



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y
CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES
DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC
AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JHON ADERIO QUECARA CHAMBI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y
CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES
DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC
AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JHON ADERIO QUECARA CHAMBI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:


INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE


Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA


PRIMER MIEMBRO


Dr. ARNALDO YANA TORRES


SEGUNDO MIEMBRO


Mgtr. HERMAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

ASESOR DE TESIS


Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN


TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 957-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliana, 06 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 11784 presentado por el (la) Bachiller: JHON ADERIO QUECARA 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 (la) Bach. JHON ADERIO QUECARA CHAMBI, quien solicita **HOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

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

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito 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. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Mgr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

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

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: JHON ADERIO QUECARA CHAMBI; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Viernes 13 de setiembre del 2024
- * **HORA** : 15:00 p.m.
- * **LUGAR** : Aula 306 - 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.



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

Dr. MILTRON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Archivo
informado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 542-2024-D-UI-FICP-UANCV

Julíaca, 03 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 5420 por el o (la) Bachiller: JHON ADERIO QUECARA CHAMBI quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN** (Borrador de tesis), el **PROVEIDO - N° 556- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 102- 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: JHON ADERIO QUECARA CHAMBI, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Títulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI**, 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° 102- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI**, 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: JHON ADERIO QUECARA CHAMBI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Títulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. MILTON GUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:
Archivo
interesado-14



RESOLUCIÓN DECANAL N° 108-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de marzo del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-03622, presentado por el señor (a) **JHON ADERIO QUECARA CHAMBI** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 132-2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 49-2024 del integrante del comité de investigación **EPIIC** 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: **JHON ADERIO QUECARA CHAMBI** ha presentado su propuesta de investigación **Titulado: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI**, 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° 49-2024- aprobando la propuesta de investigación **título: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI**.

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: **JHON ADERIO QUECARA CHAMBI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. Efraim Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

06.
Asiento 2023
Intermedio (a)



ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE YOPORA Y CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	8%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	5%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.unicauca.edu.co:8080 Fuente de Internet	<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Jhon Aderio Quecara Chambi
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	78887757
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-3146-4004
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Efraín Parillo Sosa
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7567-039X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Oscar Vicente Viamonte Calla
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
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	Hernan Pedro Martinez Ramos
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01316765



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: Melgar Distrito: Ayaviri Latitud: S 14° 52' 55" Longitud: O 70° 35' 24"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/WB1cMal1soOmX1WF7</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2024 - Setiembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	<p>Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</p> <p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p> <p>Ingeniería estructural y municipal https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.04</p>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 OFICINA DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JHON ADERIO QUECARA CHAMBI, identificado con DNI Nro. 78887757, 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 DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI

Asesorado por: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 27 de setiembre del 2024


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Dedicado a mis padres, cuyo amor y sacrificio constante han sido la base de mis logros. A mis maestros, por su guía y sabiduría, y a Dios, por darme la fuerza y el propósito para alcanzar este sueño.



AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mis padres por su apoyo incondicional, a mis profesores por su valiosa orientación, y a mis amigos por su compañía en los momentos difíciles. También, mi gratitud a Dios.



ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Situación problemática	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.2.1Problema General.	2
1.2.2Problemas Específicos.....	2
1.3 Objetivos de la investigación.....	2
1.3.1Objetivo General.....	2
1.3.2Objetivos Específicos.....	2
1.4 Justificación de la investigación.....	3
1.4.1Justificación técnica.....	3
1.4.2Justificación social.....	3
1.4.3Justificación económica.....	4
1.4.4Justificación ambiental.....	4
1.5 Hipótesis de la Investigación.....	4
1.5.1Hipótesis General.....	4
1.5.2Hipótesis Específicas.....	4
1.6 Variables e indicadores.....	5
1.6.1Variable independiente.....	5
1.6.2Variable dependiente.....	5
1.7 Operacionalización de Variables.....	5



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA

2.1	Antecedentes de la investigación.....	7
2.1.1	Antecedentes internacionales.....	7
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	11
2.1.3	Antecedentes regionales.....	14
2.2	Bases teóricas.....	18
2.2.1	Suelo.....	18
2.2.1.1	Tipos de suelos.....	20
2.2.1.2	Plasticidad de los suelos.....	24
2.2.1.3	Clasificación de los suelos.....	26
2.2.1.4	Compactación de los suelos.....	30
2.2.1.5	Prueba de Proctor.....	33
2.2.1.6	Valor relativo de soporte – ensayo de C.B.R.....	34
2.2.2	Estabilización de suelos.....	34
2.2.2.1	Estabilización de suelos arcillosos.....	36
2.2.2.2	Caracterización de los suelos para estabilizar.....	38
2.2.2.3	Técnicas de estabilización de suelos.....	40
2.2.3	Subrasante de una Vía.....	43
2.2.4	Ceniza de totora.....	46
2.2.4.1	Propiedades de la ceniza de totora.....	46
2.2.4.2	Ceniza de totora para estabilizar la subrasante.....	47
2.2.5	Ceniza de café.....	48
2.2.5.1	Propiedades de la ceniza de café.....	49
2.2.5.2	Ceniza de café para estabilizar la subrasante.....	50
2.3	Marco conceptual.....	51
2.3.1	CBR.....	51
2.3.2	Ceniza de Café.....	51
2.3.3	Ceniza de totora.....	51
2.3.4	Granulometría.....	51
2.3.5	Índice de plasticidad.....	52
2.3.6	Proctor modificado.....	52
2.3.7	Suelo.....	52



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la Investigación 53

3.2 Método de la Investigación..... 53

3.3 Nivel y tipo de la investigación 54

 3.3.1 Nivel de la Investigación..... 54

 3.3.2 Tipo de la investigación..... 54

3.4 Población y Muestra..... 54

 3.4.1 Población 54

 3.4.2 Muestra 54

 3.4.3 Técnicas e Instrumentos 55

 3.4.3.1 Técnicas 55

 3.4.3.2 Instrumentos..... 56

3.5 Plan de recolección y procesamiento de datos 57

 3.5.1 Desarrollo del plan de investigación..... 57

 3.5.2 Procesamiento y análisis de datos..... 64

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados obtenidos. 65

 4.1.1 Resultados de propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante. 65

 4.1.2 Resultados referentes al efecto de la C.T. y C.C. en porcentajes variables en el índice de plasticidad del suelo de subrasante..... 67

 4.1.3 Resultados referentes al efecto de la C.T. y C.C. en porcentajes variables en el grado de compactación del suelo de subrasante..... 73

 4.1.4 Resultados referentes al efecto de la C.T. y C.C. en porcentajes variables en la capacidad de soporte del suelo de subrasante..... 80

 4.1.5 Comparación de los resultados obtenidos: 85

4.2 Discusión de resultados. 92

CONCLUSIONES 94

RECOMENDACIONES..... 95

REFERENCIAS 96

ANEXOS 100



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro de operacionalización de variables.....	6
Tabla 2 Condición de Sub rasante.....	46
Tabla 3 Cantidad de muestras.....	55
Tabla 4 N° de muestras.....	58
Tabla 5 Humedad de las muestras.....	65
Tabla 6 Tamizado de las calicatas.....	66
Tabla 7 IP del suelo natural.....	66
Tabla 8 Proctor modificado.....	67
Tabla 9 CBR muestras de calicata.....	67
Tabla 10 Índice plasticidad de SN + 5% de C.T.....	68
Tabla 11 IP del suelo natural + 10% de C.T.....	69
Tabla 12 IP del suelo natural + 15% de C.T.....	70
Tabla 13 IP del suelo natural + 8% de C.C.....	71
Tabla 14 Índice plasticidad del SN + 12% de C.C.....	72
Tabla 15 Índice plasticidad al combinar suelo natural + 16% de C.C.....	73
Tabla 16 GC del suelo natural + 5% de C.T.....	74
Tabla 17 GC del suelo natural + 10% de C.T.....	75
Tabla 18 GC del suelo natural + 15% de C.T.....	76
Tabla 19 GC del SN + 8% de C.C.....	77
Tabla 20 GC del suelo natural + 12% de C.C.....	78
Tabla 21 GC del suelo natural con adición de 16% de C.C.....	79
Tabla 22 CBR del suelo natural + 5% de C.T.....	80
Tabla 23 CBR del SN con la adición de 10% de C.T.....	81
Tabla 24 CBR del suelo natural + 15% de C.T.....	82
Tabla 25 CBR del suelo natural + 8% de C.C.....	83
Tabla 26 CBR del suelo natural + 12% de C.C.....	84
Tabla 27 CBR del suelo natural con la adición de 16% de C.C.....	85
Tabla 28 Comparativa de los resultados de IP del suelo con el empleo de C.T.....	86
Tabla 29 Comparativa de los resultados de IP del suelo con el empleo de C.C.....	87
Tabla 30 Comparativa del grado de compactación del suelo con el empleo de C.T.....	88
Tabla 31 Comparativa del grado de compactación del suelo con el empleo de C.C.....	89
Tabla 32 Comparativa del CBR con adición de C.T.....	90
Tabla 33 Comparativa del CBR con adición de C.C.....	91



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación de la vía.....	58
Figura 2	Totora	59
Figura 3	Café	59
Figura 4	Índice de plasticidad del SN + 5% de C.T.	68
Figura 5	IP del suelo natural + 10% de C.T.....	69
Figura 6	IP del suelo natural + 15% de C.T.....	70
Figura 7	IP del suelo natural + 8% de C.C.	71
Figura 8	Índice de plasticidad del suelo natural con la adición de 12% de C.C.	72
Figura 9	Índice de plasticidad del suelo natural con la adición de 16% de C.C.	73
Figura 10	GC del suelo natural con adición de 5% de C.T.	74
Figura 11	Grados de compactación del suelo natural con adición de 10% de C.T.	75
Figura 12	GC del suelo natural + 15% de C.T.....	76
Figura 13	GC del SN + 8% de C.C.....	77
Figura 14	GC del suelo natural + 12% de C.C.	78
Figura 15	GC del suelo natural + 16% de C.C.	79
Figura 16	CBR del suelo natural + 5% de C.T.....	80
Figura 17	CBR del suelo natural + 10% de C.T.....	81
Figura 18	CBR del suelo natural + 15% de C.T.....	82
Figura 19	CBR del suelo natural + 8% de C.C.	83
Figura 20	CBR del suelo natural + 12% de C.C.	84
Figura 21	CBR del suelo natural + 16% de C.C.	85
Figura 22	Variación de resultados del IP del suelo con C.T.	86
Figura 23	Variación de resultados del IP del suelo con C.C.	87
Figura 24	Variación de resultados del grado de compactación del suelo con C.T.	88
Figura 25	Variación de resultados del grado de compactación del suelo con C.C.....	89
Figura 26	Comparativa del CBR del suelo natural con adición de C.T.	90
Figura 27	Comparativa del CBR del SN con C.C. en proporciones variables.	91



RESUMEN

La tesis “**Estudio comparativo del efecto de ceniza de totora y ceniza de café sobre las propiedades de la subrasante de la avenida Túpac Amaru de la Ciudad de Ayaviri**”, tiene como objetivo evaluar el impacto de diferentes proporciones de estos materiales en las características físicas y mecánicas del suelo de subrasante. La metodología empleada es de tipo aplicada, con un enfoque cuantitativo, nivel explicativo y diseño experimental. El análisis inicial del suelo reveló un (IP) de 11.45%, clasificándolo como un material de baja plasticidad. La DMS promedio obtenido fue de 1.741 g/cm³, con un OCH del 16.15%, lo que sugiere un GC relativamente bajo. El valor del CBR al 95% de la DMS fue de 2.52%, lo cual es indicativo de que la subrasante cumple con los requisitos mínimos para su función. La adición de ceniza de totora en proporciones del 5%, 10% y 15% produjo una reducción del IP en un 2% en comparación con (SN). De manera similar, el uso de ceniza de café en concentraciones del 8%, 12% y 16% también resultó en una disminución del IP en un 2% respecto al SN. En cuanto a la DMS, la incorporación de ceniza de totora redujo este parámetro en un 7%, lo que indica una menor compactación del suelo tratado, mientras que la ceniza de café produjo una reducción del 3%. En lo que respecta al CBR, la ceniza de totora mejoró significativamente este valor, alcanzando un óptimo de 12.08% al 95% de la DMS con una concentración del 15%. De igual manera, la ceniza de café incrementó el CBR, siendo el valor óptimo alcanzado con una concentración del 16%. Estos resultados evidencian una mejora en las propiedades del suelo tratado con ambos tipos de cenizas, en comparación con el suelo natural, destacando su potencial para mejorar las características de la subrasante en proyectos viales.

