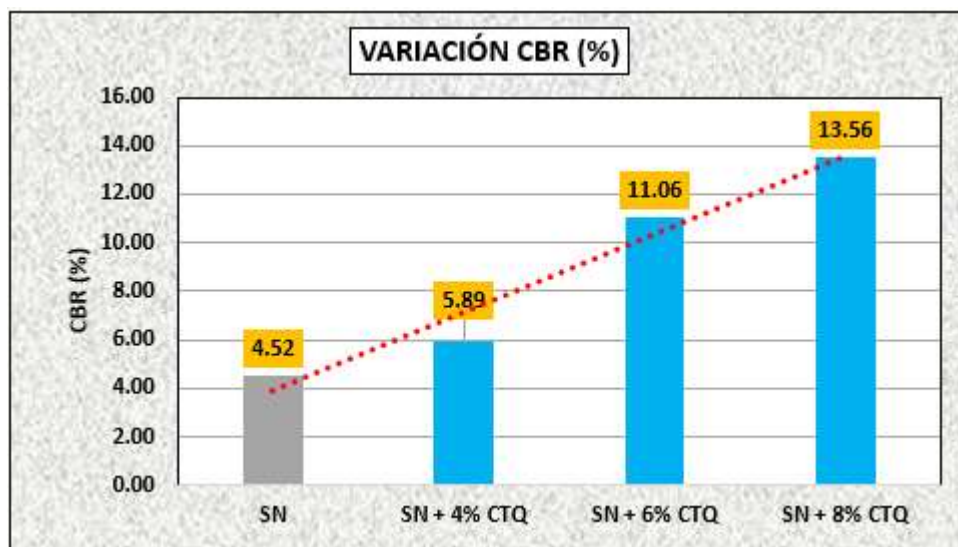
Variación del CBR según el porcentaje de adición de CTQ

Muestras	Variación IP	
	CBR 95%	Variación (%)
SN	4.52	-
SN + 4% CTQ	5.89	30%
SN + 6% CTQ	11.06	145%
SN + 8% CTQ	13.56	200%

La tabla presenta los valores promedio de CBR para el suelo natural y las mezclas con diferentes porcentajes de CTQ. Se observa una clara tendencia de aumento en la capacidad se incrementa el porcentaje de ceniza, alcanzando un incremento máximo de hasta un 200%, lo que indica que la adición de este material mejora significativamente la resistencia del suelo hasta cierto nivel.

Figura 44

Variación del CBR con empleo de CTQ



Se muestra el incremento porcentual del CBR al añadir diferentes proporciones de CTQ al suelo natural. El CBR base del suelo sin aditivos es 4,52%. Con un 4% de ceniza, sube a 5,89%; con 6% alcanza 11,06%; y con 8% llega a 13,56%. Estos datos evidencian que, a mayor cantidad de ceniza de quinua, mayor mejora en la resistencia del suelo.

Tabla 32

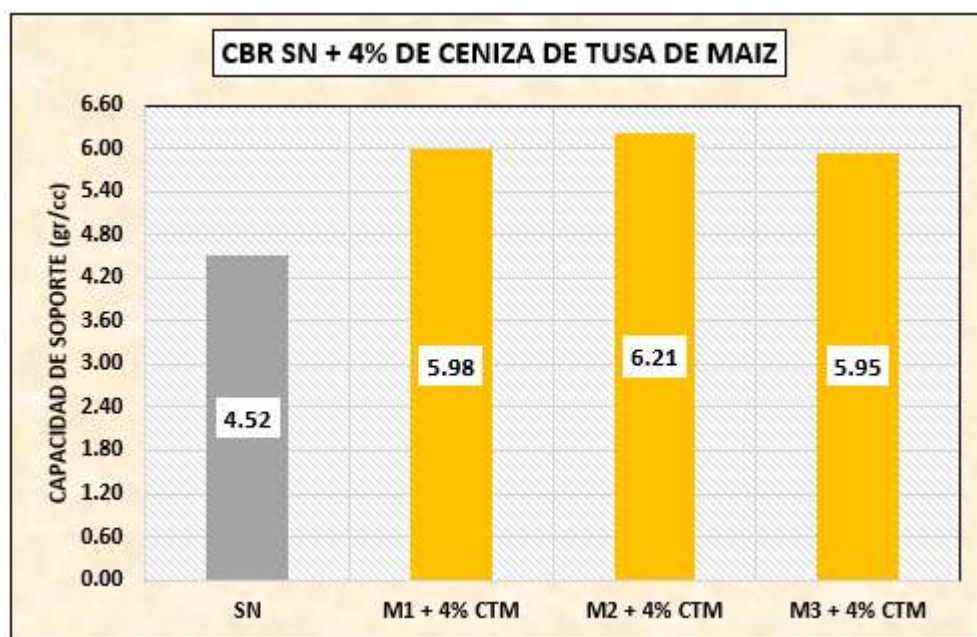
CBR con 4% de CTM

CBR con 4% de CTM			
Combinación	CBR (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	4.52	-	-
M1 + 4% CTM	5.98		
M2 + 4% CTM	6.21	6.05	34%
M3 + 4% CTM	5.95		

La tabla indica que la muestra con 4% de CTM alcanzó un CBR promedio de 6.05%, mostrando un aumento significativo respecto al suelo natural, cuyo CBR es 4.52%.

Figura 45

CBR con 4% de CTM



Se compara (CBR) del suelo natural (4,52 kg/cm²) con tres mezclas que incluyen un 4% de CTM, cuyas resistencias son 5,98 kg/cm², 6,21 kg/cm² y 5,95 kg/cm². Esto demuestra que la adición del 4% de CTM mejora la capacidad portante del suelo para aplicaciones de pavimentación.

Tabla 33

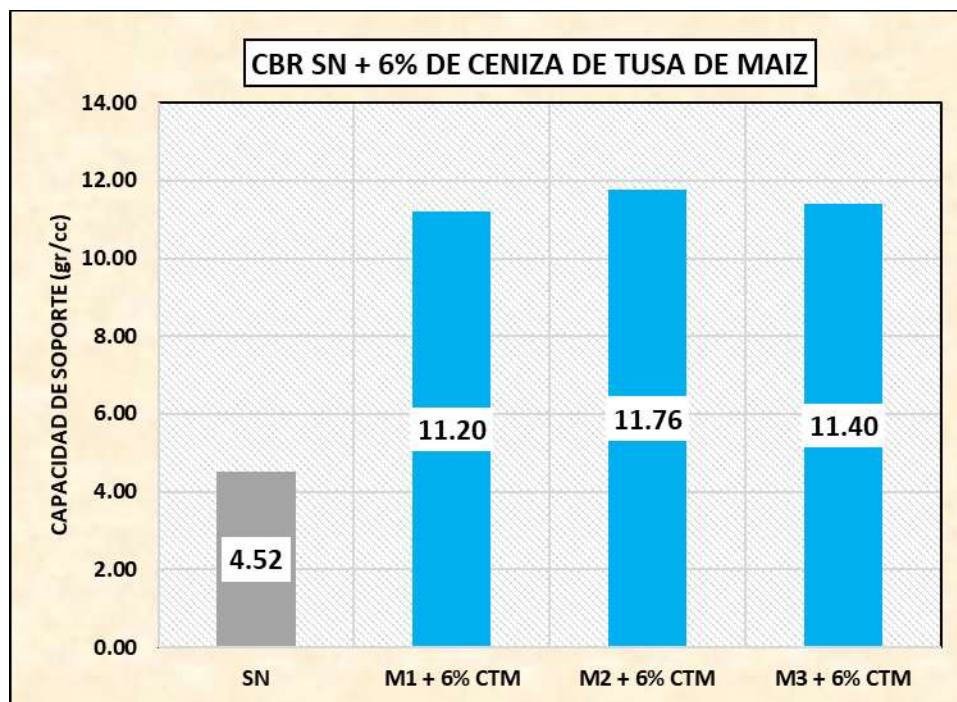
CBR con 6% de CTM

CBR con 6% de CTM			
Combinación	CBR (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	4.52	-	-
M1 + 6% CTM	11.20		
M2 + 6% CTM	11.76	11.45	153%
M3 + 6% CTM	11.40		

La tabla muestra que la muestra con 6% de ceniza.

Figura 46

CBR con 6% de CTM



La barra gris representa el CBR del suelo natural (4,52 kg/cm²). Al añadir un 6% de CTM, las tres muestras alcanzan valores de 10,92 kg/cm², 10,87 kg/cm² y 11,40 kg/cm², mostrando así un notable incremento en la capacidad portante del suelo para su uso en pavimentación.

Tabla 34

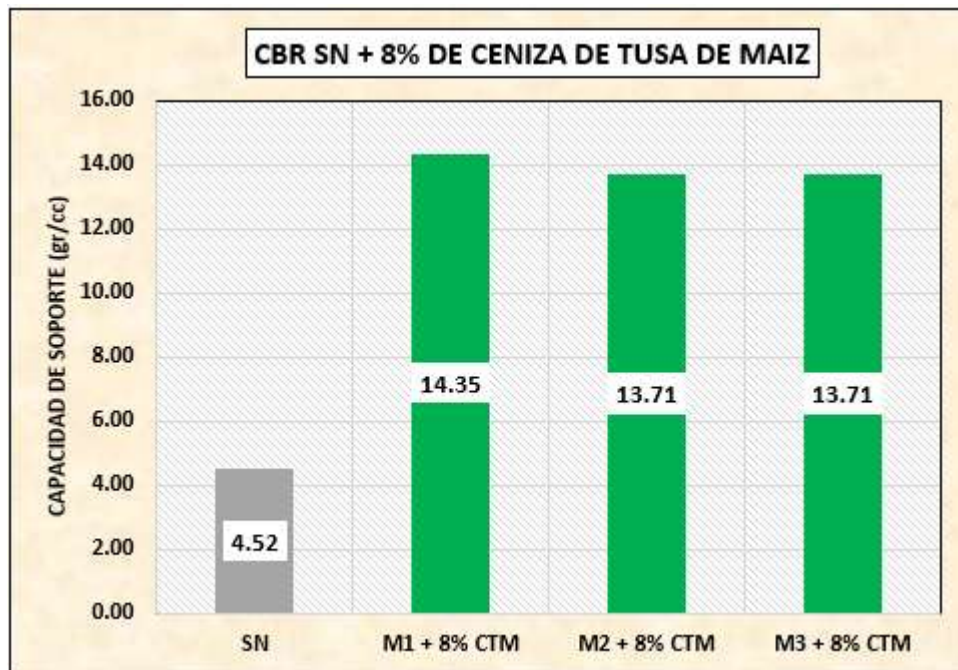
CBR con 8% de CTM

CBR con 8% de CTM			
Combinación	CBR (%)	Media (%)	Variación (%)
SN	4.52	-	-
M1 + 8% CTM	14.35		
M2 + 8% CTM	13.71	13.92	208%
M3 + 8% CTM	13.71		

La tabla indica que la muestra con un 8% comparado con el suelo natural, cuyo CBR es 4.52%.

Figura 47

CBR con 8% de CTM



Se compara el CBR del suelo natural (4,52 kg/cm²) con tres mezclas al 8% de CTM, mostrando valores de 14,35 kg/cm², 13,71 kg/cm² y 13,71 kg/cm². Esto confirma que el 8% de CTM multiplica ampliamente la capacidad portante del suelo para pavimentación.

Tabla 35

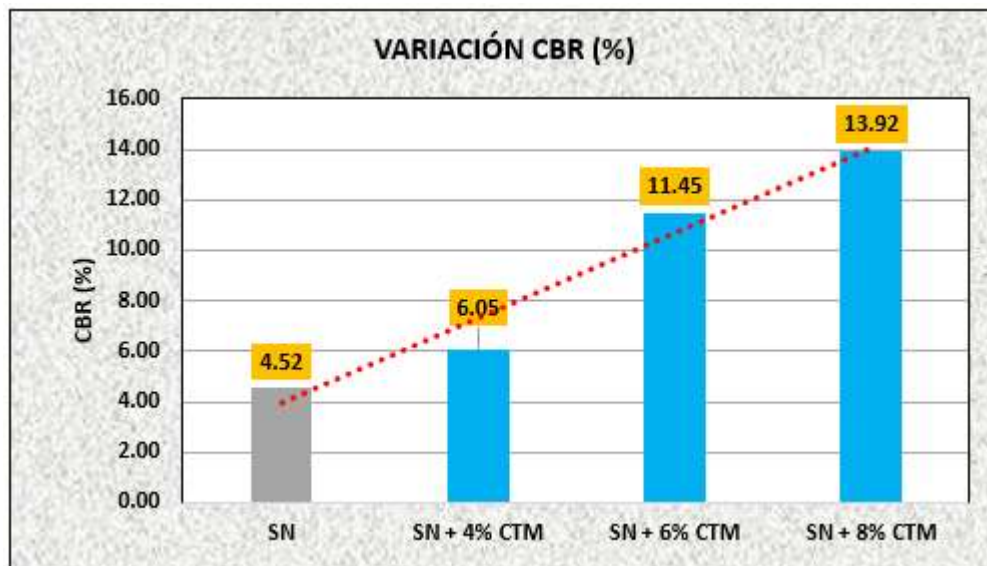
Variación del CBR según el porcentaje de adición de CTM

Muestra	Variación IP	
	CBR 95%MDS	Variación (%)
SN	4.52	-
SN + 4% CTM	6.05	34%
SN + 6% CTM	11.45	153%
SN + 8% CTM	13.92	208%

Se observa una clara tendencia de incremento en la capacidad portante a medida que aumenta la proporción de ceniza añadida, evidenciando mejoras significativas hasta un cierto límite.

Figura 48

Variación del CBR con empleo de CTM



Se muestra el incremento porcentual del CBR al añadir CTM al suelo natural. El CBR inicial es 4,52%. Con 4% de ceniza sube a 6,05%, con 6% alcanza 11,45% y con 8% llega a 13,92%. Esto confirma que, a mayor proporción de ceniza, mayor mejora en la capacidad portante del suelo.

Tabla 36*Resumen general de resultados con empleo de CTQ*

Variación General con empleo de CTQ			
Muestra	IP (%)	MDS (gr./cc.)	CBR (%)
SN	15.23	1.766	4.52
SN + 4% CTQ	13.92	1.948	5.89
SN + 6% CTQ	11.42	2.015	11.06
SN + 8% CTQ	10.33	2.088	13.56

Mostrando los promedios de las propiedades evaluadas (IP), (MDS) y (CBR) para el suelo natural combinado con diferentes porcentajes de CTQ.

La inclusión de CTQ en el suelo natural evidencia mejoras sustanciales en las propiedades evaluadas. En cuanto al índice plástico (IP), el suelo sin aditivos presenta un valor de 14,72%, que aumenta a 15,63% con un 4% de ceniza, alcanza su punto máximo de 17,42% con un 6% de ceniza y desciende ligeramente a 16,38% al usar un 8% de ceniza. Esto indica que añadir ceniza mejora la cohesión y la maleabilidad del suelo, especialmente en torno al 6%.

De manera similar, el grado máximo de densidad seca (MDS) crece progresivamente: comienza en 1,766 g/cm³ en el suelo natural y aumenta a 1,948 g/cm³ con un 4% de ceniza, a 2,015 g/cm³ con un 6% y a 2,088 g/cm³ con un 8%. Esta tendencia confirma que la ceniza contribuye a compactar mejor el suelo. Finalmente, la capacidad portante (CBR) experimenta un notable salto desde 4,52% en el suelo sin aditivo hasta 5,89% (4%), 11,06% (6%) y 13,56% (8%), mostrando que la resistencia del suelo al soporte de cargas se ve multiplicada, de nuevo con un rendimiento óptimo alrededor del 6% de ceniza.

Tabla 37*Resumen general de resultados con empleo de CTM*

Variación General con empleo de CTM			
Muestra	IP (%)	MDS (gr./cc.)	CBR (%)
SN	15.23	1.766	4.52
SN + 4% CTM	14.19	1.955	6.05
SN + 6% CTM	10.81	2.026	11.45
SN + 8% CTM	9.67	2.106	13.92

La inclusión de CTM modifica de manera notable el (IP) del suelo natural. Partiendo de un valor base de 14,72%, al añadir un 4% de ceniza este índice se eleva a 16,31%. Con un 6% de ceniza, la plasticidad alcanza 17,36%, y con un 8% sube hasta 17,69%. Este incremento progresivo revela, siendo la dosificación del 8% la que maximiza este efecto.

De igual forma, el grado máximo de densidad seca (MDS) experimenta un aumento constante al añadir ceniza: parte de 1,766 g/cm³ en el suelo natural, sube a 1,955 g/cm³ con un 4% de ceniza, a 2,026 g/cm³ con un 6% y llega a 2,106 g/cm³ con un 8%. Y en cuanto a la capacidad portante (CBR), el suelo natural presenta un valor de 4,52%. Este valor crece a 6,05% con un 4% de ceniza, a 11,45% con un 6% y culmina en 13,92% con un 8%. Estos resultados evidencian que mejora de forma notable tanto la densidad como la resistencia mecánica del suelo, consolidándose como una solución efectiva para optimizar sus propiedades en obras de pavimentación.

4.2. Discusión de Resultados

A continuación, contrastaremos los hallazgos de este estudio con los datos reportados en investigaciones previas para profundizar en su análisis.

En primer y segundo lugar, evaluamos el efecto de añadir CTQ en proporciones del 4%, 6% y 8% sobre el índice plástico del suelo, observamos reducciones a 13.92%, 11.42% y 10.33% respectivamente, lo que confirma la capacidad de este residuo para modular la



plasticidad del material. Estos incrementos son más marcados que los reportados por Guia (2021), quien documentó, para adiciones idénticas de ceniza de quinua, aumentos en el índice de plasticidad hasta el 14%, 15% y 13%. De este modo, nuestros resultados no solo corroboran la tendencia a la reducción de la plasticidad, sino que incluso sugieren una respuesta aún más pronunciada en las condiciones específicas de la subrasante estudiada.