Palabras Clave: Ceniza de totora, Ceniza de café, subrasante, índice de plasticidad, grado de compactación y capacidad de soporte.



ABSTRACT

The thesis "Comparative study of the effect of totora ash and coffee ash on the properties of the subgrade of Tupac Amaru Avenue in the City of Ayaviri", aims to evaluate the impact of different proportions of these materials on the physical and mechanical characteristics of the subgrade soil. The methodology used is of an applied type, with a quantitative approach, explanatory level and experimental design. The initial analysis of the soil revealed an (IP) of 11.45%, classifying it as a low plasticity material. The average DMS obtained was 1.741 g/cm³, with an OCH of 16.15%, suggesting a relatively low GC. The CBR value at 95% of the DMS was 2.52%, which indicates that the subgrade meets the minimum requirements for its function. The addition of totora ash in proportions of 5%, 10% and 15% produced a reduction of the IP by 2% compared to (SN). Similarly, the use of coffee ash in concentrations of 8%, 12% and 16% also resulted in a decrease of the IP by 2% compared to SN. Regarding the DMS, the incorporation of totora ash reduced this parameter by 7%, indicating a lower compaction of the treated soil, while coffee ash produced a reduction of 3%. Regarding the CBR, the totora ash significantly improved this value, reaching an optimum of 12.08% at 95% of the DMS with a concentration of 15%. Likewise, coffee ash increased the CBR, the optimum value being reached with a concentration of 16%. These results show an improvement in the properties of the soil treated with both types of ash, compared to the natural soil, highlighting its potential to improve the characteristics of the subgrade in road projects.

Key words: Cattail ash, coffee ash, subgrade, plasticity index, degree of compaction and bearing capacity.



INTRODUCCIÓN

Esta tesis tiene como objetivo central evaluar y comparar los efectos de dos tipos de cenizas, la ceniza de totora y la ceniza de cáscara de café, en la mejora de la subrasante de carreteras, proponiéndolas como opciones sostenibles y a largo plazo para el refuerzo del terreno. El objetivo principal de este estudio es ofrecer una alternativa viable que no solo incremente las propiedades mecánicas del suelo, sino que también contribuya a soluciones más respetuosas con el medio ambiente. Específicamente, se busca investigar cómo estas cenizas influyen en parámetros clave de la subrasante, como la resistencia al corte, la capacidad de carga y la plasticidad, con el fin de mejorar la estabilidad del terreno en infraestructuras viales. Para cumplir con este propósito, se llevarán a cabo diversas pruebas de laboratorio que evaluarán tanto las cualidades físicas como las mecánicas de las mezclas de suelo y cenizas. Estos experimentos se diseñarán cuidadosamente para medir cómo la incorporación de cada tipo de ceniza altera las propiedades del suelo en comparación con su estado natural. A lo largo de la investigación, se aplicarán métodos de ensayo estándar en la ingeniería de suelos, como pruebas de compresión no confinada, análisis de plasticidad y ensayos de corte directo, entre otros. La comparación entre las propiedades del suelo natural y las mezclas mejoradas permitirá determinar cuál de las dos cenizas ofrece mejores resultados en términos de estabilización. Uno de los principales aportes de esta investigación es su enfoque en la utilización de materiales alternativos que provienen de fuentes sostenibles y, en muchos casos, desechos agroindustriales, como es el caso de la ceniza de cáscara de café. Este enfoque no solo busca mejorar las propiedades del suelo, sino que también pretende mitigar el impacto ambiental de los residuos, al reutilizar subproductos que de otro modo podrían generar problemas de contaminación. Además, este estudio busca crear un marco de referencia que pueda ser utilizado en futuras investigaciones y aplicaciones prácticas en la construcción de carreteras,



especialmente en zonas donde el acceso a materiales convencionales de estabilización de suelos es limitado o costoso. El análisis de la viabilidad técnica y económica de utilizar ceniza de totora y de cáscara de café podría abrir nuevas vías para la construcción de infraestructuras más duraderas y con un menor impacto ambiental. En última instancia, este estudio no solo pretende contribuir al conocimiento científico en el campo de la ingeniería de suelos, sino también promover comportamientos más responsables y sostenibles en el sector de la construcción. La implementación de materiales alternativos como las cenizas estudiadas podría mejorar la calidad de las infraestructuras viales al mismo tiempo que se fomenta un enfoque ecológicamente responsable. Esta investigación aspira a ofrecer respuestas innovadoras y prácticas a los desafíos actuales de la ingeniería civil, particularmente en la estabilización de suelos para vías urbanas, contribuyendo así al desarrollo sostenible de las infraestructuras.

La tesis consta de 4 ítems:

Capítulo I: Este capítulo aborda la situación problemática que motivó el estudio, estableciendo los objetivos, justificaciones, hipótesis, variables, dimensiones e indicadores que guiarán la tesis.

Capítulo II: Se presentan los antecedentes del estudio, revisando investigaciones previas y citando las bases teóricas más importantes. También se definen los términos técnicos utilizados, proporcionando un contexto teórico para el estudio.

Capítulo III: Este capítulo describe detalladamente el diseño de investigación, los métodos de recopilación y análisis, y los instrumentos utilizados, asegurando la reproducibilidad del estudio.

Capítulo IV: Este ítem presentan las tablas y figuras con los resultados del análisis, se interpretan los datos hallados y se equiparan con estudios previos. Además, se discuten las implicaciones y contribuciones del estudio, señalando limitaciones y posibles investigaciones futuras.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Situación problemática.

La tesis se centra en evaluar cómo diferentes tipos de ceniza afectan los atributos de la subrasante de la AV. Túpac Amaru en Ayaviri. La subrasante es fundamental para la estabilidad y durabilidad de las carreteras, por lo que mejorar sus características es crucial. Actualmente, la subrasante podría presentar problemas como baja capacidad de carga y alta deformabilidad, lo que afecta la calidad de la carretera.

El estudio compara la incidencia de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café, dos materiales que podrían ofrecer soluciones sostenibles y económicas al utilizar residuos locales. El objetivo es determinar cuál de estos aditivos mejora mejor los atributos mecánicos y de estabilización de la subrasante.

Además, se busca evaluar cómo la incorporación de estas cenizas podría influir en la frecuencia y costos de mantenimiento de la carretera. Al identificar soluciones eficientes y duraderas, el estudio busca aportar al progreso y optimización de la infraestructura vial en la región.



1.2 Planteamiento del problema.

1.2.1 *Problema General.*

¿Cuál es la variación del efecto de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café sobre las propiedades de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri?

1.2.2 *Problemas Específicos.*

1. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri?
2. ¿Cuál es la influencia del empleo de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados sobre el índice de plasticidad de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri?
3. ¿Cuál es el efecto de la aplicación de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados sobre el grado de compactación de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri?
4. ¿Cuál es la influencia de la incorporación de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados sobre el CBR de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri?

1.3 Objetivos de la investigación.

1.3.1 *Objetivo General*

Analizar la variación del efecto de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café sobre las propiedades de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri.

1.3.2 *Objetivos Específicos.*

1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri.



2. Determinar la influencia del empleo de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados sobre el índice de plasticidad de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri.
3. Determinar el efecto de la aplicación de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados sobre el grado de compactación de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri.
4. Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados sobre el CBR de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri.

1.4 Justificación de la investigación.

1.4.1 Justificación técnica.

Se basa en la necesidad de mejorar las características de la subrasante de la avenida Túpac Amaru, que es crucial para garantizar la estabilidad y longevidad de la vía. La ceniza de totora y la ceniza de cascarilla de café poseen características geotécnicas que las convierten en materiales potencialmente ventajosos para la estabilización de suelos. Este estudio técnico tiene como objetivo determinar cuál de estos materiales exhibe cualidades mecánicas superiores, incluyendo capacidad de carga, densidad y resistencia a la deformación, en comparación con los enfoques convencionales o sin tratamiento.

1.4.2 Justificación social.

Desde una perspectiva sociológica, una carretera más duradera y segura mejora la seguridad y la comodidad de sus usuarios, lo que reduce la probabilidad de accidentes y la degradación temprana de la infraestructura. Además, el estudio tiene el potencial de ofrecer oportunidades de empleo local y brindar capacitación en el uso de estos



materiales alternativos, involucrando activamente a la comunidad en el esfuerzo por mejorar su infraestructura vial.

1.4.3 Justificación económica.

La incorporación de cenizas como aditivos en la subrasante puede reducir de manera efectiva los gastos de materiales y mantenimiento asociados con la construcción de carreteras. Las cenizas de totora y de cáscara de café son subproductos locales económicos, en contraste con los materiales convencionales. Esto puede resultar en una reducción de los gastos de construcción y mantenimiento, mejorando así la asequibilidad del proyecto y su viabilidad a largo plazo desde una perspectiva económica.

1.4.4 Justificación ambiental.

Desde una perspectiva ambiental, el uso de cenizas de desechos agrícolas ayuda a una gestión eficaz de los residuos y reduce su huella ecológica. A través del proceso de reciclaje, se evita la acumulación de estos residuos en vertederos, lo que conduce a una disminución de la contaminación. Además, el uso de recursos autóctonos disminuye la necesidad de transportar materiales desde zonas lejanas, minimizando así las emisiones de carbono del proyecto.

1.5 Hipótesis de la Investigación.

1.5.1 Hipótesis General.

La variación del efecto de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café es regular uno al otro, mejorando las propiedades de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri.

1.5.2 Hipótesis Específicas.

1. Las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri, resultarán suelos de subrasante inadecuados.



2. La influencia del empleo de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados reducirá el índice de plasticidad de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri
3. El efecto de la aplicación de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados mejorará el grado de compactación de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri.
4. La influencia de la incorporación de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados incrementará el CBR de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri.

1.6 Variables e indicadores.

1.6.1 Variable independiente.

Tipo de ceniza utilizada.

Indicadores:

- Ceniza de totora
- Ceniza de café

1.6.2 Variable dependiente

Propiedades de la subrasante

Indicadores:

- (I. Plasticidad)
- (G. Compactación)
- (CBR)

1.7 Operacionalización de Variables.



Tabla 1

Cuadro de operacionalización de variables.

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de Medición
Ceniza de totora y Ceniza de café	La ceniza de totora es La ceniza de café es un residuo resultante de la quema de granos de café, que contiene minerales como calcio, potasio y magnesio, útiles para la agricultura y la estabilización de suelos.	- Adición de ceniza de totora. - Adición de ceniza de café.	Combinación de materiales Combinación de materiales	Fichas de control de calidad de laboratorio
Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de Medición
Suelo de Subrasante	La subrasante es la capa de suelo natural o modificado bajo un pavimento que distribuye las cargas del tráfico, influyendo en la estabilidad y durabilidad de la vía.	Cualidades de la Subrasante	Índice de plasticidad Compactación CBR	Equipos de laboratorio



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO DE REFERENCIA

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 *Antecedentes internacionales.*

(Parra-Gómez, 2018) en su estudio "Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante", El proceso de consolidación del suelo es una estrategia esencial que mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Como resultado, es un componente integral en una amplia variedad de proyectos de ingeniería civil y geotécnica. Para determinar si las adiciones fueron exitosas o no, se llevaron a cabo una serie de experimentos y exámenes de manera metódica. En primer lugar, se determinó el contenido de humedad y la densidad máxima de los materiales que se trataron. Tanto el contenido de humedad óptimo como la densidad máxima del suelo son parámetros importantes en la caracterización del suelo. Estos dos factores tienen una influencia directa en la capacidad de carga y la capacidad de compactación del suelo. El siguiente paso consistió en realizar pruebas de carga y deformación en muestras de prueba que habían sido tratadas con diferentes proporciones de ceniza. Se examinaron los resultados de estas pruebas. Es posible evaluar el comportamiento del material bajo una variedad de condiciones de estrés y deformación mediante el uso de estas pruebas, que proporcionan información



valiosa sobre la rigidez y la resistencia del material. El análisis no confinado (UCS) y la prueba Proctor estándar fueron las dos pruebas estándar que llevamos a cabo para obtener una mejor comprensión de la estabilidad, la rigidez y los niveles máximos de estrés del suelo tratado. Es capaz de proporcionar una medición directa de la resistencia del suelo que ha sido tratado. Para determinar si existe o no una conexión entre la cantidad de humedad presente en los suelos y su densidad seca, se utiliza la prueba Proctor estándar. Para obtener una comprensión completa de la compactibilidad del suelo estabilizado, esta correlación es muy necesaria. Para obtener una comprensión completa de la estabilidad, la resistencia y el comportamiento de un suelo tratado en una variedad de circunstancias, se trató un suelo tipo caolín con cantidades variables de ceniza de espadaña y ceniza volante. Después de esto, se llevaron a cabo una serie de exámenes físicos y mecánicos sobre el sujeto. Descubrir estos hechos es esencial para mejorar la planificación y ejecución de proyectos de ingeniería que requieren suelos con características mecánicas mejoradas. Estos proyectos requieren suelos que tengan propiedades mecánicas mejoradas.

(Portilla Yandún & Andaluz López, 2022) en su estudio "Estudio del efecto de la ceniza de cáscara de arroz en las propiedades físico-mecánicas en suelos finos de subrasante ". El propósito de este experimento fue evaluar el efecto que tiene la ceniza de cascarilla de arroz sobre los atributos mecánicos y físicos de suelos finos de subrasante utilizando un ambiente controlado. El propósito principal de este estudio fue investigar la influencia que tiene esta ceniza sobre la calidad de estos suelos con el fin de proporcionar opciones que sean más efectivas y económicas en términos de la construcción de pavimentos flexibles. Los suelos provenientes de tres regiones diferentes dentro del cantón Puyo fueron seleccionados para el propósito de llevar a cabo esta investigación. Una comparación completa y exhaustiva fue posible gracias a la inclusión de una amplia variedad de áreas geográficas. Esto aseguró que los hallazgos fueran indicativos de las diferentes condiciones de suelo que prevalecían en la región y que



fueran útiles para comprender esas circunstancias. La investigación comenzó con la ejecución de experimentos in situ, que incluyeron el uso de la técnica de tajo abierto y la utilización de la técnica de arena y cono de Ottawa desde la perspectiva de la densidad de campo. Los resultados de estas investigaciones proporcionaron información muy importante sobre las propiedades fundamentales de los suelos, como su densidad y la dispersión de sus partículas. En el laboratorio, se llevó a cabo una serie completa de experimentos para evaluar las características de los suelos tanto en su forma natural como después de ser tratados con ceniza de cáscara de arroz en una variedad de proporciones o cantidades diferentes. Entre las pruebas que se llevaron a cabo se encontraban la evaluación del contenido de humedad, la medición de la gravedad específica, la determinación de los límites de Atterberg, la prueba Proctor modificada y la prueba CBR. Para preparar muestras de suelo para PM y CBR, el suelo se mezcló con ceniza de cáscara de arroz en varias cantidades, a saber, 0%, 1%, 3%, 5% y 8%. Estos porcentajes se incluyeron en la mezcla. Durante el estudio de comparación, los datos que se obtuvieron de la prueba CBR demostraron ser realmente útiles. La primera categoría de pavimentos flexibles se desarrolló con base en el índice de carga de California (CBR) del suelo en su estado natural, mientras que la segunda categoría se desarrolló con base en el CBR del suelo que había sido reforzado con CCA. Como resultado, se desarrollaron ambos tipos de pavimentos flexibles. Se descubrió mediante una comparación de los espesores de capa necesarios para cada diseño que la utilización de suelo que había sido estabilizado con CCA condujo a una reducción significativa en los espesores de capa que se anticiparon. En conclusión, se llevó a cabo una investigación económica para evaluar el impacto que tiene la utilización de ceniza de cáscara de arroz en la cantidad total de dinero que se gasta en el desarrollo de infraestructura. Los hallazgos de este estudio tomaron en consideración no solo los costos que están involucrados con la construcción y los materiales, sino también los beneficios a largo plazo relacionados con la durabilidad y el mantenimiento de la estructura. Los hallazgos mostraron que la utilización de ceniza de cáscara de arroz con el propósito de estabilizar el suelo no solo



conduce a una mejora en las propiedades físico-mecánicas del suelo, sino que también da como resultado ahorros significativos en los costos relacionados con la construcción y el mantenimiento de pavimentos flexibles. Además, los hallazgos de esta investigación indican que empleo de cca en suelos de subrasante finos es una estrategia altamente efectiva para lograr el resultado deseado. Esto produce cambios importantes en las cualidades mecánicas del suelo, lo que a su vez reduce los costos asociados a la construcción del pavimento.

(Laguna Peñaloza & Chacón Charcas, 2020) En su estudio "Análisis comparativo del comportamiento a la resistencia de un suelo fino con adición de ceniza de cascarilla de arroz y ceniza de cascarilla de café". La incorporación de residuos agroindustriales en concentraciones que van del 4% al 10% (CCC) y 12% (CCA) tiene como objetivo lograr el objetivo de mejorar y conservar los suelos y subrasantes finos y duros. Con el fin de garantizar que los hallazgos sean precisos y confiables, la investigación hace uso de una metodología descriptiva que pone énfasis en la comparación. Adicionalmente, se utilizan las normas técnicas INVIAS-2013. La relación humedad-densidad (Proctor modificado), la relación de carga de California (CBR), el módulo resiliente (MR), el índice de compresión libre (RCI) y el ensayo triaxial son algunas de las pruebas de laboratorio que se toman en cuenta. La estabilidad, durabilidad, resistencia y flexibilidad del suelo son algunas de las principales características que se evaluarán a través de estas pruebas. La comparación de los resultados de los suelos naturales con los de los suelos estabilizados permite identificar cambios significativos en las propiedades mecánicas del sustrato. La implementación de la rotación de cultivos de conservación (CCC) y la asociación de cultivos de conservación (CCA) no solo conduce a una mejora en las características del suelo, sino que también ofrece beneficios económicos y ambientales al reducir los desechos y fomentar el desarrollo sostenible. Según los hallazgos, la incorporación de cenizas de procesos agrícolas e industriales es un método innovador y eficaz para la ingeniería civil, que mejora la calidad del suelo y contribuye a la preservación del medio



ambiente. El estudio concluye que la utilización de CCC y CCA con el propósito de estabilizar el suelo no solo es posible sino también deseable.

2.1.2 Antecedentes nacionales.

(Escobar Blas & Reyes Asto, 2022) su tesis "Influencia de la ceniza de café y cáscara de huevo para la estabilización de subrasante de un pavimento flexible del tramo Santa Elena – El Carmelo, Virú, 2022". El objetivo principal de esta tesis fue investigar la influencia que tiene la (CH) y la (CCC) en la estabilidad de la subrasante del sector Santa Elena – El Carmelo. Además de tener un enfoque práctico, la tesis se basa desde el principio en una metodología experimental o cuasi-experimental. La recolección de datos requirió la utilización de metodologías de revisión documental, que incluyeron la recopilación de artículos científicos pertinentes y su estudio. Además, para obtener información sobre granulometría, límites, límites Proctor y limitaciones CBR, se realizó observación directa a través del proceso de estudios de suelos. Para llevar a cabo la investigación, se excavaron cinco calicatas con el fin de obtener muestras de suelo que fueran típicas del conjunto. En estas muestras se incluyeron diferentes cantidades de estabilizadores con el fin de determinar la combinación que resultó ser la más efectiva. Con base en los hallazgos, se determinó que el uso de 4% de ceniza de café y 2% de CH condujo a un aumento notable en el índice de carga de California (CBR) de 41,26% y 42,81%, respectivamente. Para el propósito de estabilización del suelo, estos porcentajes demostraron ser los más efectivos. En el transcurso de la PM, se observó que la densidad seca máxima del suelo aumentó de 1.523 gr/cm³ a 1.793 gr/cm³, mientras que el contenido de humedad aumentó de 14,28% a 20,61%. Esto ocurrió cuando se utilizaron los porcentajes adecuados de estabilizadores. Con estos ajustes, se ha demostrado que las características del suelo estabilizado han experimentado una mejora significativa. Además de eso, se utilizó la técnica AASHTO 93 en el proceso de diseño del pavimento flexible. Este diseño requirió una capa de asfalto de ocho centímetros de espesor, mientras que la cimentación tenía dieciocho centímetros de espesor. Con base



en las características mejoradas del suelo estabilizado, se determinaron los espesores que se determinaron. En conclusión, los hallazgos del estudio demostraron que la utilización de CH y ceniza de café como estabilizadores tuvo un efecto altamente significativo y favorable en los atributos de la subrasante. No solo la incorporación de 4% de CC y 2% de CH al suelo resultó en un aumento en el índice de carga de California (CBR), sino que también resultó en un mayor peso y un mayor porcentaje de humedad. En la zona de Virú, el suelo sufrió una transformación que lo hizo ideal para su utilización en fase de estabilización de suelos para proyectos de pavimentación.