En tercer lugar, esta investigación evaluó cómo varía la compactación del suelo de subrasante AL añadir CTQ y CTM en concentraciones del 4%, 6% y 8%. Al añadir CTQ, los valores de máxima densidad seca (MDS) alcanzaron $1,948 \text{ g/cm}^3$, $2,015 \text{ g/cm}^3$ y $2,088 \text{ g/cm}^3$, con humedades óptimas del 7,44%, 8,22% y 9,08%, respectivamente. De forma similar, cuando se empleó CTM, las muestras mostraron MDS de $1,955 \text{ g/cm}^3$, $2,026 \text{ g/cm}^3$ y $2,126 \text{ g/cm}^3$, y humedades óptimas de 7,43%, 8,16% y 9,37%, en el mismo orden de adición.

Contrastando estos resultados con los reportados por Guia (2021) a nivel nacional, en su ensayo de compactación con CTQ se obtuvieron densidades máximas de $1,904 \text{ g/cm}^3$, $1,928 \text{ g/cm}^3$ y $1,927 \text{ g/cm}^3$ AL añadir 4%, 6% y 8% de ceniza, con contenidos de humedad óptima de 8,89%, 8,44% y 8,31%, respectivamente. En comparación, nuestro estudio refleja aumentos más marcados, tanto en la densidad seca máxima como en la humedad óptima, lo que sugiere que las condiciones específicas del suelo de Juliaca potencian el efecto de ambas cenizas en la compactación.

En cuarto lugar, se evaluó cómo varía la capacidad portante del suelo de la subrasante de la avenida Jerusalén AL añadir cenizas de tallo de quinua y de tusa de maíz en proporciones del 4%, 6% y 8%. Cuando se añadió CTQ, la resistencia CBR medida al 95% de la densidad seca máxima alcanzó valores de 5,89%, 11,06% y 13,56% para cada dosificación, respectivamente. Con la CTM, estos mismos niveles de compactación arrojaron capacidades de soporte de 6,05%, 11,45% y 13,92%.



Al comparar estos resultados con los reportados por Champi (2022) a nivel nacional, observamos que, al probar la CTQ (CTQ), el CBR creció en torno a 2,45%, 3,67%, 4,49% y 6,12% al 100% de la densidad seca, y en 64,52%, 68,82%, 69,89% y 72,04% al 95% de la misma. Para la CTM (CTM), los incrementos correspondieron a 4,08%, 5,31%, 6,94% y 7,76% al 100%, y a 62,37%, 65,59%, 68,82% y 69,89% al 95%. De acuerdo la norma NTP339.145 y el manual MTC "Suelos y Pavimentos" de 2014, estos valores sitúan a la subrasante dentro de la categoría "buena", pues superan el umbral mínimo de 10% para CBR.

Por su parte, Escobar (2022) documenta que con un 5,5% de CTQ el CBR puede aumentar entre 8,65% y 23,0%, lo cual es coherente con nuestras observaciones. En conjunto, estos datos confirman que la adición de cenizas agrícolas —tanto de tallo de quinua como de tusa de maíz— mejora de manera significativa las propiedades mecánicas del suelo, validando su uso como estabilizante efectivo para la subrasante en proyectos viales.



CONCLUSIONES

General, Las propiedades del subrasante evaluadas mediante el uso de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tallo de maíz en la Avenida Jerusalén en Juliaca muestran una disminución en el índice de plasticidad, que se reduce al 9.67%. Además, se observa un incremento en el grado de compactación, alcanzando una densidad máxima seca de 2.103 g/cc, mientras que la capacidad de soporte medida por el CBR se eleva al 13.56% y al 13.92%, respectivamente.

Primera, El suelo nativo del subrasante de la Avenida Jerusalén en Juliaca presenta un índice de plasticidad promedio de 15.23%, una densidad máxima seca de 1.766 g/cm³ y un contenido óptimo de humedad de 8.37%. Además, tiene un CBR promedio de 4.52% a una compactación del 95% de la densidad máxima seca, lo cual es considerado insuficiente, ya que no cumple con los estándares necesarios para un buen desempeño estructural.

Segunda, La incorporación de ceniza de tallo de quinua en concentraciones del 4%, 6% y 8% reduce progresivamente la plasticidad del suelo del subrasante, logrando una disminución máxima del 32% en comparación con la plasticidad del suelo natural. Por otro lado, la inclusión de ceniza de tallo de maíz en las concentraciones de 4%, 6% y 8% reduce de manera constante el índice de plasticidad, alcanzando una reducción máxima del 37%, observada con un 8% de adición de cada material.

Tercera, El subrasante con suelo natural muestra una densidad máxima seca de 1.766 g/cc. La incorporación de ceniza de tallo de quinua en concentraciones del 4%, 6% y 8% mejora la densidad en un 10%, 14% y 18%, respectivamente, en comparación con el suelo natural. De manera similar, la adición de ceniza de tallo de maíz en las mismas concentraciones resulta en incrementos de un 11%, 15% y 19%, respectivamente, en



comparación con el suelo natural. Esto indica que ambos aditivos mejoran la compactación, siendo el ceniza de tallo de maíz el que ofrece mejores resultados.

Cuarta, El CBR del suelo del subrasante varía entre un 4.52% y el 95% de la densidad máxima seca. La integración de ceniza de tallo de quinua en concentraciones del 4%, 6% y 8% da lugar a incrementos del 30%, 145% y 200%, respectivamente. La inclusión de ceniza de tallo de maíz en las mismas concentraciones provoca mejoras del 34%, 153% y 208%, respectivamente, en comparación con el CBR del suelo nativo. La incorporación de ambos tipos de cenizas mejora notablemente la capacidad de carga del suelo del subrasante a lo largo de la Avenida Jerusalén en Juliaca.



RECOMENDACIONES

Primera, Se sugiere llevar a cabo una integración controlada de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tallo de maíz para gestionar la combinación de ambos materiales, dado que tienen un impacto significativo en las propiedades de subrasantes inestables o de baja calidad en aplicaciones no pavimentadas en Juliaca.

Segunda, Adicionalmente, se recomienda realizar investigaciones comparativas sobre la estabilización de suelos de subrasante inestables mediante la aplicación consecutiva de ceniza de tallo de quinua en concentraciones de 10%, 12% y 14%, junto con ceniza de tallo de maíz, para determinar el porcentaje ideal que mejore las propiedades del suelo subyacente.

Tercera, Se aconseja la incorporación de ceniza de tallo de maíz en una proporción del 8% en la construcción de carreteras, con el fin de mejorar las propiedades del suelo del subrasante, reduciendo así la flexibilidad del suelo y disminuyendo la cohesión de los materiales existentes.

Cuarta, se recomienda el empleo de otros materiales que como resultado sean cenizas reutilizables, ya que dichos materiales en cierto modo favorecen a la estabilización de suelos con propiedades no acordes a la aceptación para una futura conformación de vías, reduciendo gastos de obtención y compra de materiales estabilizantes de fábrica.

Quinta, se recomienda realizar pruebas de CBR in situ, en suelos de subrasante estabilizados con el 8% de ceniza de tallo de quinua y ceniza de tallo de maíz, ello con la finalidad verificar los valores de CBR obtenidos en laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, A., & Cardenas, P. (2023). *Estabilización de suelos arenosos mediante la adición de silicato de sodio en la subrasante de la Alameda Sur de Chorrillos*. Lima: UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS.
- Almonacid, R. I. (2019). *Estabilización de subrasante mediante cal y ceniza de quinua en suelos del centro poblado Viñas, Tayacaja, Huancavelica*. Huancayo-Perú: Universidad Peruana los Andes .
- Alvarez, A. (2020). Clasificación de las Investigaciones. *Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas, 1*.
- Andaluz, L. R. (2022). *Estudio del efecto de la ceniza de cascara de arroz en las propiedades fisico-mecánicas en suelos finos de subrasante*. Ambato-Ecuador : Universidad Técnica de Ambato.
- Apolinare, T. A. (2018). *Estabilización de la sub-rasante con la incorporación de ceniza vegetal, Jauja*. Huancayo-Perú : Universidad Peruana los Andes.
- Arellan Farfan, J. y. (2021). *Diseño estructural del pavimento flexible aplicando la Estabilización Química con el Polímero Acrílico de Estireno para a subrasante, Huarochirí 2021*. Huarochirí-Peru: Universidad Cesar Vallejo.
- Arivilca, J. (2022). *EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN OESTE TRAMO OVALO SALIDA CUSCO - OVALO PARQUE EL CHOLO, JULIACA - 2019*. Juliaca: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
- Balcells, J. (2018). *La investigación social: introducción a los métodos y técnicas*. Escuela Superior de Relaciones Públicas, PPU.
- Bonifaz, J., & Gamarra, R. (2022). *Comparación del silicato de sodio y cemento para la estabilización de la subrasante en la avenida los profesionales, ventanilla 2022*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Bowles, J. (1982). *Propiedades geofísica de los suelos*.
- Braja, M. (2019). *Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones*. Cengage Learning. doi:987-607-481-823-9
- Caballero, O. (2017). *Estabilización química con silicato de sodio del material de préstamo de la vía La Primavera – Bonanza – La Venturosa en el departamento del Vichada*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Calle Lactahuamaní, S. E., & Arce Huahuachampi, M. G. (2018). *Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional*. Arequipa : UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.



- Calle, L. S., & Arce, H. M. (2018). *Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Ñashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional*. Arequipa: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.
- Campos, J., Acosta, K., & Paucar, L. (2022). Quinoa (*Chenopodium quinoa*): Nutritional composition and bioactive compounds of grain and leaf, and impact of heat treatment and germination. *SciELO*, 13(3). doi:<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2022.019>
- CANARIA PINEDA, A. G., & IVÁN MARTÍNEZ, Á. (2020). *ESTUDIO DE ESTABILIZACIÓN DE MATERIAL PARA LA CONFORMACIÓN DE AFIRMADO EN TERRAPLENES DEL MUNICIPIO DE LA PRIMAVERA – VICHADA, MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLÍMEROS SINTÉTICOS ECOLÓGICOS*. BOGOTA D.C, COLOMBIA: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS.
- CANARIA, P. A., & IVÁN, M. Á. (2020). *ESTUDIO DE ESTABILIZACIÓN DE MATERIAL PARA LA CONFORMACIÓN DE AFIRMADO EN TERRAPLENES DEL MUNICIPIO DE LA PRIMAVERA – VICHADA, MEDIANTE LA ADICIÓN DE POLÍMEROS SINTÉTICOS ECOLÓGICOS*. Bogota: UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS.
- Carrasco, S. (2018). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.
- Champi, K., & Garcia, J. (2022). *Estabilización de subrasante con adición de ceniza de tusa de maíz y cáscara de maní en la carretera IC-1110171, Ica-2022*. Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/98857>
- Champi, L. K. (2022). *Estabilización de subrasante con adición de ceniza de tusa de maíz y cáscara de maní en la carretera IC-1110171, Ica-2022*. Ica.Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Chávez, A. (2021). *Silicato de sodio para la estabilización de suelos en la trocha La Menta km 00+000 - Garabato km 1+430 Distrito de Las Lomas-Provincia y Departamento de Piura*. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Dharini, V., Balamaheswari, M., & Nevis, A. (2023). Enhancing the strength of expansive clayey soil using lime as soil stabilizing agent along with sodium silicate as grouting chemical. *materialstoday:PROCEEDINGS*, 1(1), 1-6. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.05.156>
- Duque, G., & Escobar, C. (2002). *Mecánica de Suelos*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Escobar, J. (2022). *Estabilización de la subrasante incorporando cenizas de tallos de quinua en la carretera Checca-Mazocruz, Puno – 2022*. Universidad César Vallejo.
- Escobar, J. (2022). *Estabilización de la subrasante incorporando cenizas de tallos de quinua en la carretera Checca-Mazocruz, Puno – 2022*. Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/91314>
- Escobar, L. J. (2022). *Estabilización de la subrasante incorporando cenizas de tallos de quinua en la carretera Checca-Mazocruz, Puno - 2022*. Lima-Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Galindo, J., & Avellaneda, E. (2016). *Análisis técnico del uso de silicato de sodio para estabilización química de suelos*. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Garzón, J., Garrido, M., & Hidalgo, C. (2019). *Clasificación de un suelo según SUCS*.



- Guevara, G., Verdesoto, A., & Castro, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Revista Científica Mundo de la Investigación y el Conocimiento*, 163-173. doi:10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173
- Guia, Y. M. (2021). *Mejoramiento de Subrasante mediante la adición de ceniza de quinua en la carretera PE-38, Provincia Chucuito, Puno, 2021*. Lima-Perú : Universidad Cesar Vallejo.
- Guzmán Montenegro, M. (2019). *Evaluación de resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la victoria - 2019*. Chiclayo: Universidad Particular de Chiclayo.
- HERNANDEZ, A., RAMOS, M., PLACENCIA, B., INDACOCHEA, B., QUIMIS, A., & MORENO, L. (2018). *Metodología de la Investigación Científica*. Manabi: 3ciencias - Area de Innovacion y Desarrollo S.L. doi:http://dx.doi.org/10.17993/CcyLI.2018.15
- Hernández, G. A. (2019). *Análisis de la relación de soporte y resistencia a la compresión de un suelo arcillo-limoso en la vereda de Liberia del municipio de Viotá Cundinamarca estabilizado con ceniza de cascarilla de café*. Bogotá D. C.: Universidad de la Salle.
- Ipince, C. H. (2020). *Mejoramiento de la subrasante agregando ceniza de tusa de maíz en la calle 12 del distrito de Victor Larco Herrera, Trujillo 2019*. Lima-Peru: Universidad Cesar Vallejo.
- Javadzadeh, P. (2021). The Effects of sodium silicate on Stabilization of organic soil. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(14), 1774-1782. doi:https://turcomat.org/index.php/turkbilmat/article/download/10521/7916/18725
- Kermani, M., Hassani, F., Aflaki, E., Benzaazoua, M., & Nokken, M. (2015, como se citó en Aguilar, 2023). Evaluación del efecto de la adición de silicato de sodio al relleno de mina, Gelfill – Part 1. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 7(3), 266-272. doi:https://doi.org/10.1016/j.jrmge.2015.03.006
- Li, M. (2018). *Synthesis of Functional Water-Soluble Polymers*. Department of Chemistry: University of Warwick. Coventry.
- Márquez, D. (2019). *Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, Provincia de Morropón – Piura 2019*. Universidad Nacional de Piura.
- Martínez, M., & Cabrejos, J. (2024). *Propiedades del suelo de subrasante adicionando ceniza de tusa de maíz en la carretera El Salado - Angamos, Jamalca, Amazonas, 2023*. Universidad Nacional de Jaén. Obtenido de <https://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/784>
- Miranda, R. (2010). *Deterioros en Pavimentos Flexibles y Rígidos*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- Montalico, D. (2022). *Estabilización de suelos de la subrasante con adición de cenizas de tusa de maíz en la carretera Conduriri - Mazocruz, Puno-2022*. Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/101656>
- Mora Palacios, S. A. (2020). *Comportamiento de los polímeros como agente estabilizante en los suelos para la construcción de cimentaciones*. Bogota: Universidad católica de Colombia,.



- MTC. (2019). *MANUAL DE CARRETERAS - SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- MTC, .. (2019). *Manual de Carreteras - Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- MTC, M. (2019). *Manual de Carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos- Sección Suelos y Pavimentos*. Lima: MTC.
- MTC. (2019). *Manual de Carreteras: Suelo, Geología, Geotécnia y Pavimentos*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Nel, L. (2019). *Metodología de la Investigación*. Lima: Editorial MACRO.
- Ortega, K., & Villafuerte, L. (2015). *Evaluación estructural de pavimento flexible para suelos de tipo limo arenoso*. Quito: Pontificia Universidad Católica Del Ecuador.
- Paquita, E. (2015). *Evaluación geológica y geotécnica de la carretera del circuito turístico lago sagrado de los incas, tramo km. 00+000 al km. 10+000 Ccota-Charcas-Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Pezo, A. (2023). *Estabilización de subrasantes blandos con adición de cenizas de tusa del maíz en Villa Lagunas, distrito de Lagunas-región Loreto -2022*. Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/110249>
- Pino, R. (2018). *Metodología de la investigación*. Lima: San Marcos.
- Quispe, C., & Tarifa, Y. W. (2022). *Estabilización de suelos arcillosos con cal y cenizas de cáscara de castaña para la subrasante en la Av. Circunvalación, Tambopata 2022*. Lima-Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Quispe, D. (2021). Estabilización de suelos expansivos con ceniza de mazorca de maíz en la ciudad del Cusco. *Revista Profesional de la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cuso*, 4(2). doi:<https://doi.org/10.51343/racs.v4i2.808>
- Quispe, E., & Sañac, M. (2019). *Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018*. Universidad Tecnológica de los Andes.
- Ramírez, W., & Zavaleta, R. (2017). *Estudio comparativo del diseño del pavimento rígido, semirrígido con adoquines de concreto y flexible para las calles del sector VI C- El Milagro - Trujillo - La Libertad*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Ramos, V. (2025). *Influencia de la ceniza de tallo de quinua en las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante en la carretera Interoceánica, Huachaqui-Macusani PU-100, Distrito de Macusani, Provincia de Carabaya, Departamento de Puno, 2023*. Universidad Continental.
- Rimachi, P. I., & Sánchez, R. R. (2019). *Estabilización de suelos con adición de ceniza de cáscara de coco al 0.5%, 1.5%, 3%, 5% y 8%, a nivel de subrasante en el sector de Lampanin distrito de Cáceres del Perú provincia del Santa, Ancash. .* Chimbote-Perú: Universidad Cesar Vallejo.



- Rosales, C. F. (2020). *Evaluación de las propiedades de la subrasante con baja capacidad portante adicionando ceniza de tusa de maíz y cascara de mani, VMT 2019*. Lima-Perú : Universidad Cesar Vallejo .
- Sánchez, M. J., Fernández, M., & Diaz, J. C. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Scielo, Uisrael*, 8(1), 113-128.
- Solis, Q. M. (2022). *Incorporación de polímero acrílico de estireno y comportamiento mecánico de la subrasante en la carretera Negromayo - Espinar 2022*. Lima-Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Tacca, H. J. (2021). *“Estabilización de suelo arcilloso con adición de cal para el mejoramiento de la subrasante, Vía de evitamiento, Abancay – Apurímac, 2021”* . Lima-Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- Yuni, J., & Urbano, C. (2021). *Metodología y Técnicas para Investigar: Recursos para la elaboración de proyectos, análisis de datos y redacción científica* (2° ed., Vol. 1). Brujas. doi:ISBN: 979-8595351294
- Zarate, B. D. (2020). *DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA VÍA LENGUAZAQUE- VILLAPINZÓN EN EL DEPARTAMENTO DE CUNDINAMARCA*. Bogota D. C.: Universidad Militar Nueva Granada.