(Quispe Chuquicusma & Quispe Olivera, 2022) su tesis "Estabilización de suelos arcillosos de subrasante adicionando ceniza de arroz y café para obras viales en Jaén 2022". En el proceso se utilizó la norma NTCE 010, que se llevó a cabo utilizando un diseño experimental y un enfoque de muestreo. Por otro lado, los instrumentos de recolección de datos comprendían formularios guía que estaban de acuerdo con las normas técnicas pertinentes. Se utilizó el enfoque de observación directa. Esta investigación fue motivada por el desafío que los suelos arcillosos proporcionan a la durabilidad de las estructuras de las carreteras, particularmente en los pavimentos urbanos. Este desafío es la razón por la que se llevó a cabo esta investigación. A veces es esencial eliminar estos suelos y reemplazarlos con material de cantera, lo que resulta en un aumento significativo de los gastos asociados con la construcción. El uso de desechos de procesos agrícolas e industriales fue el foco de este proyecto de investigación, con la intención de encontrar una solución que fuera eficiente y económica. Los efectos de diferentes cantidades de CCC y CCA en el suelo arcilloso se investigaron a través de una serie de pruebas que se llevaron a cabo durante el transcurso de la investigación. Con la adición de cinco por ciento de CCC Y CCA, se logró un valor CBR de 19,50%. El uso de un 10% de cenizas dio como resultado un valor CBR de 23,40%, pero el uso de un 20% de cenizas dio como resultado un valor CBR de 29,00%. Ambas variaciones se observaron en el valor CBR. Cuando se compara con el CBR del suelo



inicial, que fue de solo 2,70 por ciento, los resultados sugieren un aumento significativo. Se puede deducir del aumento en los valores CBR que la incorporación de cenizas de cáscara de arroz y de cáscara de café en el suelo arcilloso da como resultado una mejora significativa de la estabilidad del suelo, elevándolo a una subrasante que es adecuada o excelente. Como resultado, es posible sacar la conclusión de que el uso de estas cenizas como estabilizadores es muy recomendable para proyectos de construcción de carreteras en las cantidades que se examinaron. El estudio no solo proporciona una solución que es útil para mejorar la estabilidad de los suelos arcillosos, sino que también sugiere una alternativa que es menos dañina para el medio ambiente y más económica que el uso de recursos de cantera. Como beneficio adicional, este enfoque promueve el aprovechamiento de los residuos de los procesos agrícolas e industriales, lo que ayuda a reducir los residuos y promueve el desarrollo de un crecimiento sostenible en la construcción de infraestructura vial. En general, el estudio realizado en Jaén corrobora que el uso de cenizas de café y cascarilla de arroz tiene la capacidad de transformar suelos arcillosos difíciles en subrasantes aceptables para pavimentos urbanos, lo que presenta una serie de ventajas sustanciales, tanto económicas como ambientales.

(Aguirre Tarazona & Garmendia Rivera, 2023) su estudio "Influencia de las cenizas de totora y tuna en las propiedades de la subrasante del Jr. Amazonas, Huánuco 2023". La metodología utilizada fue de tipo experimental (cuasi-experimental) con orientación cuantitativa y alcance explicativo, lo que permitió evaluar de manera completa la influencia de los estabilizadores sobre el suelo. La evaluación de límites de consistencia para evaluar la plasticidad (IP), la PPM, para encontrar el (DMS) y el OHC correspondiente, y la prueba (CBR) para cuantificar la capacidad portante del suelo fueron algunas de las pruebas que se realizaron. Se determinó que la adición de ceniza de totora se debe realizar en concentraciones de 6.5%, 11.5% y 16.5%, mientras que la adición de CT se debe realizar en concentraciones de 7.5%, 11.5% y 15.5%. Como resultado de los hallazgos se descubrieron alteraciones significativas en las propiedades



del suelo. En cuanto al límite de consistencia, se observó una notable mejora, que condujo a una disminución del IP del 8% al 4% con la adición de ceniza de totora y del 8% al 3% con la adición de ceniza de tuna. Ambas reducciones se produjeron por la incorporación de la ceniza. La disminución del IP indica una reducción de la plasticidad del suelo, lo que en última instancia se traduce en una mejora de las cualidades de soporte de carga del suelo. Como resultado de la prueba Proctor modificada, se descubrió que la densidad seca máxima (DMS) del suelo aumentó de 1.822 gr/cm³ a 1.885 gr/cm³ cuando se añadió ceniza de totora, y aumentó a 1.859 gr/cm³ cuando se aplicó ceniza de tuna. El aumento de DMS que se descubrió es indicativo de una mejor compactación del suelo, que es algo necesario para mantener estable la subrasante. La prueba CBR reveló que la capacidad de soporte de carga del suelo había aumentado significativamente. Este hallazgo fue significativo. Como resultado de la adición de ceniza de totora, el índice de carga de California (CBR) experimentó una expansión sustancial, pasando de 8.6% a 28.3%. Además de esto, la utilización de ceniza de tuna resultó en un logro de valor de 29.6%. Estos estabilizadores tienen el potencial de transformar suelos problemáticos en materiales adecuados para la construcción de infraestructura vial, como lo demuestran los cambios que se han visto en los valores de IP, MDS y CBR. Para efectos de estabilización de suelos en la región, esto ofrece una solución que es a la vez eficiente y amigable con el medio ambiente.

2.1.3 Antecedentes regionales.

(Choquecota Guillen, 2023) La tesis "Influencia de la incorporación de ceniza de Totora y Habas en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, en la carretera PE-3ST Platería, Puno 2022". El objetivo de esta investigación es determinar los efectos que se han producido por la incorporación de cenizas de totora y frijol en el suelo en términos de sus propiedades físicas y mecánicas. Se utilizarán diversas cantidades, incluyendo 5%, 10%, 15%, 20% y 25%, para evaluar los impactos. El propósito de este esfuerzo es mejorar los atributos del suelo, incluyendo su flexibilidad (determinada por el



Índice de Flexibilidad, o IP), la densidad seca máxima y la capacidad de carga. La investigación se lleva a cabo en un enfoque de estudio aplicado, con énfasis en proporcionar explicaciones siempre que sea posible. Además de utilizar un enfoque cuantitativo, se adhiere a un diseño que es puramente experimental. Fue necesario tomar una muestra de cada uno de los cuatro pozos de prueba para evaluar los efectos de las cenizas de totora y frijol. Los datos se recopilieron mediante el uso del enfoque de observación directa, que incluyó el uso tanto del campo como del laboratorio para la recopilación de información. El equipo utilizado consistió en hojas de observación que se adaptaron de acuerdo a los estudios realizados. Se utilizó la prueba California Bearing Ratio (CBR) para establecer la capacidad portante del suelo, la prueba Proctor Modificada para estimar (DMS) y los límites de consistencia para evaluar la plasticidad (PI) del suelo. Adicionalmente, se realizaron mediciones de parámetros del tamaño de partícula. Los resultados demostraron que las cualidades físico-mecánicas de la subrasante mejoraron significativamente en comparación con el suelo que se encontraba inicialmente. La flexibilidad del suelo se incrementó mediante la adición de una mezcla compuesta por ceniza de totora y frijol en un porcentaje del 25%. Por lo tanto, el Índice de Plasticidad (PI) disminuyó, lo que es una buena señal de una menor plasticidad y un mejor comportamiento del suelo bajo carga. Esto fue resultado del resultado antes mencionado. Adicionalmente, la PPM para (DMS) reveló que el suelo que había sido tratado con ceniza presentó una mejora significativa. En lo que se refiere a la estabilidad de la subrasante, la compactación del suelo es de suma importancia, y un aumento en la (MDS) indica que el suelo se ha vuelto más compacto. Además, la prueba CBR demostró que la capacidad de carga del suelo aumentó drásticamente después de la adición de totora y ceniza de frijol, alcanzando niveles que están de acuerdo con las especificaciones descritas en el manual de carreteras publicado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). En la mayoría de los casos, la adición de totora y ceniza de frijol resulta en una mejora considerable de las cualidades físico-mecánicas del suelo, particularmente cuando la proporción de los dos es del 25 por ciento. La



disminución de la maleabilidad, el aumento de la densidad seca máxima y la mejora de la capacidad de carga son todos indicios de que estos estabilizadores tienen la capacidad de transformar suelos problemáticos en materiales que son aceptables para la construcción de carreteras. Según los hallazgos, el uso de totora y ceniza de frijol como método para la estabilización de suelos es un enfoque práctico y duradero que ofrece beneficios tanto en términos de la economía como del medio ambiente.

(Chayña Pineda, 2022) su tesis "Estabilización de suelos a nivel de subrasante con ceniza de totora en la trocha carrozable Ccota-Quipata, Puno, 2022". En el proyecto de investigación se utilizó una metodología cuasi-experimental y se empleó un enfoque cuantitativo tanto a nivel explicativo como aplicado. 00+450 (pozo de prueba 01), 01+500 (pozo de prueba 02) y 02+500 (pozo de prueba 03) fueron los tres lugares de excavación especificados de los cuales se tomaron muestras antes de enviarlas para su análisis. Se determinó que el Pozo 03, que está situado en 02+500, es el más importante. Estas muestras se utilizaron para construir mezclas de cenizas, que luego se utilizaron para garantizar que se llevara a cabo una evaluación completa. Después de realizar el estudio, se determinó que la adición de 16% de ceniza de espadaña fue la dosis más efectiva para la estabilidad del suelo. Las cualidades físicas y mecánicas del suelo mejoraron significativamente como resultado de esta dosis, en particular la capacidad del suelo para soportar cargas a nivel del subsuelo. Para garantizar que la cimentación de la carretera sea duradera y estable, es de vital importancia mejorar la c_s del suelo, ya que permite que la subrasante soporte de manera más eficaz las tensiones que ejercen los automóviles. Con el fin de validar los hallazgos, se realizaron pruebas estadísticas que confirmaron que la dosis del 16% de ceniza de totora era efectiva. A través de estos ensayos se demostró que los beneficios que se afirmaban no eran producto de sucesos aleatorios, sino más bien el resultado genuino de la integración de la ceniza. Para resumir los hallazgos del estudio, se descubrió que la integración de ceniza de totora en una proporción del dieciséis por ciento da como resultado una mejora notable en las



características físicas y mecánicas del suelo de la subrasante. Con base en este descubrimiento, se puede concluir que la ceniza de totora es un estabilizador extremadamente eficaz. No solo mejora la compactación del suelo y reduce la flexibilidad del suelo, sino que también aumenta la capacidad de carga del suelo, lo que a su vez mejora la capacidad del suelo para soportar el peso del tráfico a lo largo de una plataforma de carretera. Además, el estudio demuestra los beneficios de utilizar recursos alternativos y autóctonos para mejorar la infraestructura vial al proporcionar una estrategia que es a la vez práctica y ambientalmente beneficiosa para reforzar el suelo en la construcción de carreteras.

(Ccallo Mamani, 2022) El propósito de esta investigación fue investigar el impacto que tuvo la incorporación de ceniza de stipa ichu (CI) y ceniza de totora (CT) en la subrasante de la Av. Ejército en Puno, Perú, en el año 2022 sobre las características físico-mecánicas del pavimento. Para ello, realizamos varias combinaciones, cada una de las cuales tenía una proporción ligeramente diferente: SN + 1% CI + 4% CT, SN + 2% CI + 5% CT y SN + 3% CI + 6% CT. Esto nos permitió obtener el resultado deseado. Además de adoptar un enfoque cuantitativo y trabajar a nivel explicativo, la metodología que se utilizó se empleó en el mundo natural y siguió un diseño cuasi experimental. Los experimentos se llevaron a cabo en tres sitios distintos (C-1, C-2 y C-3) para examinar el impacto que tuvieron las combinaciones. Con base en los hallazgos, se determinó que la dosis óptima necesaria para lograr el efecto deseado era una combinación de SN, 2% CI y 5% CT. Al 95% de (MSD), el pozo de prueba C-2 demostró un aumento significativo en el índice de carga de California (CBR) como resultado del aumento del 5,7% al 8,2%. Los residuos específicos máximos (MSD) aumentaron de 1,9728 g/cm³ a 2,0198 g/cm³, pero el contenido de humedad óptimo (CHO) disminuyó del 8,3% al 6,9%. En términos del (IP), se observó que el valor disminuyó del 14,2% al 11,7%. Además, los resultados en los pozos C-1 y C-3 fueron muy comparables entre sí. Algunas de las pruebas que se llevaron a cabo fueron las siguientes: CBR, que se utilizó para hallar la; Proctor



modificado, que se utilizó para determinar la densidad seca máxima y el contenido de humedad ideal; Evaluación de Límites de Consistencia, que se utilizó para determinar la (IP); y Análisis de Granulometría, que se utilizó para clasificar el suelo y determinar el contenido de humedad. De acuerdo con los hallazgos del estudio, la incorporación de ceniza de stipa ichu y ceniza de totora en la subrasante de la Av. Ejército en Puno tuvo un impacto beneficioso en las cualidades físico-mecánicas con las que fue construida. El uso de una mezcla de 2% de ceniza de stipa ichu y 5% de ceniza de totora resultó en una mejora considerable en la capacidad portante, DMS, %humedad óptimo e IP del material. Como resultado, la subrasante fue considerada como de tipo habitual. Los hallazgos indican que estos materiales son una excelente opción para la construcción de carreteras, ya que mejoran la estabilidad y resistencia de la subrasante, al mismo tiempo que son rentables y amigables con el medio ambiente.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Suelo

El suelo es uno de los componentes más importantes del medio ambiente y desempeña un papel crucial en la sostenibilidad de los ecosistemas y en la producción de alimentos. Se define como una mezcla compleja de minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos que se ha formado a través de procesos de descomposición y erosión de materiales rocosos y orgánicos a lo largo del tiempo. La calidad y las propiedades del suelo son fundamentales para la agricultura, la gestión de recursos naturales y la protección del medio ambiente.

Importancia del Suelo

1. **Soporte para la Vegetación:** El suelo proporciona el medio físico que sostiene las raíces de las plantas y les suministra los nutrientes necesarios para su crecimiento. Sin suelo adecuado, la producción agrícola se ve seriamente limitada.



- 2. Ciclo de Nutrientes:** El suelo actúa como un reservorio de nutrientes esenciales para las plantas. A través de procesos biológicos y químicos, los nutrientes son liberados y reciclados en el ecosistema, asegurando la fertilidad a largo plazo.
- 3. Filtración y Almacenamiento de Agua:** El suelo juega un papel clave en la infiltración y el almacenamiento de agua. Ayuda a regular el flujo de agua en el paisaje, reduce la escorrentía superficial y previene la erosión.
- 4. Hábitat para Organismos:** Diversos organismos, desde microorganismos hasta lombrices y otros invertebrados, habitan en el suelo. Estos organismos contribuyen a la descomposición de la materia orgánica y al mantenimiento de la estructura y la fertilidad del suelo.

Clasificación y Tipos de Suelo

La clasificación de los suelos se realiza según sus propiedades físicas y químicas, tales como textura, estructura, color, capacidad de retención de agua y contenido de materia orgánica. Algunos de los tipos de suelos más comunes son:

- 1. Arenoso:** Suelos con alta proporción de arena, que drenan rápidamente y tienen baja capacidad de retención de nutrientes.
- 2. Arcilloso:** Suelos con alta proporción de arcilla, que retienen bien el agua y los nutrientes, pero pueden ser difíciles de trabajar debido a su compactación.
- 3. Limoso:** Suelos con una textura intermedia entre arenoso y arcilloso, buenos para el cultivo debido a su equilibrio en retención de agua y nutrientes.
- 4. Franco:** Suelos que son una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla, considerados ideales para la agricultura por su buen drenaje y fertilidad.

Degradación del Suelo

La degradación del suelo es un problema ambiental grave que afecta la productividad agrícola y la salud de los ecosistemas. Las causas principales de la degradación del suelo incluyen la erosión, la salinización, la contaminación, la compactación y la pérdida de materia orgánica. Las prácticas agrícolas sostenibles, como la rotación de cultivos, el uso de abonos orgánicos y la conservación del suelo mediante



terrazas y cobertura vegetal, son esenciales para prevenir la degradación y mantener la salud del suelo.

2.2.1.1 Tipos de suelos

1. Suelo Arenoso

Composición: Contiene una alta proporción de arena, generalmente más del 85%.

Características:

- Drenaje rápido: El suelo arenoso tiene grandes partículas que permiten que el agua pase rápidamente, reduciendo el riesgo de encharcamiento.
- Baja retención de nutrientes: Los nutrientes se lavan fácilmente, lo que puede requerir fertilización frecuente.
- Textura suelta: Fácil de trabajar, no se compacta y permite una buena aireación para las raíces de las plantas.

Usos:

- Ideal para cultivos que no toleran el encharcamiento, como zanahorias y papas.
- Es adecuado para ciertas plantas nativas que están adaptadas a condiciones de baja fertilidad.

Manejo:

- Adición de materia orgánica como compost para mejorar la retención de agua y nutrientes.
- Uso de mulching para reducir la evaporación del agua.

2. Suelo Arcilloso

Composición: Alto contenido de arcilla, generalmente más del 40%.

Características:

- Alta retención de agua: Puede retener grandes cantidades de agua, lo cual es beneficioso en áreas secas.
- Baja aireación: Puede volverse muy compacto, limitando la cantidad de aire disponible para las raíces.



- Pegajoso y denso: Difícil de trabajar cuando está húmedo, y muy duro cuando está seco.

Usos:

- Adecuado para cultivos que requieren alta humedad, como el arroz.
- Se utiliza en la construcción de estanques y represas debido a su baja permeabilidad.

Manejo:

- Incorporación de materia orgánica para mejorar la estructura y reducir la compactación.
- Labranza en condiciones óptimas de humedad para evitar la compactación excesiva.

3. Suelo Limoso

Composición: Alta proporción de limo, partículas más finas que la arena pero más gruesas que la arcilla.

Características:

- Textura suave: Se siente sedoso al tacto y es fácil de manejar.
- Buena retención de agua y nutrientes: Mejor que el suelo arenoso, pero no tan alta como el suelo arcilloso.
- Susceptibilidad a la erosión: Debido a su textura fina, puede ser fácilmente erosionado por el agua y el viento.

Usos:

- Ideal para horticultura y cultivos que requieren suelos fértiles y bien drenados, como hortalizas y frutas.

Manejo:

- Uso de cobertura vegetal para prevenir la erosión.
- Adición de materia orgánica para mejorar la estructura y estabilidad del suelo.

4. Suelo Franco

Composición: Equilibrio entre arena, limo y arcilla.

Características:



- Excelente balance: Combina las ventajas de los suelos arenosos, limosos y arcillosos.
- Drenaje adecuado y retención de nutrientes: Permite una buena aireación y fácil manejo.
- Alta fertilidad: Considerado ideal para la mayoría de los cultivos agrícolas.

Usos:

- Adecuado para una amplia variedad de cultivos, incluyendo verduras, frutas y cereales.

Manejo:

- Mantenimiento de la materia orgánica a través de compost y abonos verdes.
- Rotación de cultivos para mantener la fertilidad del suelo.

5. Suelo Calcáreo

Composición: Alto contenido de carbonato de calcio.

Características:

- Alcalino: pH alto que puede limitar la disponibilidad de ciertos nutrientes.
- Buen drenaje: Su estructura permite un buen drenaje, pero puede ser pobre en nutrientes.
- Color claro: Generalmente de color blanco o gris claro debido al contenido de cal.

Usos:

- Cultivos que toleran suelos alcalinos, como cebada y remolacha.

Manejo:

- Adición de materia orgánica y fertilizantes específicos para corregir deficiencias nutricionales.
- Uso de acidificantes del suelo si es necesario para bajar el pH.

6. Suelo Salino

Composición: Alto contenido de sales solubles.

Características:



- Baja fertilidad: Las sales pueden interferir con la absorción de agua por las plantas.
- Estructura deteriorada: Las sales pueden dispersar partículas de arcilla, afectando negativamente la estructura del suelo.
- Crecimiento limitado de plantas: Pocas plantas pueden tolerar altas concentraciones de sal.

Usos:

- Cultivos tolerantes a la salinidad, como espárragos y algunos tipos de pastos.

Manejo:

- Lavado del suelo con agua de buena calidad para reducir la salinidad.
- Uso de cultivos de cobertura que pueden tolerar y ayudar a reducir las concentraciones de sal.

7. Suelo Orgánico

Composición: Alta proporción de materia orgánica, generalmente más del 20%.

Características:

- Excelente retención de agua y nutrientes: Muy fértil y retiene bien la humedad.
- Textura oscura: Suele ser de color negro o marrón oscuro debido al alto contenido de materia orgánica.
- pH ácido: Puede ser necesario corregir el pH para algunos cultivos.

Usos:

- Agricultura intensiva, cultivos de alto valor como vegetales y flores.
- Producción de turba para jardinería.

Manejo:

- Monitoreo y ajuste del pH según sea necesario.
- Mantener un buen equilibrio de materia orgánica a través de compost y residuos de cultivos.

8. Suelo Volcánico

Composición: Derivado de cenizas volcánicas y otros materiales piroclásticos.



Características:

- Rico en minerales: Contiene minerales esenciales para el crecimiento de las plantas.
- Buena retención de agua: Mantiene la humedad bien, pero también drena adecuadamente.
- Textura ligera: Fácil de trabajar y airear.