ANEXOS



Anexo 01. Matriz de Consistencia

Título de tesis: "ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CTQ Y CTM EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA"				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la variación de las propiedades de la subrasante con empleo de CTQ y CTM en la avenida Jerusalén de la ciudad de Juliaca?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Comparar y analizar las propiedades de la subrasante con el empleo de CTQ y CTM en la avenida Jerusalén de la ciudad de Juliaca.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La variación de las propiedades de la subrasante con incorporación de CTQ y CTM es significativa respecto al suelo patrón en la avenida Jerusalén de la ciudad de Juliaca.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>CTQ y CTM</p> <p>Dimensiones:</p> <p><i>Adición de 4%, 6% y 8% de CTQ</i></p> <p><i>Adición de 4%, 6% y 8% de CTM</i></p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Propiedades del Suelo Subrasante</p> <p>Dimensiones:</p> <p><i>Índice de plasticidad IP</i></p> <p><i>Grado de compactación (MDS y OCH)</i></p> <p><i>Capacidad relativa de soporte (CBR)</i></p>	<p>Bandejas y herramientas de laboratorio</p> <p>Equipos y herramientas de laboratorio</p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
<p>¿Qué propiedades físicas y mecánicas presenta la subrasante de la avenida Jerusalén en la ciudad de Juliaca?</p> <p>¿De qué manera varía el índice de plasticidad de la subrasante con la adición de CTQ y CTM en porcentajes variables en la avenida Jerusalén de la ciudad de Juliaca?</p> <p>¿De qué manera varía el grado de compactación de la subrasante con la incorporación de CTQ y CTM en porcentajes variables en la avenida Jerusalén de la ciudad de Juliaca?</p> <p>¿De qué manera varía el CBR de la subrasante con el empleo de CTQ y CTM en porcentajes variables en la avenida Jerusalén de la ciudad de Juliaca?</p>	<p>Analizar propiedades físicas y mecánicas que presenta la subrasante de la avenida Jerusalén en la ciudad de Juliaca.</p> <p>Evaluar la variación del índice de plasticidad de la subrasante con la adición de CTQ y CTM en porcentajes variables en la avenida Jerusalén.</p> <p>Evaluar la variación del grado de compactación de la subrasante con la incorporación de CTQ y CTM en porcentajes variables en la avenida Jerusalén.</p> <p>Evaluar la variación del CBR de la subrasante con el empleo de CTQ y CTM en porcentajes variables en la avenida Jerusalén.</p>	<p>Las características físicas y mecánicas de la subrasante en la avenida Jerusalén de Juliaca se clasifican como suelos inapropiados para esta función.</p> <p>La variación del índice de plasticidad de la subrasante es buena y reducirá significativamente con la incorporación de CTQ y CTM en porcentajes variables en la avenida Jerusalén de la ciudad de Juliaca</p> <p>La variación del grado de compactación de la subrasante es alta y se incrementará considerablemente con la incorporación de CTQ y CTM en porcentajes variables en la avenida Jerusalén de la ciudad de Juliaca.</p> <p>La variación del CBR de la subrasante es alta y se mejorará significativamente con la aplicación de CTQ y CTM en porcentajes variables en la avenida Jerusalén de la ciudad de Juliaca.</p>		



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE: Bach. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA: CALICATA 1

FECHA: 08 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO - DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.L.= 2500.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 774.62
2"	50.000						P.P.= 1725.38
1 1/2"	38.100						%w= 7.70
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 24.50
1/2"	12.500						L.P.= 11.38
3/8"	9.500	87.69	3.51	3.51	96.49		I.P.= 13.11
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	88.26	3.53	7.04	92.96		D10= --- Cu= ---
No8	2.360						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	102.34	4.08	11.13	88.87		
No16	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	68.36	2.73	13.87	86.13		I.G. = :
No30	0.600						SUCS : ML
No40	0.425	105.31	4.21	18.08	81.92		ASSTHO :
No50	0.300	99.32	3.93	22.01	77.99		OBSERVACIONES:
No80	0.250						
No90	0.180						
No100	0.150	115.02	4.60	26.61	73.39		
No200	0.075	109.32	4.37	30.98	69.02		
BASE		1725.38	69.02	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		69.02					



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

M.S.C.A. JEFATURA

Dr. Arnoldo Yana Torres



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

PROYECTO ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CINIZA DE TALLO DE QUINUA Y CINIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE Inge. EDGAR JOSÉ TICONA CHAMBI

LUGAR LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS, JULIACA

MUESTRA CALICATA 1

FECHA 6 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	235.65
SUELO SECO + TARRO	gr	203.14
PESO DEL TARRO	gr	55.29
PESO DEL AGUA	gr	32.51
PESO DEL SUELO SECO	gr	147.85
HUMEDAD %	%	21.99

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		G	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	36.25	37.12
SUELO SECO + TARRO	gr	31.49	23.69
PESO DEL TARRO	gr	18.12	19.15
PESO DEL AGUA	gr	4.76	3.43
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.37	14.54
HUMEDAD %	%	35.60	23.59
N° DE GOLPES		22	22

LÍMITE PLÁSTICO

E	G
14.42	14.61
13.52	13.98
7.98	8.63
0.90	0.63
5.54	5.35
16.25	11.78

LÍMITE LIQUIDO % : 29.14 **LÍMITE PLÁSTICO %** : 14.01

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15.13

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

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 JULIACA

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

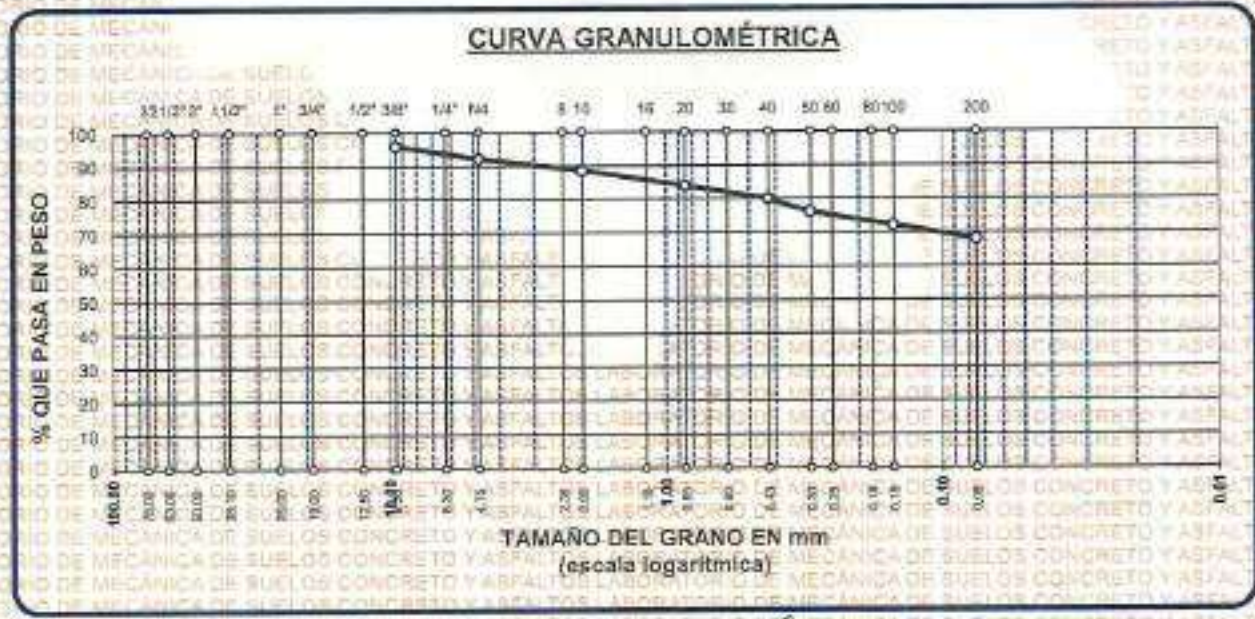
SOLICITANTE: BARR, EDGAR JOSE TICONA CHAMBI

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA: CALICATA 2

FECHA: 8 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.L.= 2500.00
2"	50.000						P.L.= 799.07
1 1/2"	38.100						P.P.= 1700.93
1"	25.000						%W= 21.71
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						LL.= 27.65
3/8"	9.500	101.36	4.05	4.05	95.95		LP.= 12.66
1/4"	6.300						IP.= 14.99
No4	4.750	95.34	3.81	7.87	92.13		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	87.26	3.48	11.35	88.64		D30= --- Cc= ---
No15	1.180						
No20	0.850	115.31	4.61	15.97	84.03		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						IG. # :
No40	0.425	98.49	3.94	19.91	80.09		SUCS : CI
No50	0.300	93.59	3.74	23.65	76.35		ASSHTO :
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	105.36	4.21	27.87	72.13		
No200	0.075	102.36	4.09	31.96	68.04		
BASE		1700.93	68.04	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		88.04					



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Ing. Arnoldo Tama Torres
C.I.F. 100257



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



PROYECTO ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SOBRESANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALEM DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE Bachi, EDGAR JOSE TICOMA CHAMBI

LUGAR LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA CALICATA 2

FECHA 8 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	242.65
SUELO SECO + TARRO	gr	208.88
PESO DEL TARRO	gr	53.19
PESO DEL AGUA	gr	33.79
PESO DEL SUELO SECO	gr	155.67
HUMEDAD %	%	21.71

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		C	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	36.74	35.26
SUELO SECO + TARRO	gr	34.69	30.21
PESO DEL TARRO	gr	17.30	18.83
PESO DEL AGUA	gr	2.05	5.05
PESO DEL SUELO SECO	gr	17.38	11.38
HUMEDAD %	%	11.79	44.38
N° DE GOLPES		22	22

LÍMITE PLÁSTICO

E	G
16.14	15.37
15.59	14.57
9.37	8.50
0.55	1.00
6.22	6.07
8.84	16.47

LÍMITE LÍQUIDO % : 27.65 **LÍMITE PLÁSTICO %** : 12.66

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14.99

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

Dr. Arnaldo Yano Torres
C.I.F. 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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE RAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

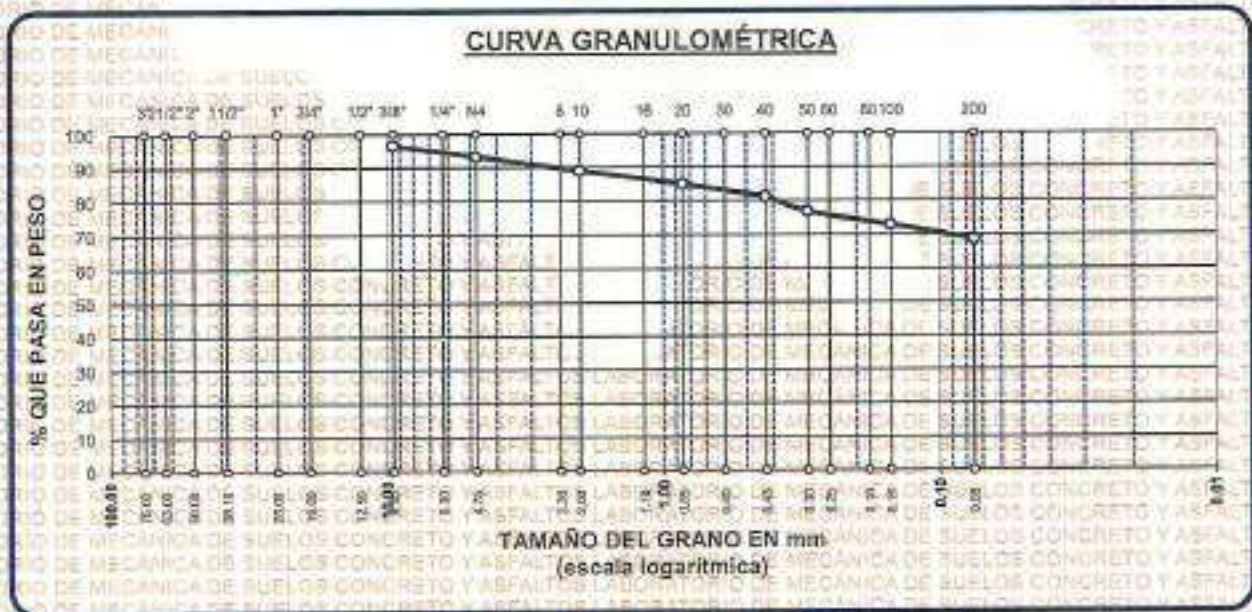
SOLICITANTE: Bash. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA: CALICATA 3

FECHA: 8 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	AMERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.L.= 2500.00
2"	50.000						P.L.= 785.44
1 1/2"	38.100						P.P.= 1714.56
1"	25.000						%w = 23.31
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						LL.= 29.66
3/8"	9.500	85.36	3.41	3.41	96.59		LP.= 14.21
1/4"	6.300						IP.= 15.45
No4	4.750	81.36	3.25	6.67	93.33		CARACT. GRANULOMETRICAS:
No8	2.360						D10= — Cu= —
No10	2.000	106.34	4.25	10.92	89.08		D30= — Cc= —
No16	1.180						
No20	0.850	101.04	4.04	14.96	85.04		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						LG. = :
No40	0.425	95.36	3.81	18.78	81.22		SUCS : CL
No60	0.300	110.30	4.41	23.19	76.81		ASSTHO :
No80	0.250						OBSERVACIONES:
No100	0.150	88.36	3.93	27.12	72.88		
No200	0.075	107.32	4.28	31.42	68.58		
BASE		1714.56	88.58	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		68.58					



Dr. Arnaldo Yana 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

PROYECTO: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE: Bach. EDGAR JOSÉ TICONA CHAMBI

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA: CALICATA 3 Y ASFALTOS

FECHA: 8 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	231.98
SUELO SECO + TARRO	gr	199.38
PESO DEL TARRO	gr	59.44
PESO DEL AGUA	gr	32.62
PESO DEL SUELO SECO	gr	139.92
HUMEDAD %	%	23.31

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		G	H
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.53	35.25
SUELO SECO + TARRO	gr	32.75	31.27
PESO DEL TARRO	gr	19.54	20.95
PESO DEL AGUA	gr	2.78	3.98
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.21	10.32
HUMEDAD %	%	21.04	38.57
N° DE GOLPES		24	24

LÍMITE PLÁSTICO

H	I
14.21	14.26
13.26	13.61
7.45	8.22
0.95	0.65
5.81	5.39
16.35	12.06

LÍMITE LÍQUIDO % : 29.66 **LÍMITE PLÁSTICO % :** 14.21

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15.45

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 P.O.P. - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnoldo Yana Torres
 CIP. 303257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2497)

PROYECTO: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAIZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

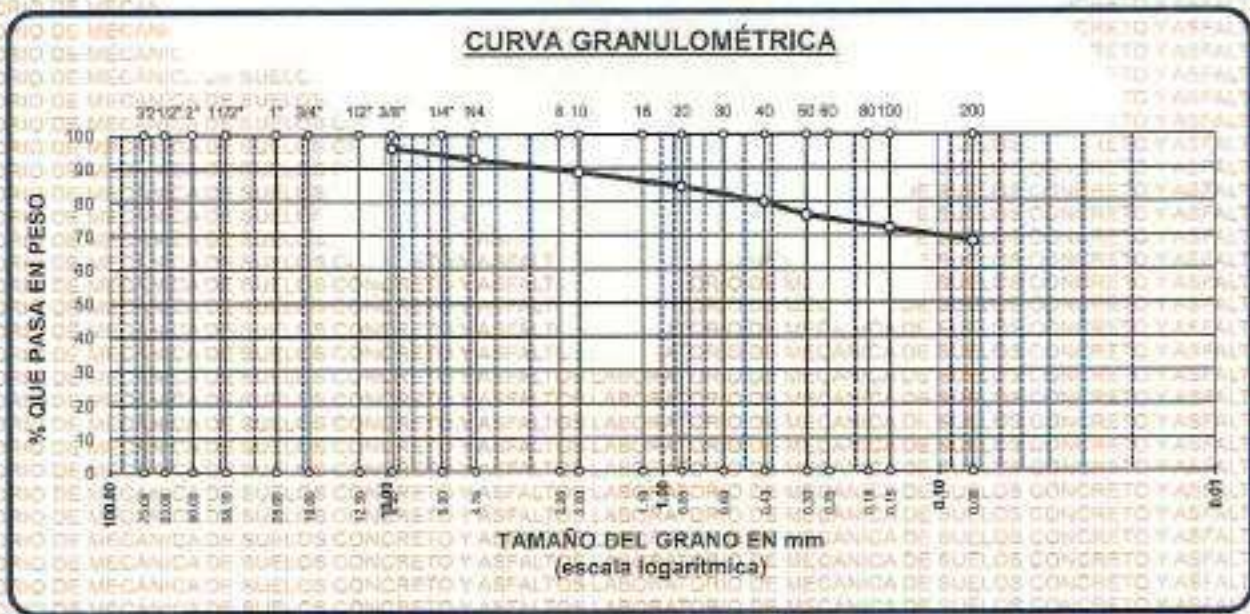
SOLICITANTE: Bath, EDGAR JOSE TICONA CHAMBI

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA: CALICATA 4

FECHA: 6 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	E SPECIF.	TAMANO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: P.L.= 2500.00 P.L.= 793.73 P.P.= 1706.27 %w= 19.92 LIMITES DE CONSISTENCIA: LL= NP LP= NP IP= NP CARACT. GRANULOMÉTRICAS: D10= --- Cu= --- D30= --- Cc= --- D60= --- CLASIFICACIÓN: I.G. = : SUCS : SP ASSTHO : OBSERVACIONES:
3"	75,000						
2 1/2"	63,000						
2"	50,000						
1 1/2"	38,100						
1"	25,000						
3/4"	19,000						
1/2"	12,500						
3/8"	9,500	98.81	3.95	3.95	96.05		
1/4"	6,300						
No4	4,750	87.15	3.48	7.44	92.56		
No8	2,360						
No10	2,000	93.34	3.73	11.17	88.83		
No16	1,180						
No20	0,850	108.36	4.33	15.51	84.49		
No30	0,600						
No40	0,425	112.17	4.49	19.99	80.01		
No 50	0,300	98.23	3.85	23.84	76.16		
No60	0,250						
No80	0,180						
No100	0,150	103.91	4.01	27.85	72.15		
No200	0,075	97.36	3.89	31.75	68.25		
BASE		1706.27	68.25	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		68.25					