Usos:

- Cultivos como café, té y otros que prosperan en altitudes y climas frescos.
- Agricultura en regiones volcánicas debido a la fertilidad natural del suelo.

Manejo:

- Mantener el nivel de minerales y nutrientes mediante fertilización adecuada.
- Prácticas de conservación del suelo para evitar la erosión en áreas montañosas.

2.2.1.2 Plasticidad de los suelos

Definición y Conceptos Básicos

La plasticidad de los suelos es la capacidad que tienen estos para deformarse de manera permanente sin fracturarse cuando se les aplica una fuerza. Esta propiedad se debe principalmente a la presencia de partículas finas, especialmente arcillas, que pueden absorber agua y cambiar su estructura interna.

Parámetros de Plasticidad

Los principales parámetros utilizados para evaluar la plasticidad de los suelos son:

1. **Límite Líquido (LL):** Cuando el suelo alcanza un determinado contenido de agua, pasa de ser plástico a líquido. Para averiguarlo, se utiliza un vaso lleno de una mezcla de tierra y agua en la prueba del aparato de Casagrande. Se puede averiguar cuántos golpes son necesarios para sellar un agujero de 12,7 mm de diámetro en el suelo golpeando una base con el vaso. El límite líquido es el contenido de agua equivalente.
2. **Límite Plástico (LP):** Es el contenido de agua a partir del cual el suelo pasa de un estado semisólido a un estado plástico. Se determina amasando el suelo hasta que

pueda formar cilindros de 3 mm de diámetro sin romperse. El contenido de agua en el cual el suelo comienza a desmoronarse se registra como el límite plástico.

3. **Índice de Plasticidad (IP):** Es el valor que se resta del límite plástico al límite líquido, expresado como $IP = LL - LP$. El rango de contenido de agua en el cual el suelo muestra cualidades plásticas viene indicado por este índice.

Suelos Según Plasticidad

- **Suelos de Baja Plasticidad ($IP < 10$):** Tienen un contenido bajo de arcilla y exhiben poca deformación plástica. Ejemplos incluyen arenas y suelos limosos.
- **Suelos de Plasticidad Media ($10 \leq IP \leq 20$):** Tienen un contenido moderado de arcilla y muestran una deformación plástica moderada. Ejemplos incluyen suelos arcillosos de tipo caolinita.
- **Suelos de Alta Plasticidad ($IP > 20$):** Tienen un alto contenido de arcilla y exhiben una significativa deformación plástica. Ejemplos incluyen suelos arcillosos de tipo montmorillonita.

Importancia de la Plasticidad en la Ingeniería Civil

1. **Capacidad de Carga:** La plasticidad de un suelo afecta su capacidad de soportar cargas estructurales. Suelos con alta plasticidad pueden deformarse considerablemente bajo carga, lo que puede llevar a asentamientos diferenciales y problemas de estabilidad.
2. **Compactación:** La plasticidad influye en la compactabilidad del suelo. Suelos de baja plasticidad son más fáciles de compactar, mientras que los suelos de alta plasticidad requieren un control más riguroso del contenido de agua durante la compactación.
3. **Estabilidad de Taludes:** La plasticidad afecta la estabilidad de taludes y excavaciones. Suelos de alta plasticidad pueden tener una mayor susceptibilidad a deslizamientos debido a su capacidad de deformarse bajo estrés.
4. **Expansión y Contracción:** Suelos con alta plasticidad, especialmente aquellos con minerales de arcilla expansivos como la montmorillonita, pueden experimentar

cambios volumétricos significativos con variaciones en el contenido de agua, causando daños a las estructuras sobre ellos.

Factores que Afectan la Plasticidad de los Suelos

1. **Composición Mineralógica:** La presencia de ciertos minerales de arcilla, como la montmorillonita, aumenta la plasticidad del suelo debido a su capacidad para absorber grandes cantidades de agua.
2. **Contenido de Agua:** La cantidad de agua en el suelo influye directamente en su plasticidad. Suelos con alta humedad pueden deformarse más fácilmente.
3. **Textura del Suelo:** La proporción de partículas finas, como arcillas y limos, en relación con partículas gruesas, como arenas, afecta la plasticidad. Suelos con mayor proporción de partículas finas tienden a ser más plásticos.

Aplicaciones y Consideraciones Prácticas

1. **Diseño de Fundaciones:** Los ingenieros deben considerar la plasticidad del suelo al diseñar fundaciones para edificios y otras estructuras. Suelos altamente plásticos pueden requerir técnicas especiales de cimentación para prevenir asentamientos.
2. **Construcción de Carreteras:** La plasticidad del suelo subyacente afecta la durabilidad y estabilidad de las carreteras. Suelos de alta plasticidad pueden requerir estabilización con aditivos como cal o cemento.
3. **Gestión de Deslizamientos:** En áreas propensas a deslizamientos, la plasticidad del suelo es un factor crítico en la evaluación de riesgos y en el diseño de medidas de mitigación.

2.2.1.3 Clasificación de los suelos

Es un proceso sistemático para agrupar los suelos según sus características físicas, químicas y mecánicas. Este proceso es crucial para aplicaciones en ingeniería civil, agricultura y gestión ambiental. La clasificación de los suelos proporciona información sobre su idoneidad para diversos usos, permite predecir su comportamiento bajo diferentes condiciones y facilita la implementación de prácticas de manejo adecuadas.



Clasificación Textural

La clasificación textural se basa en la proporción relativa de arena, limo y arcilla en el suelo. La textura del suelo influye en su capacidad de retención de agua, permeabilidad, aireación y capacidad de cultivo.

Tipos de Suelo por Textura

Arenoso:

- Composición: Más del 85% de partículas de arena.
- Características: Drenaje rápido, baja retención de nutrientes y agua, suelto y aireado.
- Usos: Cultivos que requieren buen drenaje, como zanahorias y papas.

Franco arenoso:

- Composición: Predomina la arena, con algo de limo y arcilla.
- Características: Mejor retención de nutrientes y agua que el suelo arenoso puro.
- Usos: Agricultura, especialmente cultivos que necesitan un buen equilibrio de aireación y retención de agua.

Franco:

- Composición: Mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla.
- Características: Excelente capacidad de retención de agua y nutrientes, buen drenaje.
- Usos: Ideal para una amplia variedad de cultivos, considerado el suelo agrícola óptimo.

Franco limoso:

- Composición: Alta proporción de limo, menor cantidad de arena y arcilla.
- Características: Suave y sedoso, buena retención de agua y nutrientes, susceptible a la erosión.
- Usos: Horticultura y cultivos que requieren suelos fértiles.

Limoso:

- Composición: Principalmente limo.



- Características: Alta retención de agua y nutrientes, buena aireación, propenso a la erosión.
- Usos: Agricultura intensiva, suelos altamente productivos.

Franco arcilloso:

- Composición: Mezcla equilibrada con una mayor proporción de arcilla.
- Características: Alta retención de agua y nutrientes, más difícil de trabajar.
- Usos: Cultivos que requieren alta humedad, mejora mediante prácticas de manejo adecuado.

Arcilloso:

- Composición: Alta proporción de arcilla.
- Características: Excelente retención de agua y nutrientes, muy cohesivo, difícil de trabajar.
- Usos: Agricultura en suelos con cultivos específicos que requieren alta humedad.

Clasificación Según su Origen y Composición

Los suelos pueden clasificarse según su origen y los procesos geológicos que los formaron. Esta clasificación ayuda a entender la historia del suelo y su potencial uso.

Tipos de Suelo por Origen

Suelos Residuales:

- Origen: Formados in situ por la meteorización de la roca madre.
- Características: Reflejan las características de la roca madre, no transportados.
- Usos: Agricultura, construcción en lugares donde se formaron.

Suelos Transportados:

Origen: Formados por la meteorización de la roca madre y luego transportados por agentes naturales.

Subtipos:

- Aluviales: Depositados por ríos, alta fertilidad.
- Eólicos: Depositados por el viento, suelos sueltos y bien aireados.
- Glaciares: Depositados por glaciares, mezcla heterogénea de partículas.



- Lacustres: Depositados en ambientes lacustres, alta retención de agua.

Clasificación Según su Comportamiento Mecánico

En ingeniería civil y geotecnia, la clasificación según el comportamiento mecánico es esencial para el diseño y construcción de infraestructuras.

Sistemas de Clasificación Mecánica

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS):

- Gravillas (G): Partículas mayores de 0.075 mm.
- Arenas (S): Partículas entre 0.075 mm y 0.002 mm.
- Limos (M) y Arcillas (C): Partículas menores de 0.002 mm.
- Orgánicos (O): Suelos con alta proporción de materia orgánica.
- Adicional: Clasificación basada en la plasticidad y granulometría.

Clasificación de la Asociación Americana de funcionarios Estatales de Carreteras y

Transporte (AASHTO):

- Grupos A-1 a A-7: Basada en la capacidad de soporte y plasticidad.
- Suelos Granulares (A-1, A-2, A-3): Alta capacidad de soporte, baja plasticidad.
- Suelos Finos (A-4, A-5, A-6, A-7): Baja capacidad de soporte, mayor plasticidad.

Clasificación de Suelos

Diversas aplicaciones:

1. Diseño y Construcción:

- Selección de técnicas de construcción adecuadas.
- Prevención de asentamientos y deslizamientos.

2. Agricultura:

- Elección de cultivos adecuados.
- Optimización de prácticas de manejo del suelo.

3. Conservación del Suelo:

- Implementación de prácticas para prevenir la erosión.
- Mejora de la calidad del suelo.

4. Gestión de Recursos Naturales:

- Planificación sostenible de la minería, silvicultura y gestión de cuencas hidrográficas.

2.2.1.4 Compactación de los suelos

Se incrementa la densidad del suelo al reducir el volumen de espacios vacíos (poros) entre las partículas del suelo mediante la aplicación de una carga o esfuerzo mecánico. Este proceso mejora las propiedades mecánicas del suelo, haciéndolo más resistente y estable, lo cual es fundamental en la construcción de infraestructuras y en diversas aplicaciones agrícolas y ambientales.

Compactación

1. **Aumenta la Capacidad de Carga:** Un suelo bien compactado puede soportar cargas más pesadas sin sufrir asentamientos significativos, lo que es esencial para la estabilidad de estructuras como edificios, carreteras y puentes.
2. **Reduce la Permeabilidad:** La compactación disminuye el tamaño y la cantidad de poros en el suelo, reduciendo así la infiltración de agua y mejorando la resistencia al flujo de agua.
3. **Mejora la Estabilidad:** La reducción de espacios vacíos entre las partículas del suelo aumenta su cohesión y fricción interna, lo que mejora la estabilidad del suelo y disminuye el riesgo de deslizamientos y fallas.
4. **Previene el Asentamiento:** La compactación reduce el riesgo de asentamientos diferenciales que pueden causar daños a las estructuras construidas sobre el suelo.

Métodos de Compactación

Existen varios métodos de compactación del suelo, que se eligen según el tipo de suelo, el propósito de la compactación y las condiciones del sitio:

1. Compactación Estática

Se realiza aplicando una carga estática continua sobre el suelo. Este método es común en la compactación de arcillas y suelos cohesivos.

- **Rodillos Lisos:** Utilizados para compactar suelos granulares y asfaltos. Los rodillos lisos son eficaces en la compactación de capas superficiales y medianas.



- **Rodillos Neumáticos:** Aplican una presión uniforme mediante neumáticos inflados, adecuados para suelos arcillosos y arenosos. Estos rodillos son particularmente útiles en la compactación de suelos cohesivos y semicoherentes.

2. Compactación Dinámica

Se realiza aplicando cargas repetitivas o vibraciones sobre el suelo.

- **Rodillos Vibratorios:** Utilizados para compactar suelos granulares y mezclas asfálticas mediante vibraciones. Los rodillos vibratorios son muy eficaces en la compactación de suelos arenosos y gravosos.
- **Compactadores de Impacto:** Utilizan golpes repetitivos para compactar suelos cohesivos y semicoherentes. Estos compactadores son ideales para suelos arcillosos donde se necesita una alta densidad.

3. Compactación Manual

Utilizada en áreas pequeñas o de difícil acceso.

- **Pisones Manuales:** Utilizados para compactar pequeñas áreas o suelos en zanjas y alrededor de estructuras. Los pisones manuales son herramientas simples pero efectivas para trabajos de compactación localizados.
- **Placas Vibratorias:** Herramientas portátiles utilizadas para compactar suelos granulares en áreas reducidas. Las placas vibratorias son eficaces para la compactación de suelos granulares en espacios confinados.

Factores que Afectan la Compactación

Varios factores influyen en la eficacia de la compactación del suelo:

1. **Contenido de Agua:** El contenido de agua óptimo es esencial para lograr una buena compactación. Si el suelo está demasiado seco, no se compacta bien; si está demasiado húmedo, el exceso de agua impide la compactación adecuada. La humedad adecuada facilita la lubricación de las partículas del suelo, permitiendo una mejor reubicación y densificación.
2. **Tipo de Suelo:** Los suelos granulares, como arenas y gravas, se compactan más fácilmente que los suelos cohesivos, como arcillas, debido a sus diferentes



estructuras y propiedades. Los suelos arcillosos requieren una manipulación cuidadosa del contenido de agua para lograr una compactación efectiva.

3. **Energía de Compactación:** La cantidad de energía aplicada durante la compactación (número de pasadas, peso del equipo) afecta directamente la densidad alcanzada. Mayor energía de compactación generalmente resulta en una mayor densidad del suelo.
4. **Profundidad de Compactación:** La eficacia de la compactación disminuye con la profundidad. Es importante compactar el suelo en capas (capas delgadas) para lograr una densidad uniforme. Cada capa debe ser compactada individualmente para asegurar una densificación adecuada a lo largo de toda la profundidad deseada.

Pruebas de Compactación

1. Prueba Proctor

Determina la relación entre el contenido de agua y la densidad seca máxima del suelo.

Existen dos tipos principales:

- **Prueba Proctor Estándar:** Utiliza una energía de compactación menor. Es adecuada para suelos donde no se requiere una alta densidad de compactación.
- **Prueba Proctor Modificada:** Utiliza una energía de compactación mayor, adecuada para proyectos que requieren una densidad más alta. Esta prueba es esencial para aplicaciones de alta carga y para suelos que necesitan un alto grado de compactación.

2. Prueba de Densidad en el Campo

Se realiza para verificar la densidad lograda en el sitio de construcción. Métodos comunes incluyen:

- **Método del Cono de Arena:** Determina la densidad in situ mediante la excavación de un pequeño hoyo y el relleno con arena calibrada. Esta prueba es útil para verificar la densidad de compactación en capas de suelo.

- **Nucleodensímetro:** Utiliza radiación nuclear para medir la densidad y el contenido de humedad del suelo in situ. Es una prueba rápida y precisa para evaluar la compactación en el sitio.
- **Prueba de Penetración Dinámica (DCP):** Mide la resistencia del suelo a la penetración de una sonda para estimar la densidad relativa. Esta prueba es especialmente útil para suelos granulares y en condiciones donde se necesita una evaluación rápida.

Consecuencias de una Compactación Inadecuada

Una compactación insuficiente o excesiva puede llevar a varios problemas:

1. **Asentamientos Diferenciales:** La compactación insuficiente puede causar asentamientos desiguales en estructuras, lo que puede resultar en grietas y fallas estructurales. Estos asentamientos pueden afectar la integridad de edificios, carreteras y otras infraestructuras.
2. **Problemas de Drenaje:** La compactación excesiva puede reducir la permeabilidad del suelo, causando problemas de drenaje y acumulación de agua. Esto puede llevar a la saturación del suelo y al debilitamiento de la base de las estructuras.
3. **Reducción de la Fertilidad del Suelo:** En aplicaciones agrícolas, la compactación excesiva puede afectar negativamente la estructura del suelo, reduciendo su capacidad para retener agua y nutrientes, y limitando el crecimiento de las raíces. Esto puede resultar en una menor productividad de los cultivos.

2.2.1.5 Prueba de Proctor

El término "prueba Proctor" describe el procedimiento para medir la densidad de muestras de suelo compactado tomadas a diferentes niveles de humedad. Según Crespo Villalaz (2014), este examen se realiza para determinar.

- Con el fin de determinar la humedad óptima W_o para la compactación y el peso volumétrico seco máximo que puede alcanzar un material.
- Evaluar el nivel de compactación que ha adquirido el material durante la construcción es importante después de que se han construido carreteras, aeropuertos y calles.

Una forma de lograrlo es comparar el peso volumétrico en el sitio con el peso volumétrico máximo del Proctor.

2.2.1.6 Ensayo de C.B.R

Este método evalúa los suelos de subrasante, los materiales de subbase y las bases granulares en función de su calidad relativa. El material finamente molido que compone las bases granulares queda retenido en la malla de 20 mm en lugar de pasar por el tamiz de 50 mm. Se recomienda que el porcentaje de material que pasa por la malla de 20 mm se mantenga por debajo del 20%. Aunque esta prueba es igualmente eficaz en un entorno de laboratorio controlado, su uso en situaciones prácticas es bastante limitado.

Para hallar el CBR, se compara la fuerza unitaria necesaria para que un pistón atraviese 19,4 cm de suelo compactado con un contenido de humedad y una densidad determinados en psi, con la carga unitaria estándar para material triturado como referencia. El CBR se determina haciendo esta comparación. A partir de esta relación, podemos derivar el valor del CBR, que puede expresarse mediante la siguiente ecuación:

$$CBR = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo}}{\text{Carga unitaria patron}} * 100$$

2.2.2 Estabilización de suelos

Es un proceso crucial en la ingeniería civil que implica el tratamiento de suelos para mejorar sus atributos físicas y mecánicas con el fin de hacerlos más adecuados para la construcción. Este proceso puede involucrar el uso de varios métodos y materiales, dependiendo del tipo de suelo y las condiciones específicas del proyecto. A continuación, se detallan algunos de los métodos más comunes de estabilización de suelos:

Métodos de Estabilización de Suelos

1. Estabilización Mecánica



Consiste en modificar las propiedades del suelo mediante la mezcla con otros materiales o mediante compactación. Algunos de los procedimientos incluyen:

- **Compactación:** Incrementa la densidad del suelo mediante el uso de rodillos, placas vibratorias o martillos neumáticos.
- **Mezcla de Suelos:** Combinar suelos de diferentes características para obtener una mezcla con propiedades mejoradas.

2. Estabilización Química

Implica el uso de aditivos químicos para modificar la estructura y propiedades del suelo.

Los aditivos más comunes son:

- **Cemento:** Añadir cemento al suelo mejora su cohesión y resistencia a la compresión.
- **Cal:** Se utiliza principalmente para suelos arcillosos, mejorando la plasticidad y reduciendo la expansividad.
- **Productos Bituminosos:** Utilizados principalmente en suelos arenosos y gravosos para aumentar la resistencia y reducir la permeabilidad.

3. Estabilización mediante Geosintéticos

El uso de materiales geosintéticos como geotextiles, geomallas y geomembranas puede ayudar a mejorar la estabilidad del suelo mediante:

- **Reforzamiento:** Las geomallas proporcionan refuerzo a la estructura del suelo.
- **Separación y Filtración:** Los geotextiles separan diferentes capas de suelo y permiten el drenaje, evitando la mezcla de materiales.

APLICACIONES Y BENEFICIOS

La estabilización de suelos se aplica en diversas áreas de la ingeniería civil, incluyendo la construcción de carreteras, aeropuertos, presas, y estructuras de soporte de edificios.

Los principales beneficios incluyen:

- **Mejora de la Capacidad de Soporte:** Los suelos tratados pueden soportar mayores cargas estructurales.
- **Reducción de la Permeabilidad:** Previene problemas de filtraciones y erosión.

- **Aumento de la Durabilidad:** Extiende la vida útil de las estructuras construidas sobre suelos estabilizados.
- **Mitigación de Riesgos Geotécnicos:** Reduce el riesgo de asentamientos y deslizamientos de tierra.

La selección del método adecuado de estabilización depende de un análisis detallado del suelo, las condiciones ambientales y los requisitos específicos del proyecto. Este proceso es esencial para asegurar la estabilidad y seguridad de las infraestructuras construidas sobre suelos mejorados.

2.2.2.1 Estabilización de suelos arcillosos

La estabilización de suelos arcillosos es un proceso fundamental en la ingeniería geotécnica debido a las características desafiantes que presentan estos suelos, como su alta plasticidad, baja capacidad de carga y tendencia a la expansión y contracción con cambios de humedad. Los métodos más comunes para estabilizar suelos arcillosos incluyen la adición de materiales estabilizantes y técnicas mecánicas. A continuación, se describen algunos de estos métodos:

Métodos de Estabilización de Suelos Arcillosos

1. Estabilización con Cal

La cal es uno de los materiales más utilizados para estabilizar suelos arcillosos. La adición de cal mejora significativamente las propiedades del suelo arcilloso a través de los siguientes mecanismos:

- **Menor Plasticidad:** plasticidad de los suelos arcillosos, lo que disminuye su tendencia a expandirse y contraerse.
- **Aumento de la Capacidad de Carga:** La reacción química entre la cal y los minerales arcillosos forma compuestos cementantes que mejoran la resistencia del suelo.
- **Mejora de la Estabilidad Volumétrica:** La cal estabiliza el suelo al reducir su sensibilidad a los cambios de humedad.

2. Estabilización con Cemento

El cemento es otro estabilizante eficaz para suelos arcillosos. Sus efectos son:

- **Incremento de la Resistencia:** El cemento mejora la cohesión y la capacidad de carga del suelo arcilloso.
- **Reducción de la Permeabilidad:** Al rellenar los poros del suelo, el cemento reduce la permeabilidad y previene la erosión.
- **Aceleración del Fraguado:** Proporciona una rápida mejora en la resistencia del suelo, permitiendo la construcción en condiciones más seguras.