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
RSCA
Dr. Arnoldo Jara Torres
CIP: 103267



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

PROYECTO: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFACIE DOS EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINIA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE: Bach. EDGAR JOSE TICOMA CHAMBI

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA: CALICATA 4

FECHA: 8 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	225.34
SUELO SECO + TARRO	gr	194.38
PESO DEL TARRO	gr	38.84
PESO DEL AGUA	gr	30.98
PESO DEL SUELO SECO	gr	155.52
HUMEDAD %	%	19.92

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		I	J
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	34.36	34.35
SUELO SECO + TARRO	gr	31.27	31.28
PESO DEL TARRO	gr	19.52	20.91
PESO DEL AGUA	gr	3.09	3.09
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.75	10.35
HUMEDAD %	%	26.30	29.88
N° DE GOLPES		28	28

LÍMITE PLÁSTICO

J	K
15.63	14.88
14.91	13.95
7.79	8.18
0.72	0.93
7.12	5.77
10.11	16.12

LÍMITE LÍQUIDO %	28.48	LÍMITE PLÁSTICO %	13.12
-------------------------	--------------	--------------------------	--------------

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15.35

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

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
 FOP - CIVIL - INGENIERÍA CIVIL

[Firma]
 Dr. Arnaldo Yane Torres
 CIP: 103257



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

**PROYECTO**

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE

Bash EDGAR JOSE TICONA CBAMBI

LUGAR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA

MUESTRA 1 + 4% CENIZA DE TALLO DE QUINUA

FECHA

10 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	92.60
SUELO SECO + TARRO	gr	81.42
PESO DEL TARRO	gr	22.20
PESO DEL AGUA	gr	11.18
PESO DEL SUELO SECO	gr	59.22
HUMEDAD %	%	18.88

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-19	T-20	T-21
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	28.05	28.23	28.12
SUELO SECO + TARRO	gr	26.68	26.91	26.77
PESO DEL TARRO	gr	21.24	22.40	21.74
PESO DEL AGUA	gr	1.37	1.32	1.35
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.44	4.51	5.03
HUMEDAD %	%	25.18	29.27	26.84
N° DE GOLPES	-	32	25	16

LÍMITE PLÁSTICO

T-23	T-24
17.38	17.31
16.37	16.22
8.15	8.30
1.01	1.09
8.22	7.92
12.29	13.76

LÍMITE LÍQUIDO % : 26.88

LÍMITE PLÁSTICO % : 13.02

ÍNDICE PLÁSTICO % : 13.86

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Dr. Amaldeo Yano Torres
C.I.E. 103267



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

**PROYECTO**

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE

Bach. EDGAR JOSÉ TICONA CRAMBE

LUGAR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA

MUESTRA 2 + 4% CENIZA DE TALLO DE QUINUA

FECHA

10 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	92.45
SUELO SECO + TARRO	gr	81.34
PESO DEL TARRO	gr	22.38
PESO DEL AGUA	gr	11.11
PESO DEL SUELO SECO	gr	58.96
HUMEDAD %	%	18.84

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-25	T-26	T-27
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	27.98	28.18	28.04
SUELO SECO + TARRO	gr	26.63	26.62	26.72
PESO DEL TARRO	gr	21.21	21.58	21.73
PESO DEL AGUA	gr	1.35	1.33	1.32
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.42	5.24	4.99
HUMEDAD %	%	24.91	25.38	26.45
N° DE GOLPES	-	32	25	18

LÍMITE PLÁSTICO

T-28	T-29
17.29	17.23
16.34	16.34
8.18	6.32
0.95	0.89
8.18	8.02
11.64	11.10

LÍMITE LÍQUIDO % : 25.37

LÍMITE PLÁSTICO % : 11.37

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14.00

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



[Handwritten signature]



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



PROYECTO ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE Bsch. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI

LUGAR LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA MUESTRAS 1 + 4% CENIZA DE TUSA DE MAÍZ

FECHA 11 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	95.21
SUELO SECO + TARRO	gr	83.74
PESO DEL TARRO	gr	22.15
PESO DEL AGUA	gr	11.47
PESO DEL SUELO SECO	gr	61.59
HUMEDAD %	%	18.62

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-19	T-20	T-21
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	28.06	28.24	28.11
SUELO SECO + TARRO	gr	26.67	26.90	26.78
PESO DEL TARRO	gr	21.24	22.40	21.74
PESO DEL AGUA	gr	1.39	1.34	1.35
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.43	4.50	5.02
HUMEDAD %	%	25.60	29.78	26.89
N° DE GOLPES	-	32	25	16

LÍMITE PLÁSTICO

T-23	T-24
17.40	17.33
16.39	16.22
8.15	8.25
1.01	1.11
8.24	7.87
12.26	13.93

LÍMITE LÍQUIDO % : 27.21

LÍMITE PLÁSTICO % : 13.09

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14.12

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

Dr. Fernando Jara Torres
CIP: 103267



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



PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENZA DE TALLO DE QUINDA Y CENZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALEN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BARRI, EDGAR JOSÉ TICONA CHAMBI

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA : MUESTRA 2 + 4% CENZA DE TUSA DE MAÍZ

FECHA : 11 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	95.05
SUELO SECO + TARRO	gr	83.62
PESO DEL TARRO	gr	22.10
PESO DEL AGUA	gr	11.43
PESO DEL SUELO SECO	gr	61.52
HUMEDAD %	%	18.58

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-25	T-26	T-27
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	28.11	28.29	28.25
SUELO SECO + TARRO	gr	26.65	26.86	26.73
PESO DEL TARRO	gr	21.22	21.45	21.6
PESO DEL AGUA	gr	1.46	1.44	1.52
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.43	5.40	5.13
HUMEDAD %	%	26.89	26.67	29.63
N° DE GOLPES	-	32	25	18

LÍMITE PLÁSTICO

	T-28	T-29
	17.45	17.38
	16.44	16.25
	8.16	8.30
	1.01	1.13
	8.28	7.95
	12.20	14.21

LÍMITE LÍQUIDO % : 27.48

LÍMITE PLÁSTICO % : 13.21

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14.27

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



INSTITUTO VICEPRESIDENCIAL DE INVESTIGACIONES Y SERVICIOS TECNOLÓGICOS

Dr. Arnaldo Yanez Torres

CIP: 103257



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



PROYECTO ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE Bsch. EDGAR JOSE TICONA CHAMER

LUGAR LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA MUESTRA 1 + 6% CENIZA DE TALLO DE QUINUA

FECHA 10 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	91.12
SUELO SECO + TARRO	gr	81.48
PESO DEL TARRO	gr	22.12
PESO DEL AGUA	gr	9.64
PESO DEL SUELO SECO	gr	59.38
HUMEDAD %	%	16.24

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-35	T-36	T-37
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	28.05	28.23	28.12
SUELO SECO + TARRO	gr	26.68	26.91	26.77
PESO DEL TARRO	gr	21.28	21.31	21.27
PESO DEL AGUA	gr	1.37	1.32	1.35
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.40	5.60	5.50
HUMEDAD %	%	25.37	23.57	24.55
N° DE GOLPES	-	32	25	16

LÍMITE PLÁSTICO

T-38	T-39
17.38	17.31
16.37	16.22
8.15	8.36
1.01	1.09
8.22	7.92
12.29	13.76

LÍMITE LÍQUIDO % : 24.32

LÍMITE PLÁSTICO % : 13.02

ÍNDICE PLÁSTICO % : 11.30

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


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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



PROYECTO: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TIRSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALEN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE: BARRA EDGAR JOSE TICONA CHAMBI

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA: MUESTRA 1 + 4% CENIZA DE TALLO DE QUINUA

FECHA: 10 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	91.04
SUELO SECO + TARRO	gr	81.45
PESO DEL TARRO	gr	21.90
PESO DEL AGUA	gr	9.59
PESO DEL SUELO SECO	gr	59.55
HUMEDAD %	%	16.10

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-40	T-41	T-42
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	28.03	28.20	28.11
SUELO SECO + TARRO	gr	26.86	28.89	26.75
PESO DEL TARRO	gr	21.25	21.35	21.3
PESO DEL AGUA	gr	1.37	1.31	1.36
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.41	5.54	5.45
HUMEDAD %	%	25.32	23.85	24.95
N° DE GOLPES	-	32	25	16

LÍMITE PLÁSTICO

	T-43	T-44
	17.33	17.26
	16.33	16.19
	8.20	8.25
	1.00	1.08
	8.13	7.93
	12.30	13.62

LÍMITE LÍQUIDO % : 24.46

LÍMITE PLÁSTICO % : 12.96

ÍNDICE PLÁSTICO % : 11.50

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103267



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERÓN MELÉNDEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE MAÍZ Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE

Bach. EDGAR JOSÉ TICONA CHAMÍ

LUGAR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA

MUESTRA 1 - 6% CENIZA DE TUSA DE MAÍZ

FECHA

31 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	94.23
SUELO SECO + TARRO	gr	81.48
PESO DEL TARRO	gr	22.12
PESO DEL AGUA	gr	12.75
PESO DEL SUELO SECO	gr	59.36
HUMEDAD %	%	21.49

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°	T-35	T-36	T-37	
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	28.01	28.19	28.08
SUELO SECO + TARRO	gr	26.69	26.92	26.78
PESO DEL TARRO	gr	21.28	21.31	21.27
PESO DEL AGUA	gr	1.32	1.27	1.30
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.41	5.61	5.51
HUMEDAD %	%	24.40	22.64	23.59
N° DE GOLPES	-	32	25	16

LÍMITE PLÁSTICO

T-38	T-39
17.35	17.28
16.38	16.23
8.15	6.30
0.98	1.05
8.24	7.93
11.65	13.24

LÍMITE LÍQUIDO % : 23.38

LÍMITE PLÁSTICO % : 12.45

ÍNDICE PLÁSTICO % : 10.93

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



INGENIERO EN CIENCIAS DE SUELOS
 FOP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103297



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



PROYECTO: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE: Bach. EDGAR JOSÉ TICONA CHAMBI

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO Y ASFALTOS- JULIACA

MUESTRA: MUESTRA 2 + 6% CENIZA DE TUSA DE MAÍZ

FECHA: 31 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	91.04
SUELO SECO + TARRO	gr	81.45
PESO DEL TARRO	gr	21.90
PESO DEL AGUA	gr	9.59
PESO DEL SUELO SECO	gr	59.55
HUMEDAD %	%	16.10

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-40	T-41	T-42
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	27.98	28.15	28.06
SUELO SECO + TARRO	gr	26.65	26.90	26.74
PESO DEL TARRO	gr	21.25	21.35	21.3
PESO DEL AGUA	gr	1.33	1.25	1.32
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.40	5.55	5.44
HUMEDAD %	%	24.63	22.52	24.26
N° DE GOLPES	-	32	25	18

LÍMITE PLÁSTICO

T-43	T-44
17.31	17.24
16.34	16.18
8.20	8.25
0.97	1.08
8.14	7.91
11.92	13.85

LÍMITE LÍQUIDO % : 23.63

LÍMITE PLÁSTICO % : 12.79

ÍNDICE PLÁSTICO % : 10.84

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

D^a Amanda Yana Torres
 CIP: 103257



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



PROYECTO: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUBA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE: Sr. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA: MUESTRA 1 + 8% CENIZA DE TALLO DE QUINUA

FECHA: 30 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	94.53
SUELO SECO + TARRO	gr	85.82
PESO DEL TARRO	gr	22.20
PESO DEL AGUA	gr	8.71
PESO DEL SUELO SECO	gr	83.62
HUMEDAD %	%	13.69

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRÓN N°		T-02	T-03	T-04
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32.78	33.05	33.46
SUELO SECO + TARRO	gr	31.12	31.37	31.52
PESO DEL TARRO	gr	21.22	22.38	21.72
PESO DEL AGUA	gr	1.66	1.68	1.94
PESO DEL SUELO SECO	gr	8.90	8.99	9.80
HUMEDAD %	%	16.77	18.89	19.80
N° DE GOLPES	-	32	25	16

LÍMITE PLÁSTICO

T-06	T-07
18.49	18.38
17.73	17.65
8.17	8.22
0.76	0.73
9.58	9.43
7.95	7.74

LÍMITE LÍQUIDO % : 18.24

LÍMITE PLÁSTICO % : 7.85

ÍNDICE PLÁSTICO % : 10.39

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



Dr. Arnaldo Yano Torres
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN CA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE: BASH EDGAR JOSE TICONA CRAMBI

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA: MUESTRA 1 + 6% CENIZA DE TALLO DE QUINUA

FECHA: 10 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	94.38
SUELO SECO + TARRO	gr	85.72
PESO DEL TARRO	gr	22.19
PESO DEL AGUA	gr	8.66
PESO DEL SUELO SECO	gr	63.53
HUMEDAD %	%	13.63

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRÓN		T-08	T-09	T-10
SUELO HUMEDO + TARRÓ	gr	32.75	33.02	33.43
SUELO SECO + TARRÓ	gr	31.10	31.35	31.5
PESO DEL TARRÓ	gr	21.20	22.35	22.41
PESO DEL AGUA	gr	1.65	1.67	1.93
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.90	9.00	9.09
HUMEDAD %	%	16.67	18.56	21.23
Nº DE GOLPES	-	32	25	18

LÍMITE PLÁSTICO

T-12	T-13
18.50	18.39
17.69	17.62
8.12	8.24
0.81	0.77
9.57	9.38
8.46	8.21

LÍMITE LÍQUIDO % : 18.61

LÍMITE PLÁSTICO % : 8.34

ÍNDICE PLÁSTICO % : 10.28

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



Dr. Arnoldo Torres Torres
CIP. 103257



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



PROYECTO ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE OUNDA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALEN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE Bach. EDGAR JOSÉ TICONA CHAMBI

LUGAR LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA MUESTRA T + 6% CENIZA DE TUSA DE MAÍZ

FECHA 16 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HÚMEDO + TARRO	gr	93,63
SUELO SECO + TARRO	gr	85,85
PESO DEL TARRO	gr	22,15
PESO DEL AGUA	gr	7,78
PESO DEL SUELO SECO	gr	63,70
HUMEDAD %	%	12,21

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-02	T-03	T-04
SUELO HÚMEDO + TARRO	gr	30,76	30,03	30,44
SUELO SECO + TARRO	gr	28,95	29,28	29,29
PESO DEL TARRO	gr	21,22	22,38	21,72
PESO DEL AGUA	gr	1,81	0,77	1,15
PESO DEL SUELO SECO	gr	7,73	6,88	7,57
HUMEDAD %	%	23,42	11,19	15,19
N° DE GOLPES	-	32	25	16

LÍMITE PLÁSTICO

T-08	T-07
17,49	17,38
18,86	16,82
8,17	6,22
0,63	0,56
8,69	8,60
7,28	6,51

LÍMITE LÍQUIDO % : 16,57

LÍMITE PLÁSTICO % : 6,88

ÍNDICE PLÁSTICO % : 09,69

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



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PIRAS
Escuela Profesional de Ingeniería Civil
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103207



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



PROYECTO ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE Bach. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI

LUGAR LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS - JULIACA

MUESTRA MUESTRA 2 + 8% CENIZA DE TUSA DE MAÍZ

FECHA 18 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	93.48
SUELO SECO + TARRO	gr	85.75
PESO DEL TARRO	gr	22.20
PESO DEL AGUA	gr	7.73
PESO DEL SUELO SECO	gr	63.55
HUMEDAD %	%	12.16

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-08	T-09	T-10
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30.68	29.97	30.38
SUELO SECO + TARRO	gr	28.92	29.23	29.26
PESO DEL TARRO	gr	21.21	22.40	21.71
PESO DEL AGUA	gr	1.76	0.74	1.12
PESO DEL SUELO SECO	gr	7.71	6.83	7.55
HUMEDAD %	%	22.83	10.83	14.83
N° DE GOLPES	-	32	25	16

LÍMITE PLÁSTICO

T-12	T-13
17.47	17.36
16.85	16.83
8.18	8.21
0.62	0.53
8.67	8.62
7.15	6.15

LÍMITE LÍQUIDO % : 16.14

LÍMITE PLÁSTICO % : 6.65

ÍNDICE PLÁSTICO % : 09.49

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. Amado Yana Torres
 CIP: 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

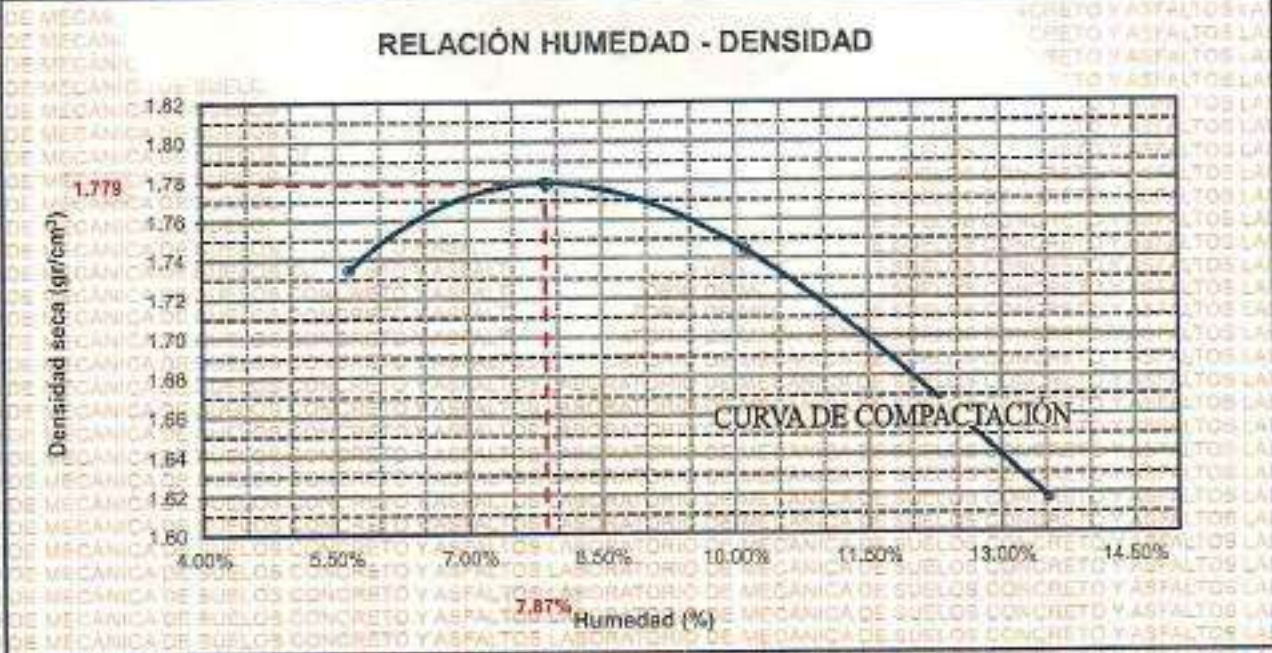
TESIS:	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE:	Bach. EDGAR JOSÉ TICONA CHAMBI
UBICACIÓN:	AV. JERUSALÉN - CIUDAD DE JULIACA
MUESTRA:	CALICATA 1
FECHA:	12 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2105 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	58 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9840	10022	10028	9648
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	3858	4040	4044	3666
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1.833	1.919	1.921	1.837

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	421.88	410.83	438.12	419.76	451.99	410.80	407.72	388.83
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	401.87	389.78	414.53	391.00	389.21	378.00	357.89	357.44
Peso del Agua	gr.	19.77	17.87	24.09	28.78	32.36	32.80	49.73	29.19
Peso de la Capsula	gr.	84.73	84.30	83.43	84.65	82.88	85.88	85.81	88.98
Peso del Suelo Seco	gr.	317.14	325.38	331.10	328.95	332.53	312.11	232.18	290.80
% de Humedad	%	6.08%	5.44%	7.00%	8.82%	8.73%	10.51%	17.02%	10.04%
Promedio de Humedad	%	5.85%		7.91%		10.12%		13.53%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.735		1.779		1.745		1.618	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.779 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 7.87%



Dr. Arnaldo Yuna Torres

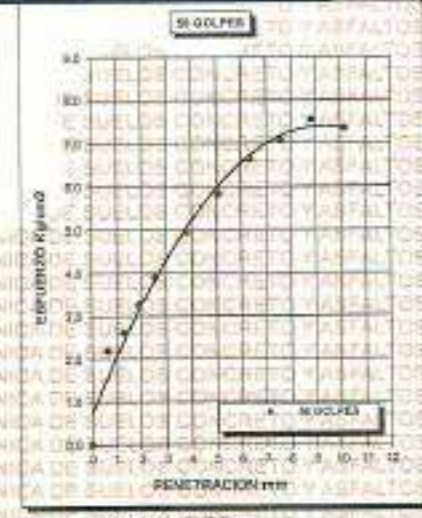
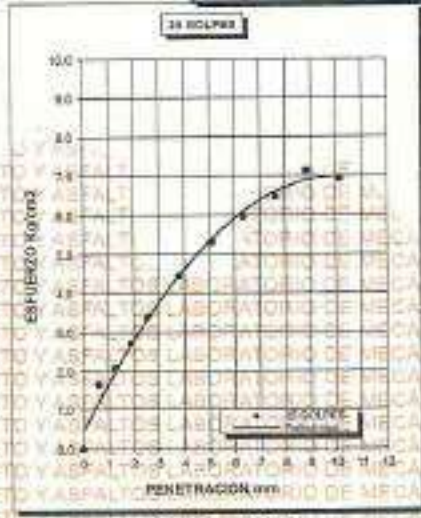
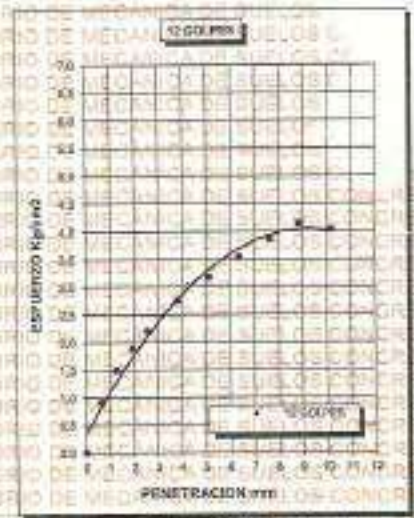
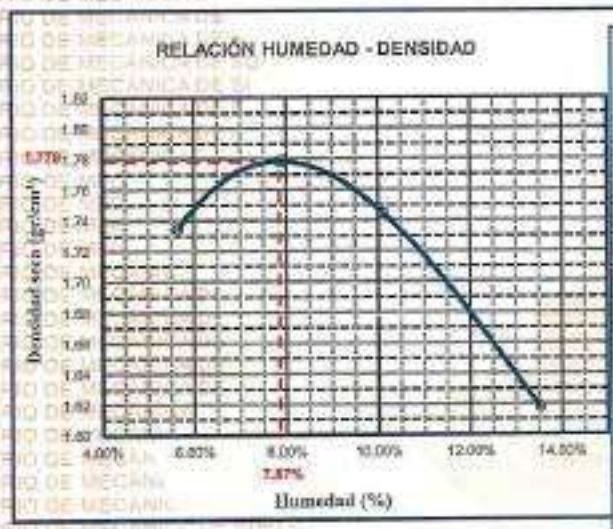
 CIP. 10325T



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



PROYECTO :	"ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE YUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALEN DE LA CIUDAD DE JULIACA"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-81
SOLICITADO :	Bach. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 1.779
UBICACIÓN :	AV. JERUSALEN - CIUDAD DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%) 7.87%
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA 1	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 5.61
FECHA :	12 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 4.78
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



Aracely Yana Torres
 CIP. 105267



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUBA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALEN DE LA CIUDAD DE JULIACA		
SOLICITANTE	Bach. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI		
UBICACIÓN	AV. JERUSALEN - CIUDAD DE JULIACA		
MUESTRA	CALICATA 2		
FECHA	12 DE ABRIL DEL 2024		

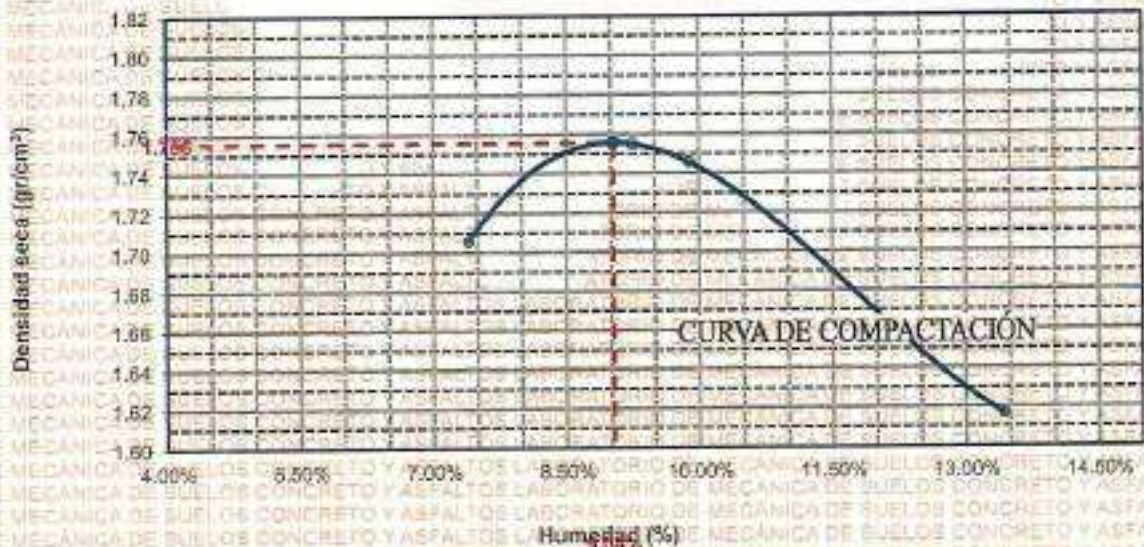
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2105 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	55 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9838	10018	10020	9842
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	3856	4036	4038	3860
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1.832	1.917	1.918	1.834

Capsula No.	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	420.25	406.22	436.74	419.55	430.73	411.48	406.23	385.35
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	400.35	381.12	406.38	393.08	400.97	377.58	357.18	358.35
Peso del Agua	gr.	19.90	25.10	33.36	26.47	29.76	33.90	49.12	27.00
Peso de la Capsula	gr.	64.72	64.37	63.42	64.64	65.67	63.85	66.80	66.55
Peso del Suelo Seco	gr.	335.63	316.75	341.96	325.44	334.30	311.70	291.38	289.81
% de Humedad	%	5.93%	8.87%	9.76%	8.75%	8.90%	10.88%	16.86%	10.01%
Promedio de Humedad	%	7.40%		9.26%		9.89%		13.43%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.706		1.755		1.746		1.617	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.756 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	9.84%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



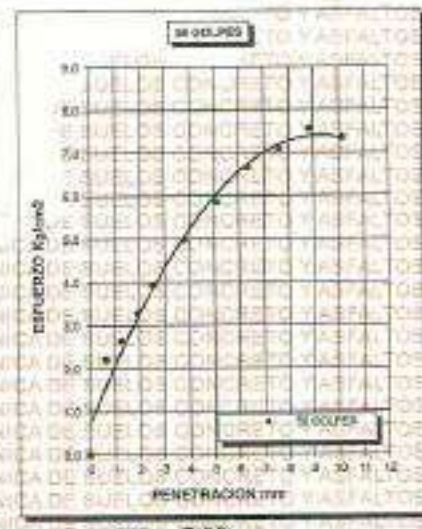
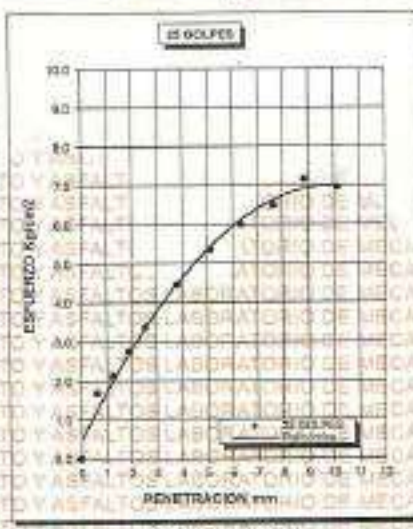
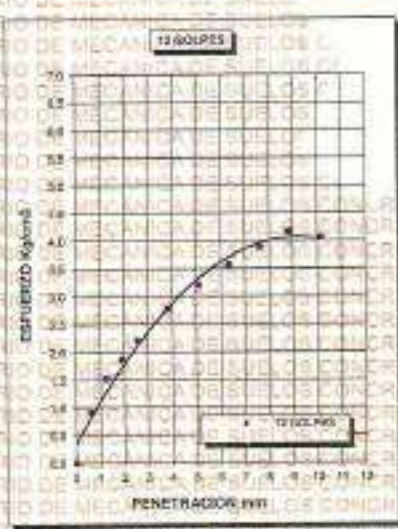
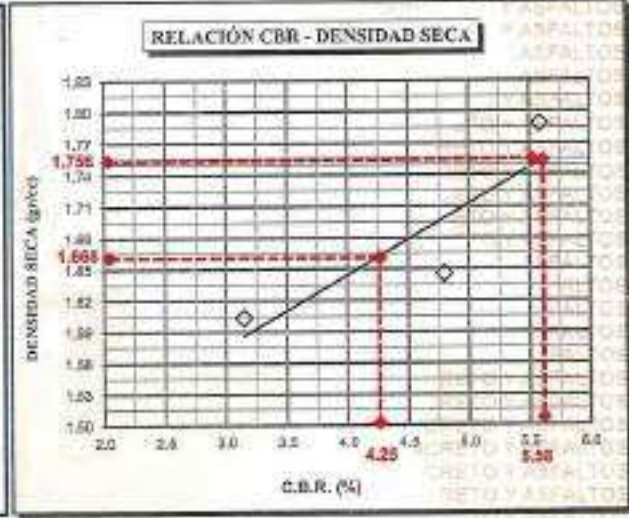
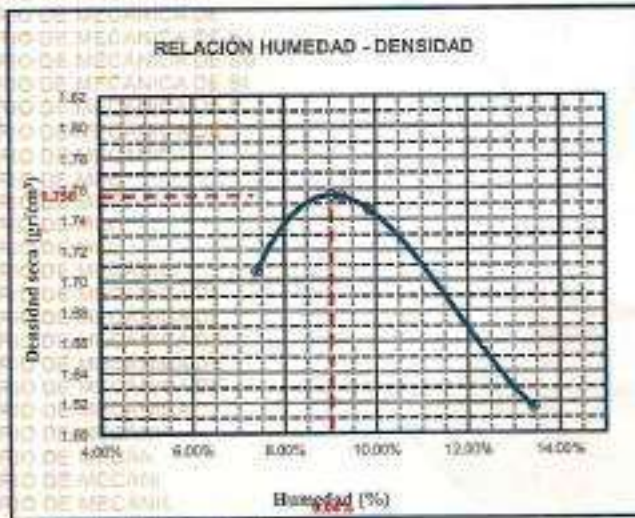
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
JULIACA
Dr. Arnaldo Yano Torres
C.P. 103257



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



PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TISA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO : BACH. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³): 1.756
UBICACIÓN : AV. JERUSALÉN - CIUDAD DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%): 9.04%
MUESTRA : SUELO NATURAL - CALICATA 2	CBR AL 100 DE M.D.S. (%): 5.58
FECHA : 12 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%): 4.25
	CLASIFICACIÓN : CL
	AASHTO : A-2
	EMBEBIDO : 4 DIAS



INGENIERÍA DE INVESTIGACIONES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres

MS.CA. JEFATURA



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

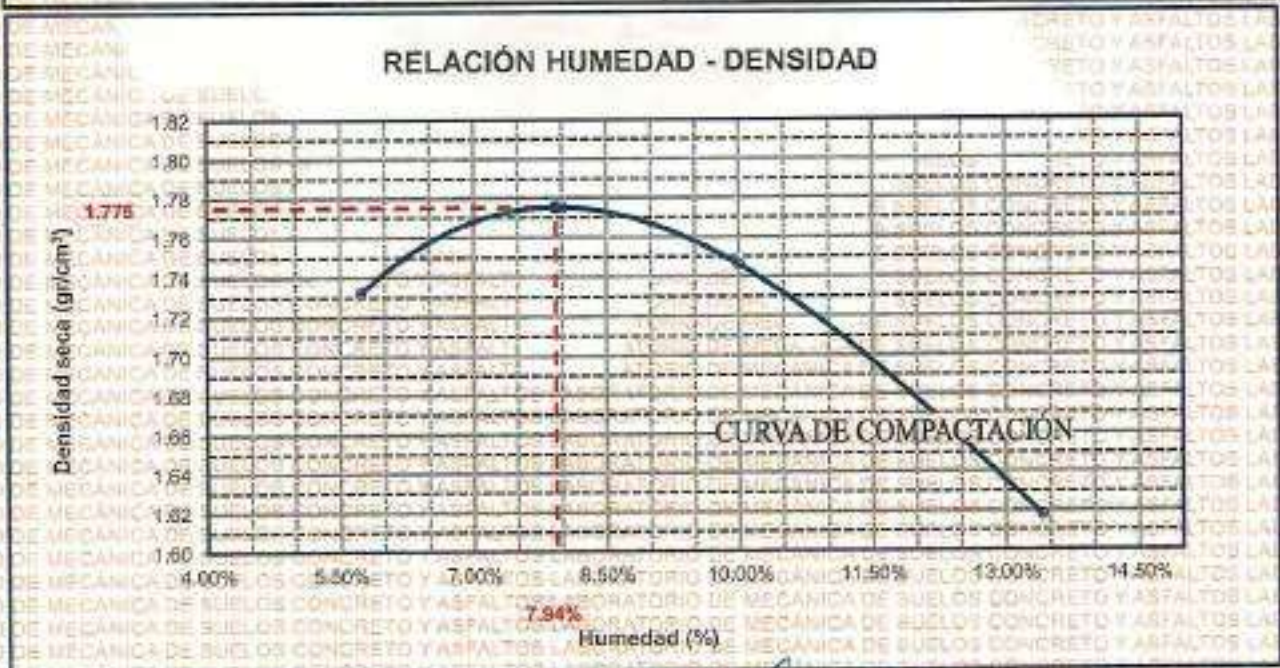
TESIS	1. ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	1. Bach. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI
UBICACIÓN	1. AV. JERUSALÉN - CIUDAD DE JULIACA
MUESTRA	1. CALICATA 3
FECHA	1. 12 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2105 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9837	10018	10025	9844
Peso del Molde	gr.	5962	5962	5982	5962
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	3855	4036	4043	3862
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	1.831	1.917	1.921	1.835

Capsula No	No	SUP.		INF.		SUP.		INF.	
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	430.28	409.67	438.76	416.72	430.97	409.68	406.48	385.42
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	400.08	391.03	413.33	390.26	398.57	377.79	369.35	366.68
Peso del Agua	gr.	20.20	17.84	25.42	26.46	32.40	31.89	48.13	28.74
Peso de la Capsula	gr.	66.70	64.28	63.46	64.63	66.60	65.93	65.74	65.57
Peso del Suelo Seco	gr.	336.38	327.45	349.87	325.63	331.97	311.86	291.61	299.91
% de Humedad	%	6.02%	5.45%	7.27%	8.14%	9.79%	10.24%	16.65%	9.96%
Promedio de Humedad	%	5.74%		8.00%		10.00%		13.42%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.732		1.775		1.745		1.618	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.775 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	7.94%



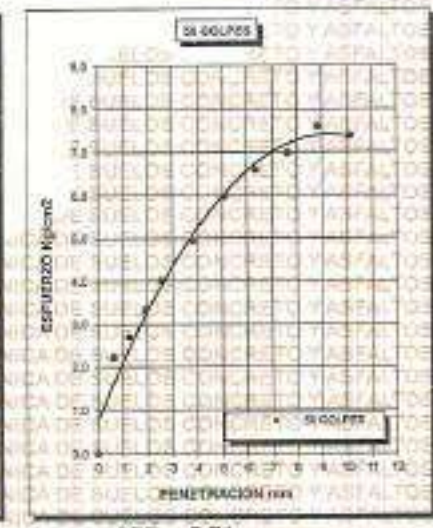
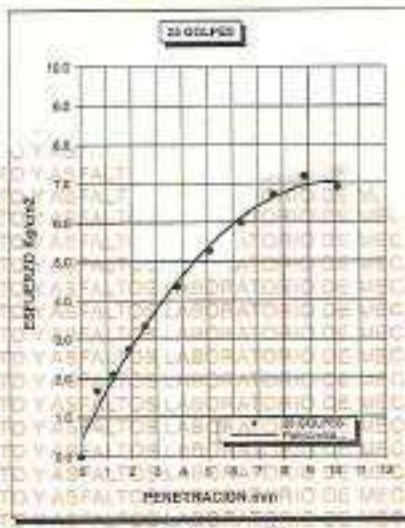
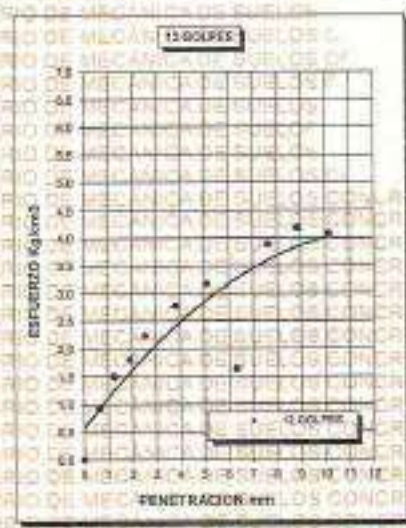
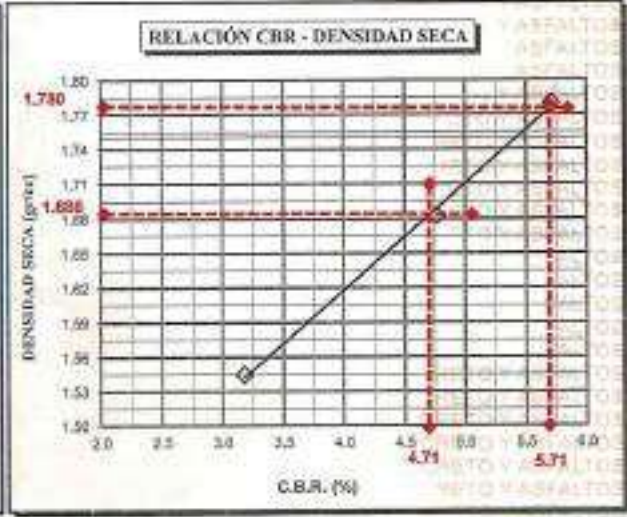
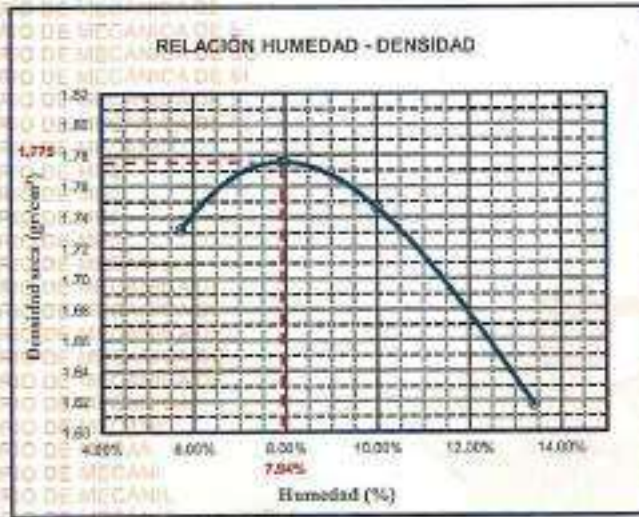
(Firma manuscrita)
Dr. Armando Yano Torres
 CIP. 109287



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



PROYECTO :	"ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBSISTANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINDIA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-01
SÓLICITADO :	Bach. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 1.775
UBICACIÓN :	AV. JERUSALÉN - CIUDAD DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%) 7.94%
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA 3	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 5.71
FECHA :	12 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 4.71
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



[Handwritten signature]
 Dr. *[Signature]*
 T. Yane Torres
 CIP: 103287



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	Bach. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI
UBICACIÓN	AV. JERUSALÉN - CIUDAD DE JULIACA
MUESTRA	CALICATA 4
FECHA	12 DE ABRIL DEL 2024

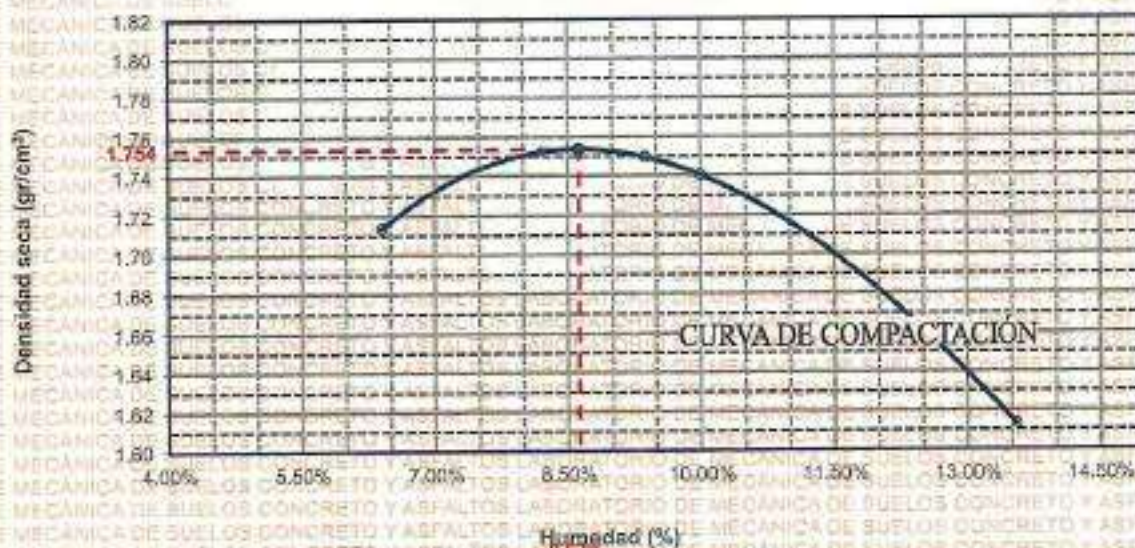
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2105 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9820	10010	10012	9838
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	3838	4028	4030	3856
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	1.823	1.914	1.914	1.832

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	418.58	405.55	434.77	414.77	428.47	405.45	402.54	381.40
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	396.10	384.30	405.23	382.66	394.74	373.38	355.74	352.90
Peso del Agua	gr.	20.48	21.19	29.54	32.69	31.73	31.85	40.05	29.10
Peso de la Capsula	gr.	64.69	64.56	65.69	64.66	65.25	65.48	65.35	66.42
Peso del Suelo Seco	gr.	531.41	519.79	541.40	517.85	528.69	509.10	488.39	465.88
% de Humedad	%	8.10%	8.63%	8.65%	10.10%	9.68%	10.35%	16.92%	10.18%
Promedio de Humedad	%	6.40%		9.38%		10.09%		13.55%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.714		1.750		1.740		1.613	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.754 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	8.63%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



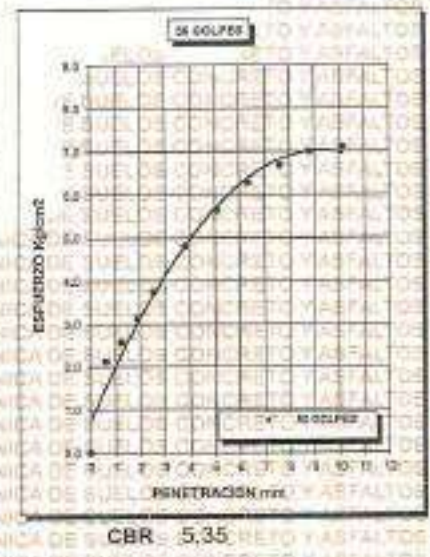
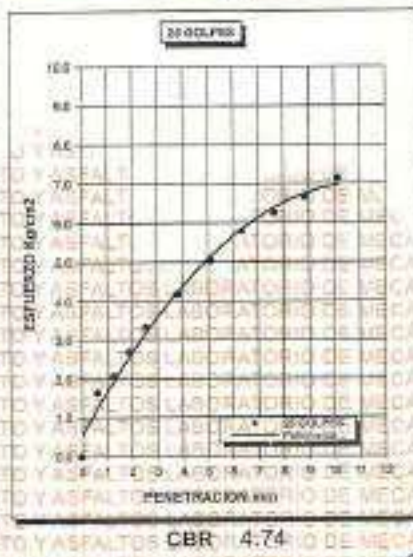
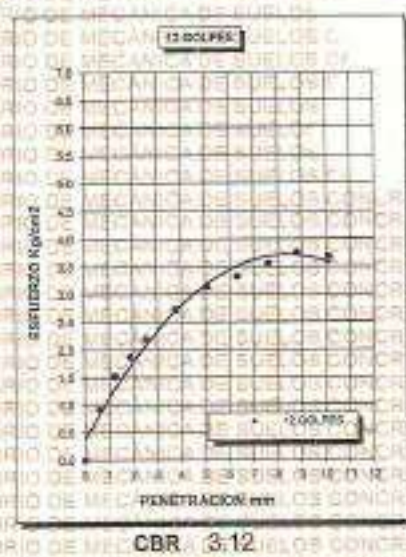
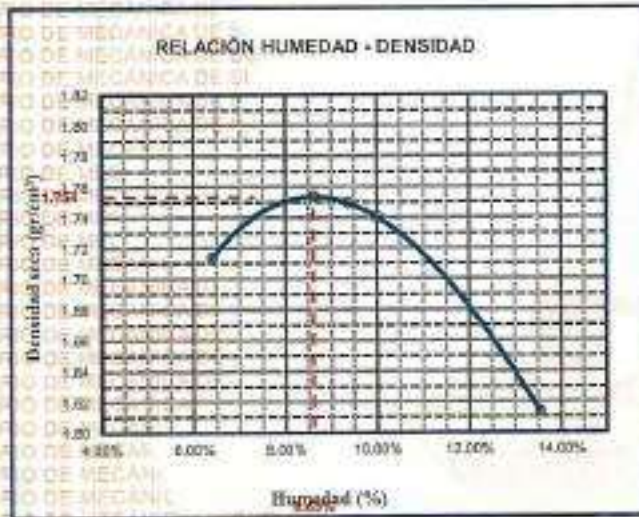
[Handwritten signature]
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 OFICINA DE INVESTIGACIÓN
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



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



PROYECTO : "ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALEN DE LA CIUDAD DE JULIACA"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO : Bach. EDGAR JOSÉ TICOÑA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 1.754
UBICACIÓN : AV. JERUSALEN - CIUDAD DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.63%
MUESTRA : SUELO NATURAL - CALICATA 4	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 5.21
FECHA : 12 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 4.35
	CLASIFICACIÓN : CL
	AASHTO : A-2
	EMBEBIDO : 4 DIAS



[Firma manuscrita]
 Dr. Armando Yana Torres
 CIP 10227



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA		
SOLICITANTE	Bach. EDGAR JOSÉ TICONA CHAMBI		
UBICACIÓN	AV. JERUSALÉN - CIUDAD DE JULIACA		
MATERIAL	SUELO DE SUBRASANTE		
MUESTRA	MUESTRA 01 + 4% CENIZA DE TALLO DE QUINUA		
FECHA	16 DE ABRIL DEL 2024		

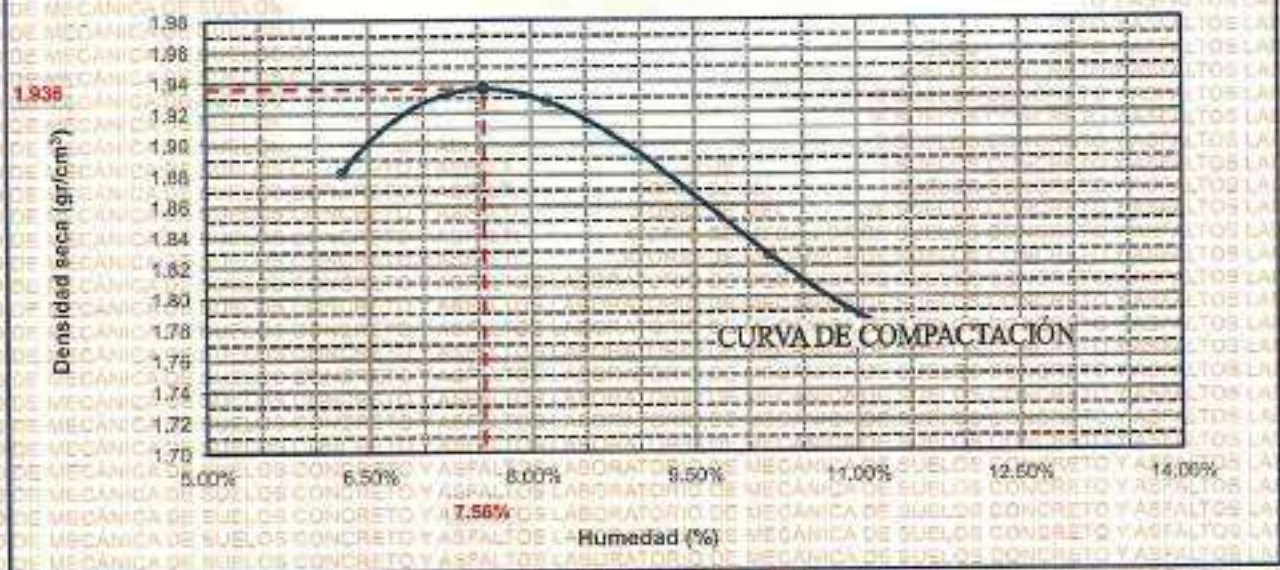
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2105 cm ³
Nº DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	66 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10190	10370	10220	10160
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4208	4388	4238	4178
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.990	2.065	2.013	1.985

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	412.37	408.49	431.57	411.48	423.78	402.37	398.27	381.49
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	389.18	389.17	406.37	389.18	391.43	370.49	363.37	347.37
Peso del Agua	gr.	23.24	17.32	28.20	28.32	32.35	31.88	35.90	34.12
Peso de la Capsula	gr.	64.72	64.58	63.82	65.69	64.32	65.48	65.36	66.42
Peso del Suelo Seco	gr.	324.41	324.59	342.54	317.27	325.21	305.01	297.01	280.85
% de Humedad	%	7.16%	5.34%	7.96%	8.92%	9.94%	10.45%	12.02%	12.14%
Promedio de Humedad	%	6.25%		8.14%		10.20%		12.12%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.881		1.928		1.827		1.770	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.938 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	7.56%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



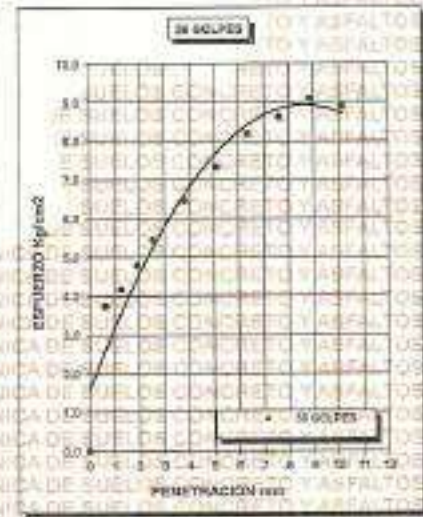
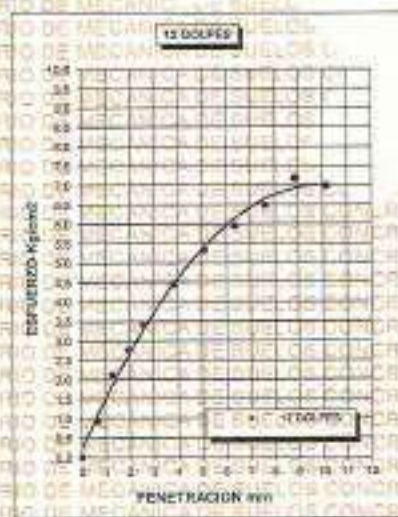
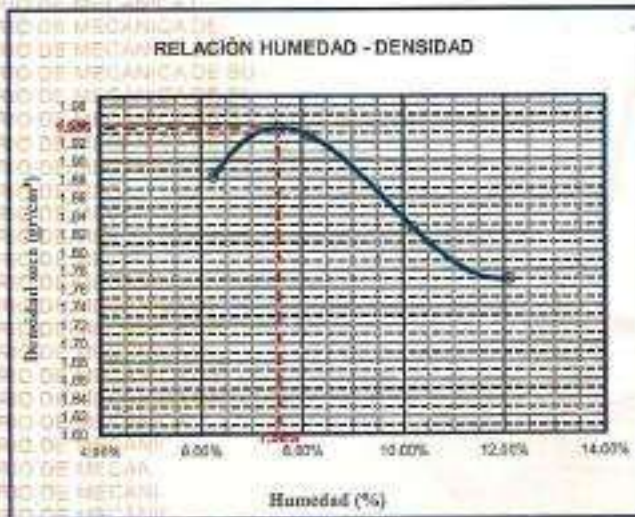
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA
D. Arnaldo Yasa Torres



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



PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO : Bach. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³): 1.936
UBICACIÓN : AV. JERUSALÉN - CIUDAD DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%): 7.56%
MATERIAL : SUELO DE SUBRASANTE	CBR AL 100 DE M.D.S. (%): 6.72
MUESTRA : M1 + 4% CENIZA DE TALLO DE QUINUA	CBR AL 95% DE M.D.S. (%): 5.78
FECHA : 16 DE ABRIL DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
	AASHTO : A-2
	EMBEBIDO : 4 DIAS



[Signature]
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 193267



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINJA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: Bach. EDGAR JOSE TICONA CHAMBL
UBICACIÓN	: AV. JERUSALÉN - CIUDAD DE JULIACA
MATERIAL	: SUELO DE SUBRASANTE
MUESTRA	: MUESTRA 01 + 1% CENIZA DE TUSA DE MAÍZ
FECHA	: 22 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2105 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10215	10385	10235	10175
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4233	4403	4253	4193
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.011	2.092	2.020	1.992

Capítulo No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	414.35	408.47	433.55	413.48	428.74	404.35	401.25	383.47
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	381.11	389.17	408.39	385.14	383.41	372.47	385.35	348.35
Peso del Agua	gr.	29.24	18.30	25.20	28.32	32.33	31.88	35.90	34.12
Peso de la Capsula	gr.	64.71	64.57	63.82	65.09	66.21	65.48	68.95	66.42
Peso del Suelo Seco	gr.	326.40	325.20	344.53	319.25	327.20	306.99	295.00	281.93
% de Humedad	%	7.12%	5.82%	7.31%	8.67%	9.80%	10.38%	12.01%	13.00%
Promedio de Humedad	%	6.37%		8.95%		10.13%		12.03%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.890		1.935		1.835		1.778	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.941 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 7.60%



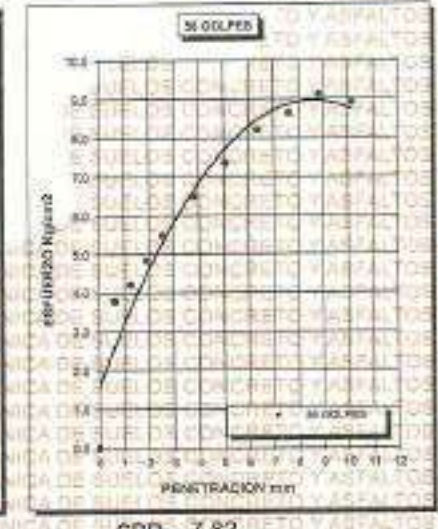
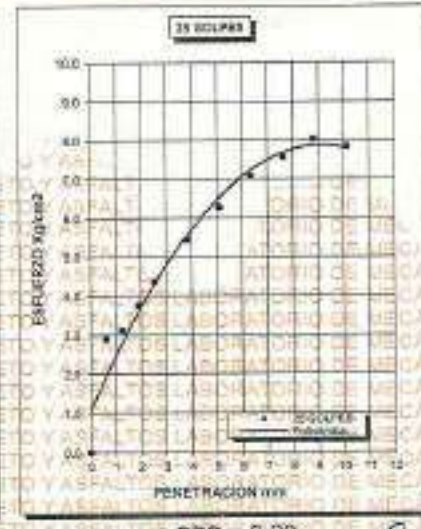
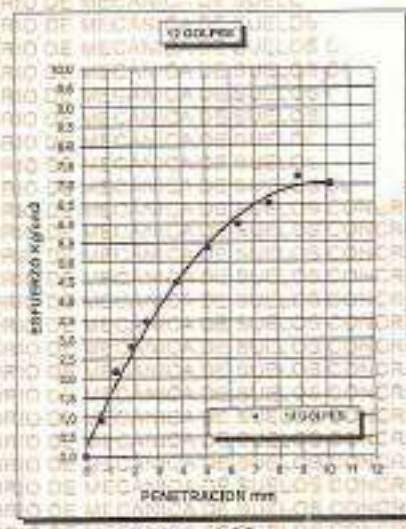
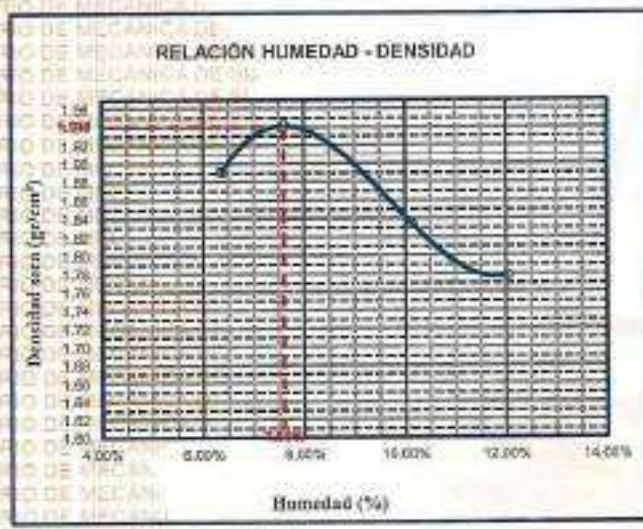

 M.S.C. ARNALDO YANA TAMA
 Ing. Civil
 Dr. Arnaldo Yana Tama
 SUP. 102267



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



PROYECTO :	"ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CINIZA DE TALLO DE QUINUA Y CINIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALEN DE LA CIUDAD DE JULIACA"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. EDGAR JOSÉ TICONA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 1.941
UBICACIÓN :	AV. JERUSALEN - CIUDAD DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%) 7.60%
MATERIAL :	SUELO DE SUBRASANTE	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 6.80
MUESTRA :	M1 + 4% CINIZA DE TUSA DE MAÍZ	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 5.98
FECHA :	22 DE ABRIL DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 RCP - AP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

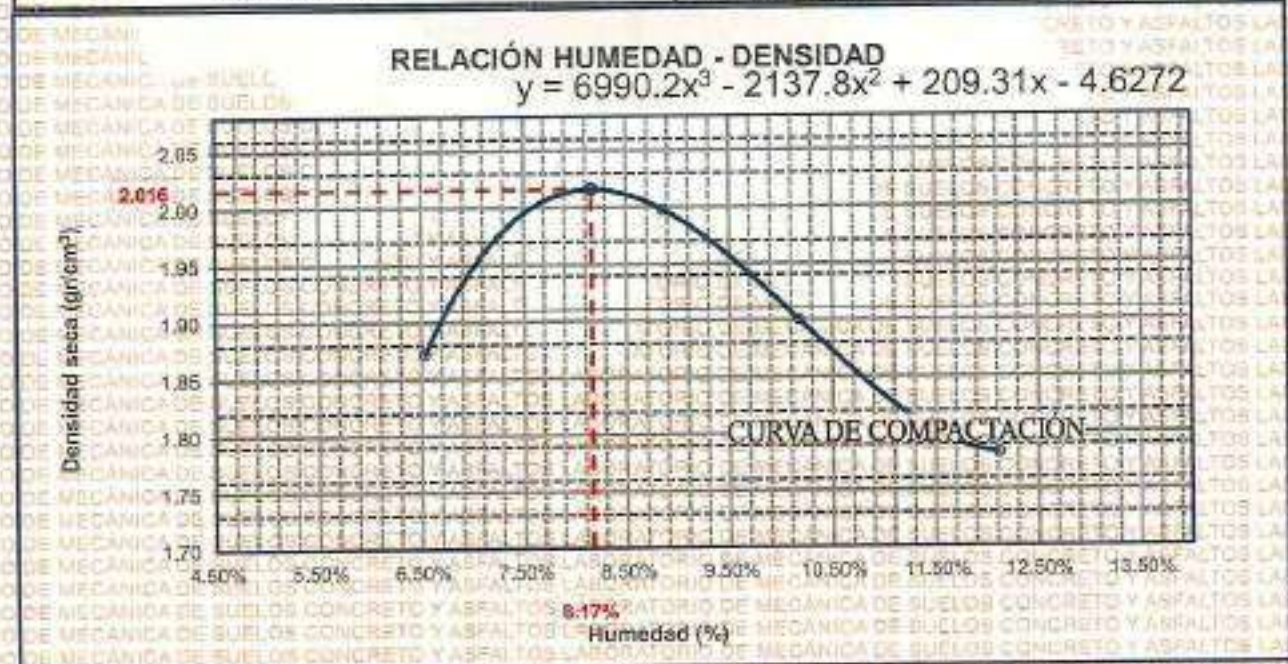
TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUBA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: Bach. EDGAR JOSE TICONA CHAMBLÉ
UBICACIÓN	: AV. JERUSALÉN - CIUDAD DE JULIACA
MATERIAL	: SUELO DE SUBRASANTE
MUESTRA	: MUESTRA 01 + 6% CENIZA DE TALLO DE QUINUA
FECHA	: 16 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2105 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10180	10560	10390	10190
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4198	4578	4408	4208
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1.994	2.175	2.094	1.999

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	413.87	417.13	448.79	412.73	422.49	410.48	406.05	376.08
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	400.80	387.80	407.85	393.70	392.76	375.60	357.98	356.32
Peso del Agua	gr.	13.07	29.33	40.94	19.09	29.73	34.88	48.07	21.24
Peso de la Capsula	gr.	64.71	64.60	63.65	64.60	64.37	65.50	65.37	64.44
Peso del Suelo Seco	gr.	335.89	322.95	344.00	329.80	326.49	310.10	291.29	268.60
% de Humedad	%	3.89%	8.16%	11.90%	5.81%	9.11%	11.25%	16.65%	7.99%
Promedio de Humedad	%	6.53%		8.85%		10.18%		12.12%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.872		1.996		1.901		1.783	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.016 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.17%



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

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

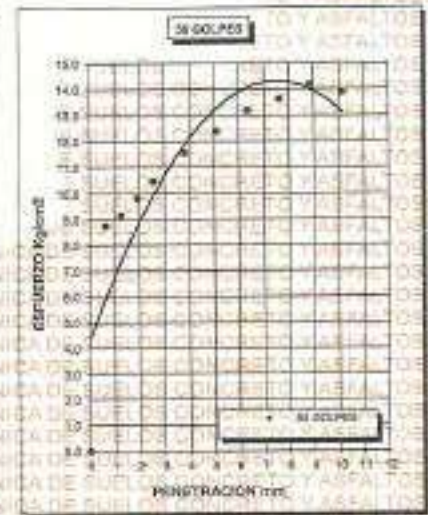
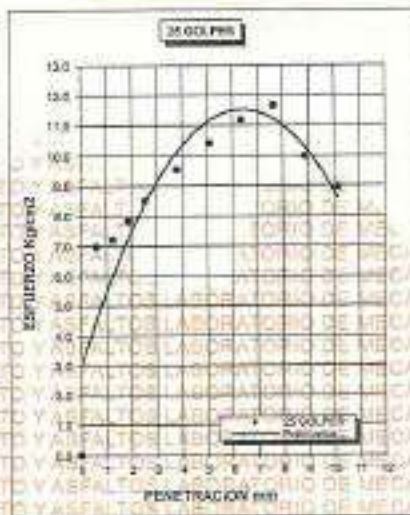
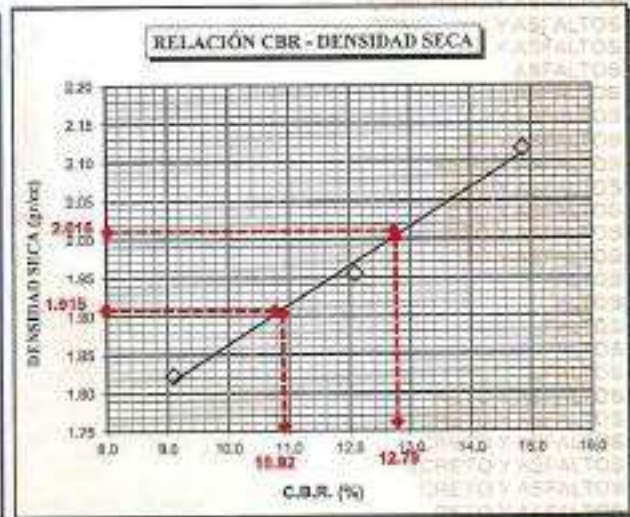
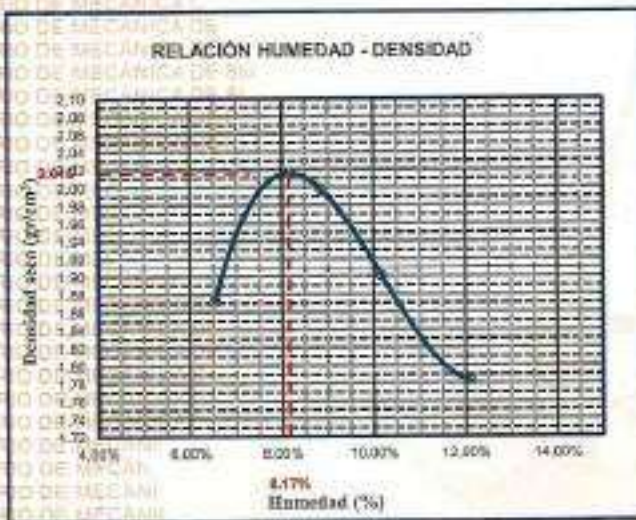
Edgar José Ticona Chamblé



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



PROYECTO :	"ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALEN DE LA CIUDAD DE JULIACA"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. EDGAR JOSE TICOMA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 2.016
UBICACIÓN :	AV. JERUSALEN - CIUDAD DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.17%
MATERIAL :	SUELO DE SUBRASANTE	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 12.79
MUESTRA :	M1 + 6% CENIZA DE TALLO DE QUINUA	CBR AL 95 DE M.D.S. (%) 10.92
FECHA :	16 DE ABRIL DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 OFICINA DE INVESTIGACIÓN
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

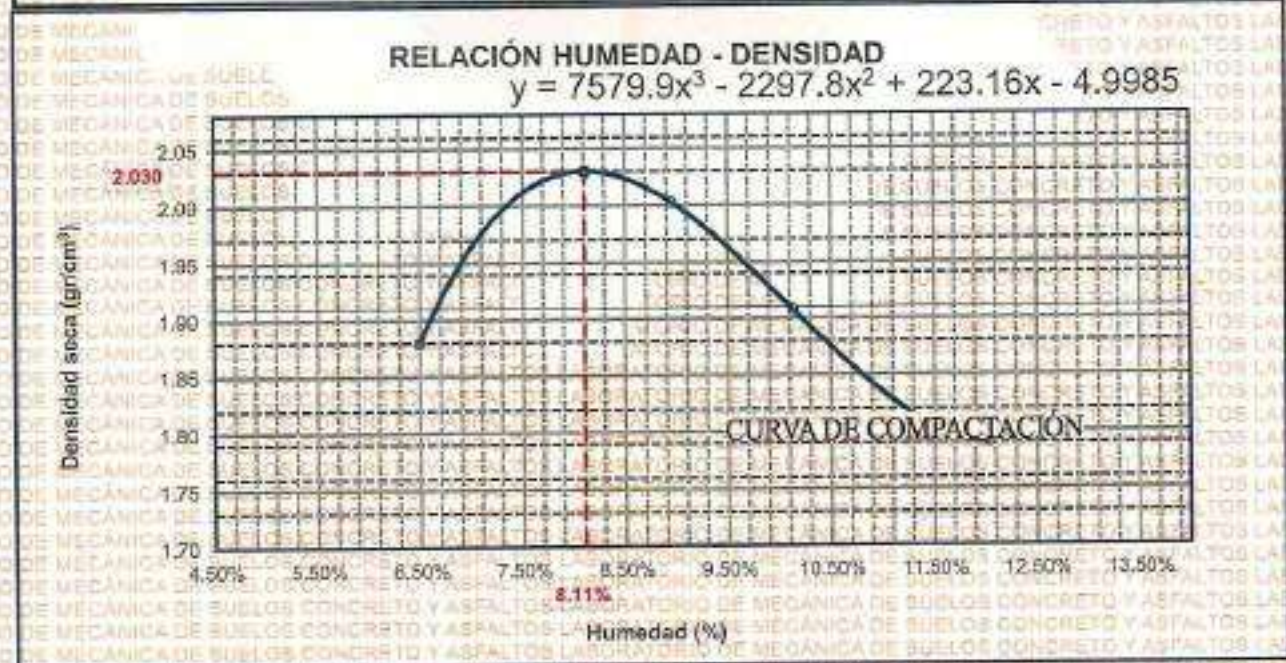
TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUBA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	Bach. EDGAR JOSÉ TICONA CHAMEL
UBICACIÓN	AV. JERUSALÉN- CIUDAD DE JULIACA
MATERIAL	SUELO DE SUBRASANTE
MUESTRA	MUESTRA 01 + 8% CENIZA DE TUBA DE MAÍZ
FECHA	22 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2105 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	58 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10195	10575	10405	10205
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4213	4593	4423	4223
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.001	2.182	2.101	2.008

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	415.88	419.11	450.77	415.77	424.47	412.46	408.54	378.64
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	402.68	399.46	408.83	395.60	394.74	377.48	399.34	357.30
Peso del Agua	gr.	13.07	29.63	40.94	20.06	29.73	34.98	49.20	21.34
Peso de la Capsula	gr.	64.71	64.80	63.85	64.80	66.27	65.50	65.37	66.44
Peso del Suelo Seco	gr.	337.87	324.66	343.98	330.78	328.47	311.98	293.97	280.86
% de Humedad	%	3.87%	9.12%	11.83%	6.07%	9.05%	11.21%	16.74%	7.84%
Promedio de Humedad	%	6.48%		8.95%		10.13%		12.94%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.879		2.083		1.908		1.791	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	2.030 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	8.11%



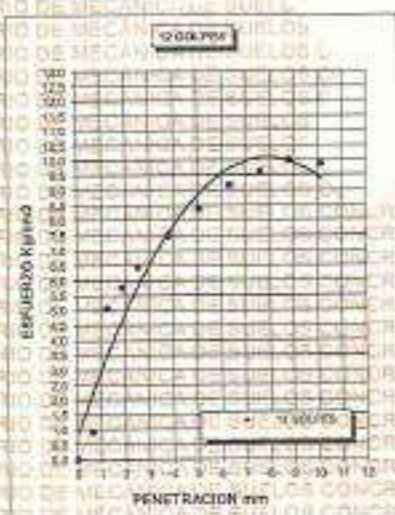
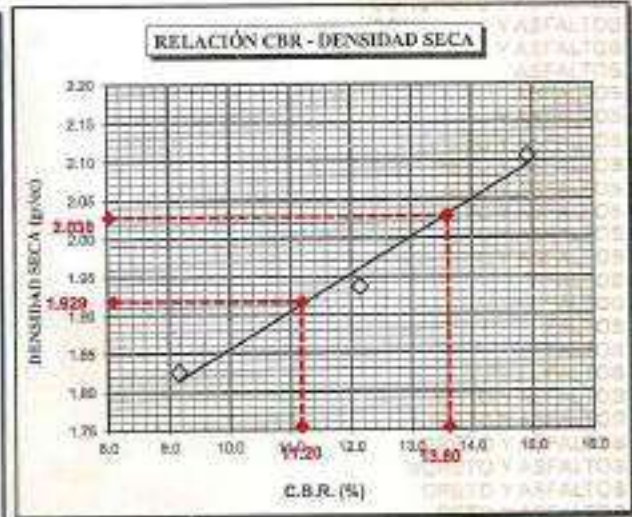
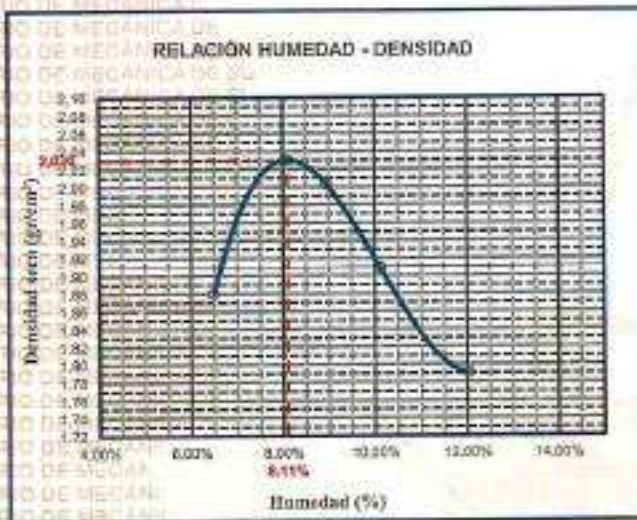

 Ing. Arnaldo Yano Torres



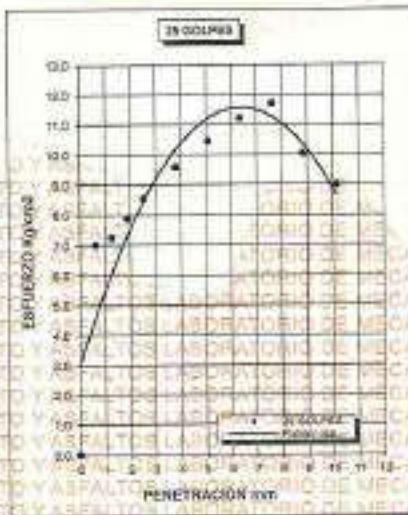

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



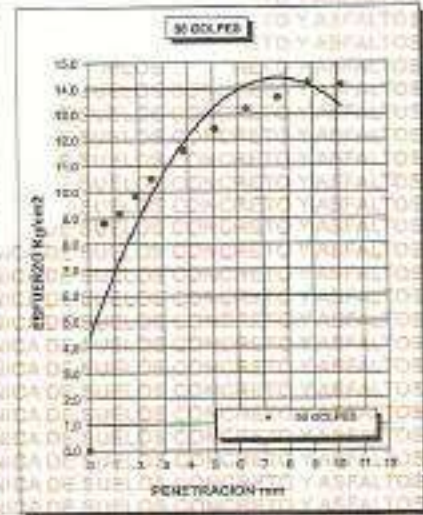
PROYECTO	"ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALEN DE LA CIUDAD DE JULIACA"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO	Bach. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.030
UBICACIÓN	AV. JERUSALEN - CIUDAD DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.11%
MATERIAL	SUELO DE SUBRASANTE	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	13.60
MUESTRA	M1 + 6% CENIZA DE TUSA DE MAÍZ	CBR AL 95 DE M.D.S. (%)	11.20
FECHA	22 DE ABRIL DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



CBR 9.16



CBR 12.15



CBR 14.93



INGENIERO EN INVESTIGACIÓN
E.P. DE INGENIERÍA CIVIL

Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

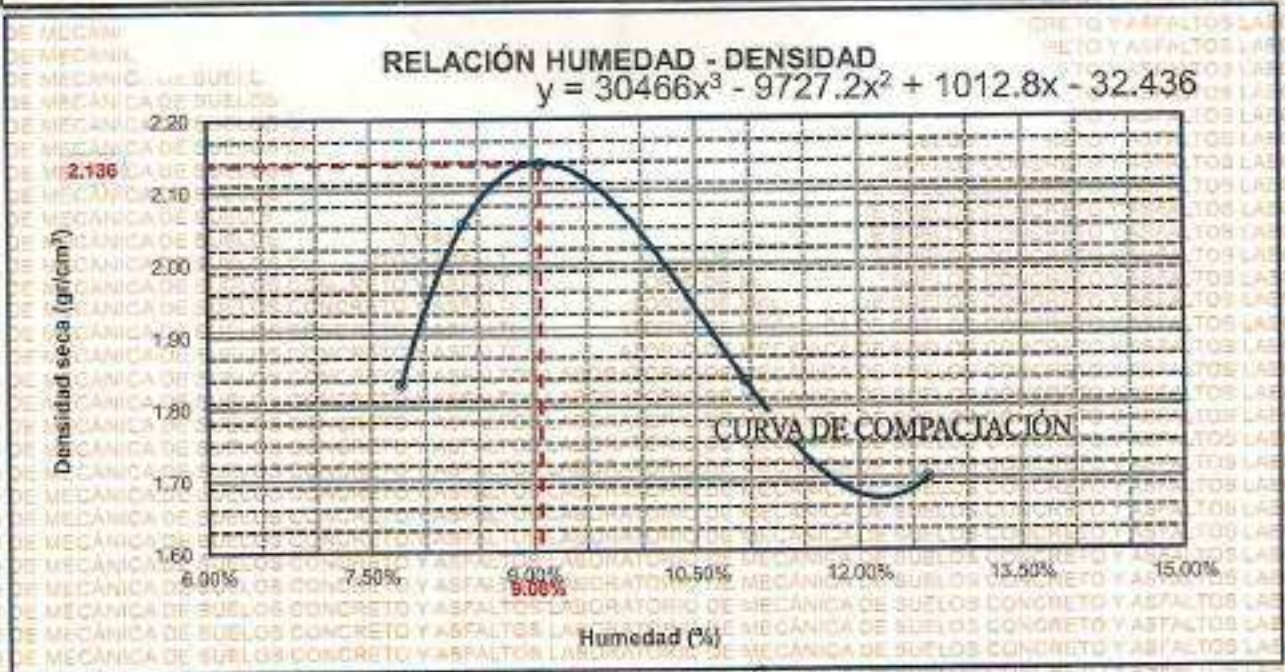
TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIAGA
SOLICITANTE	: Bach. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI
UBICACIÓN	: AV. JERUSALÉN - CIUDAD DE JULIAGA
MATERIAL	: SUELO DE SUBRASANTE
MUESTRA	: MUESTRA 01 + 8% CENIZA DE TALLO DE QUINUA
FECHA	: 16 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2105 cm ³
Nº DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10140	10670	10270	10015
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	4158	4688	4288	4033
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	1.875	2.227	2.037	1.916

Capas No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	428.34	416.56	441.44	426.35	437.46	415.85	413.84	392.81
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	404.56	387.04	426.67	393.22	393.21	388.76	388.50	363.87
Peso del Agua	gr.	21.78	29.52	24.77	32.13	44.25	27.09	47.14	28.94
Peso de la Capsula	gr.	64.70	64.58	63.84	64.88	65.25	65.43	65.35	66.43
Peso del Suelo Seco	gr.	339.86	322.46	356.83	328.34	328.96	323.27	301.15	297.44
% de Humedad	%	6.41%	9.15%	6.94%	8.76%	13.53%	8.39%	15.67%	9.63%
Promedio de Humedad	%	7.74%		8.36%		10.96%		12.84%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.833		2.055		1.836		1.701	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.136 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.08%



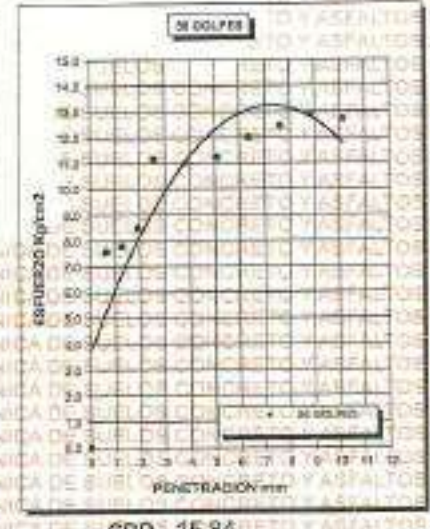
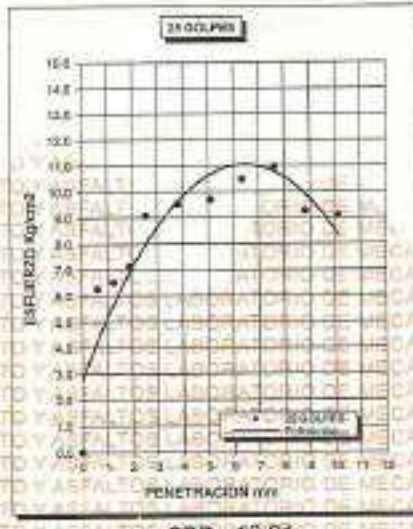
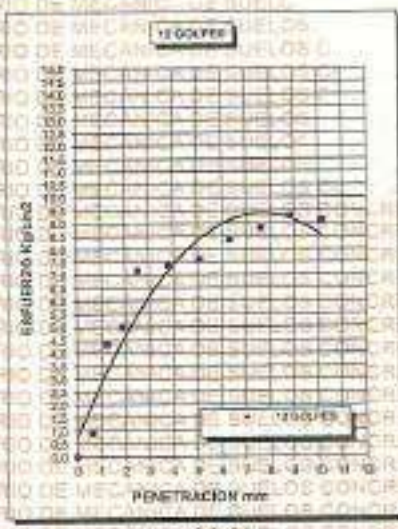
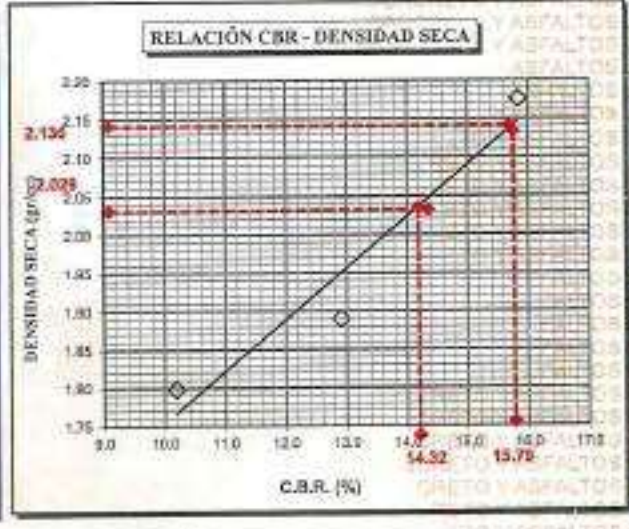
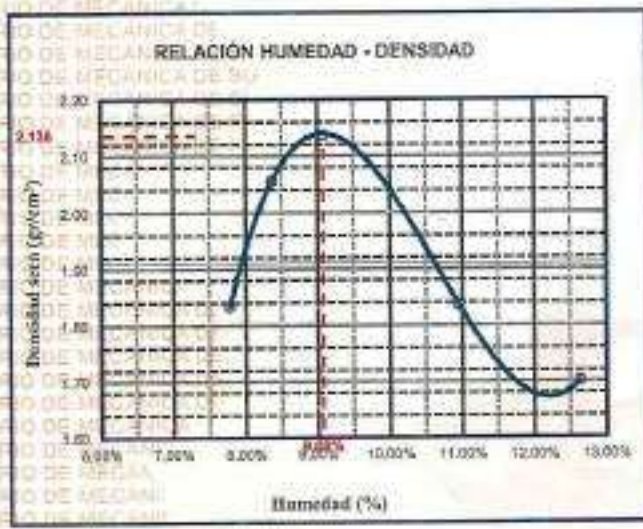
INGENIERO EN INGENIERIA CIVIL
 M.S.C.A.



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



PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO : Bach. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.136
UBICACION : AV. JERUSALÉN - CIUDAD DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%)	9.08%
MATERIAL : SUELO DE SUBRASANTE	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	15.84
MUESTRA : M1 + 8% CENIZA DE TALLO DE QUINUA	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	14.43
FECHA : 16 DE ABRIL DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
	AASHTO :	A-2
	EMBEBIDO :	4 DIAS



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

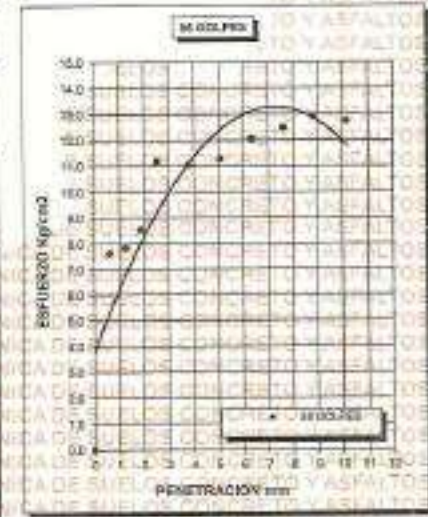
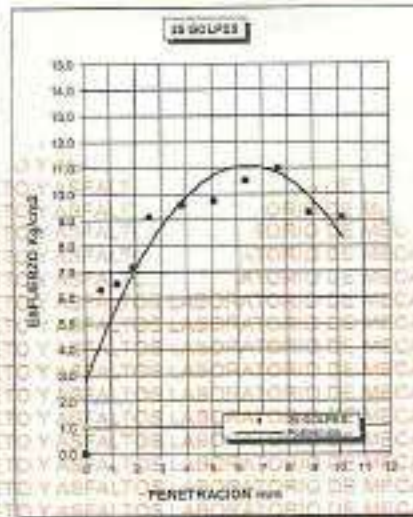
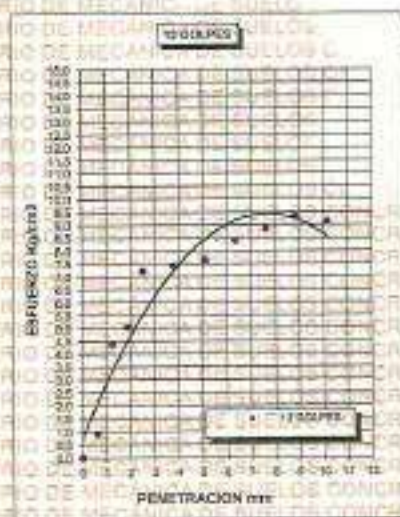
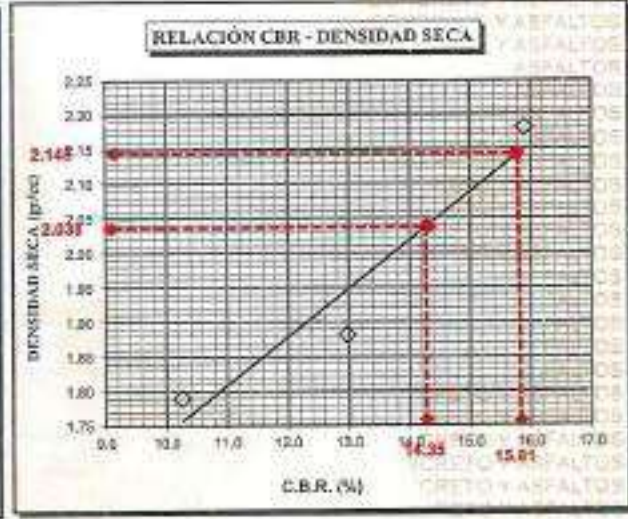
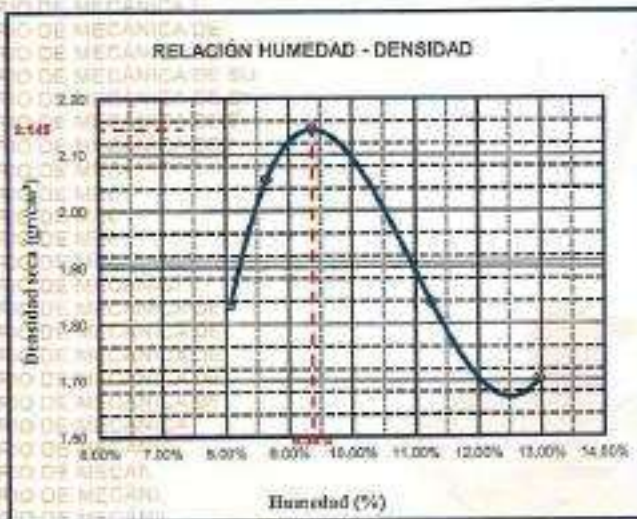
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP-103257



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



PROYECTO :	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE TALLO DE GUINIA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. EDGAR JOSE TICONA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.) 2.145
UBICACIÓN :	AV. JERUSALÉN - CIUDAD DE JULIACA	HUMEDAD OPTIMA (%) 9.38%
MATERIAL :	SUELO DE SUBRASANTE	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 15.90
MUESTRA :	M1 + 8% CENIZA DE TUSA DE MAÍZ	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 14.35
FECHA :	22 DE ABRIL DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257





ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 23-09-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: EDGAR JOSE TICONA CHAMBI

Dirección: CHAQUI IQUILLO

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 80214162

Teléfono: 969 817 951 email: joseticona9610@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: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE
CENIZA DE TALLO DE QUINUA Y CENIZA DE TUSA DE MAÍZ EN LA AVENIDA
JERUSALÉN DE LA CIUDAD DE JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): CENIZA DE TALLO DE QUINUA, CENIZA DE TUSA DE MAÍZ, SUBRASANTE,
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, GRADO DE COMPACTACIÓN

¿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, entre 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

23-09-2025

Fecha