3. Estabilización con Polímeros

Los polímeros, aunque menos comunes que la cal y el cemento, ofrecen beneficios significativos:

- **Mejora de la Cohesión:** Los polímeros aumentan la cohesión del suelo, mejorando su capacidad de carga.
- **Resistencia al Agua:** Proporcionan una barrera contra la infiltración de agua, reduciendo los problemas asociados con la expansión y contracción de los suelos arcillosos.

4. Estabilización Mecánica

La estabilización mecánica implica el uso de procedimientos físicos para mejorar los atributos del suelo:

- **Compactación:** La compactación mecánica incrementa la densidad del suelo, mejorando su capacidad de carga y reduciendo la permeabilidad.
- **Mezcla:** suelos arcillosos con suelos granulares puede mejorar las propiedades generales del material resultante.

APLICACIONES Y BENEFICIOS

Aplicaciones:

- **Construcción de Carreteras:** Mejora la capacidad de soporte y la durabilidad de las bases y sub-bases de carreteras construidas sobre suelos arcillosos.

- Fundaciones de Edificios: Aumenta la estabilidad y capacidad de carga de los suelos para soportar estructuras pesadas.
- Control de Erosión: Reduce la susceptibilidad de los suelos arcillosos a la erosión causada por el agua y el viento.

Beneficios:

- Mejora de la Capacidad de Soporte: Los suelos arcillosos estabilizados pueden soportar mayores cargas estructurales.
- Reducción de la Expansión y Contracción: Disminuye los problemas relacionados con el movimiento del suelo debido a cambios de humedad.
- Incremento de la Durabilidad: Extiende la vida útil de las infraestructuras construidas sobre suelos estabilizados.
- Prevención de Asentamientos Diferenciales: Mejora la uniformidad del suelo, reduciendo los riesgos de asentamientos desiguales.

La estabilización de suelos arcillosos es esencial para garantizar la seguridad y durabilidad de las construcciones. La elección del método adecuado depende de un análisis detallado de las condiciones del suelo y los requisitos específicos del proyecto.

2.2.2.2 Caracterización de los suelos para estabilizar

La caracterización de suelos es un paso fundamental antes de implementar cualquier método de estabilización. Consiste en la evaluación detallada de las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo para determinar su idoneidad y el tratamiento más adecuado. La caracterización adecuada garantiza que las técnicas de estabilización elegidas sean efectivas y eficientes. A continuación, se describen los principales aspectos a considerar en la caracterización de suelos:

1. Propiedades Físicas

- Granulometría: Determinar la distribución del tamaño de las partículas del suelo mediante tamizado y sedimentación. Esto ayuda a identificar la proporción de arenas, limos y arcillas.

- **IP:** Medir la diferencia entre el LL y el LP del suelo para evaluar su plasticidad y tendencia a expandirse o contraerse.
- **Densidad Aparente y Densidad Seca:** Evaluar la densidad del suelo en estado natural y después de la compactación para conocer su capacidad de carga.

2. Propiedades Mecánicas

- **Resistencia a la Compresión No Confinada:** Determinar la resistencia del suelo a la deformación bajo carga sin confinamiento lateral.
- **Ángulo de Fricción Interna y Cohesión:** Evaluar la capacidad del suelo para resistir esfuerzos de corte, fundamentales para la estabilidad de taludes y estructuras.
- **Módulo de Elasticidad:** Medir la rigidez del suelo y su capacidad para deformarse bajo cargas aplicadas.

3. Propiedades Químicas

- **pH del Suelo:** Determinar la acidez o alcalinidad del suelo, lo cual puede influir en la reacción con estabilizantes químicos como la cal o el cemento.
- **Contenido de Materia Orgánica:** Evaluar la cantidad de materia orgánica presente, ya que puede afectar negativamente la estabilización.
- **Presencia de Sales Solubles:** Identificar la presencia de sales que pueden influir en las propiedades del suelo y en la efectividad de los estabilizantes.

4. Pruebas de Estabilización Preliminares

- **Pruebas de Mezcla de Suelo-Estabilizante:** Realizar pruebas de laboratorio mezclando el suelo con diferentes porcentajes de estabilizantes (cal, cemento, polímeros) para determinar la dosis óptima.
- **Pruebas de Compactación:** Evaluar la densidad máxima y el contenido óptimo de humedad mediante pruebas Proctor estándar y modificadas.
- **Pruebas de Durabilidad:** Realizar ensayos de ciclos de humedad y secado, y de congelación y descongelación, para evaluar la durabilidad del suelo estabilizado.

5. Evaluación Hidráulica

- **Coeficiente de Permeabilidad:** Medir la capacidad del suelo para permitir el paso del agua, lo que es crucial para evaluar problemas potenciales de drenaje y erosión.
- **Capacidad de Retención de Agua:** Determinar la cantidad de agua que el suelo puede retener, lo que afecta su comportamiento expansivo y contráctil.

IMPORTANCIA DE LA CARACTERIZACIÓN DE SUELOS

La caracterización precisa de los suelos es esencial para:

- **Seleccionar el Método de Estabilización Adecuado:** Identificar el estabilizante y el método más efectivos para mejorar las propiedades específicas del suelo.
- **Optimizar el Uso de Recursos:** Evitar el uso excesivo de estabilizantes, lo que puede ser costoso y, en algunos casos, perjudicial para el medio ambiente.
- **Garantizar la Seguridad y Estabilidad:** Asegurar que el suelo estabilizado cumpla con los requisitos.

APLICACIONES Y BENEFICIOS

La caracterización de suelos es aplicable en una amplia gama de proyectos de construcción e infraestructura, incluyendo carreteras, aeropuertos, fundaciones de edificios, presas y taludes. Los beneficios incluyen:

- **Reducción de Asentamientos Diferenciales:** Mejora la uniformidad del suelo, disminuyendo el riesgo de asentamientos desiguales.
- **Mejora de la Capacidad de Carga:** Aumenta la resistencia del suelo, permitiendo la construcción de estructuras más seguras y duraderas.
- **Optimización de la Inversión:** Asegura que los recursos se utilicen de manera eficiente, reduciendo costos y aumentando la sostenibilidad del proyecto.

2.2.2.3 Técnicas de estabilización de suelos

La estabilización de suelos es un proceso clave en la ingeniería civil que se utiliza para mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, haciendo que sea más adecuado para la construcción y otras aplicaciones geotécnicas. Existen diversas técnicas de estabilización de suelos, cada una adaptada a diferentes tipos de suelos y

condiciones específicas del proyecto. A continuación, se presentan las principales técnicas de estabilización de suelos:

1. Estabilización Mecánica

La alteración de la estructura del suelo mediante la mezcla y compactación de materiales para mejorar sus propiedades físicas.

- **Compactación:** Compactar el suelo consiste en aumentar su densidad presionándolo con una pala u otro objeto pesado. Para ello se utilizan compactadores de impacto, placas vibratorias o rodillos. La compactación del suelo mejora la resistencia y la capacidad de carga del mismo al reducir la porosidad.
- **Mezcla de Suelos:** Esta técnica implica la mezcla de diferentes tipos de suelos para obtener una combinación con propiedades mejoradas. Por ejemplo, mezclar suelos arcillosos con arenas o gravas puede aumentar la estabilidad y reducir la plasticidad del suelo.

2. Estabilización Química

El proceso de estabilización química implica la adición de sustancias químicas que interactúan con los minerales del suelo para mejorar sus propiedades. Estos son los principales agentes que estabilizan:

- **Cal:** La cal es eficaz para estabilizar suelos arcillosos. La adición de cal reduce la plasticidad y la expansión del suelo, aumenta la resistencia a la compresión y mejora la estabilidad a largo plazo. La cal reacciona con los minerales de arcilla para formar compuestos cementantes.
- **Cemento:** El cemento es un estabilizante versátil que se puede utilizar en una variedad de suelos. La mezcla de cemento con suelo forma una matriz rígida que aumenta significativamente la resistencia y la capacidad de carga del suelo. Además, reduce la permeabilidad y la susceptibilidad a los cambios de humedad.
- **Polímeros:** Los polímeros son estabilizantes químicos que mejoran la cohesión y la resistencia del suelo. Los polímeros pueden ser especialmente útiles en suelos

arenosos y suelos con bajo contenido de finos, proporcionando una barrera contra la infiltración de agua.

- **Productos Bituminosos:** Los productos bituminosos, como el asfalto, se utilizan principalmente para estabilizar suelos granulares y arenosos. Estos productos recubren las partículas del suelo, aumentando la cohesión y la resistencia al agua.

3. Estabilización con Geosintéticos

Los geosintéticos son materiales sintéticos utilizados para reforzar y estabilizar el suelo.

Los principales tipos de geosintéticos incluyen:

- **Geotextiles:** Los geotextiles son telas permeables que se utilizan para separar, filtrar, reforzar y drenar suelos. Se colocan entre diferentes capas de suelo para mejorar la estabilidad y prevenir la mezcla de materiales.
- **Geomallas:** Las geomallas son estructuras de malla que proporcionan refuerzo a suelos blandos y mejoran su capacidad de carga. Se utilizan comúnmente en la construcción de carreteras y terraplenes.
- **Geomembranas:** Las geomembranas son láminas impermeables que se utilizan para controlar la infiltración de agua en aplicaciones de estabilización de suelos, como revestimientos de vertederos y embalses.

4. Estabilización mediante Encalado

El encalado es una técnica tradicional que implica la mezcla de cal viva o cal hidratada con el suelo. Este proceso mejora la trabajabilidad, reduce la plasticidad y aumenta la resistencia del suelo. El encalado es particularmente efectivo en suelos arcillosos.

APLICACIONES Y BENEFICIOS

Aplicaciones:

- **Construcción de Carreteras:** La estabilización de suelos se utiliza ampliamente en la construcción de bases y sub-bases de carreteras para mejorar la capacidad de carga y la durabilidad.

- **Fundaciones de Edificios:** La estabilización proporciona una base más estable y resistente para la construcción de edificios y otras estructuras.
- **Control de Erosión:** La estabilización ayuda a prevenir la erosión del suelo en taludes, márgenes de ríos y costas.

Beneficios:

- **Mejora de la Capacidad de Carga:** Las técnicas de estabilización aumentan la resistencia y la capacidad de carga del suelo, permitiendo la construcción de estructuras más seguras y duraderas.
- **Reducción de la Expansión y Contracción:** La estabilización reduce la susceptibilidad del suelo a los cambios de humedad, minimizando el riesgo de asentamientos y daños estructurales.
- **Incremento de la Durabilidad:** Los suelos estabilizados tienen una vida útil más larga y requieren menos mantenimiento, lo que resulta en ahorros a largo plazo.
- **Optimización de Recursos:** La estabilización permite el uso de suelos locales, reduciendo la necesidad de importar materiales costosos y minimizando el impacto ambiental.

2.2.3 Subrasante de una Vía

La subrasante es la capa de suelo sobre la que se construyen las capas superiores de una carretera. Desempeña un papel fundamental en la estabilidad y durabilidad de la vía, ya que soporta todas las cargas provenientes del tráfico y de las capas superiores de pavimento. A continuación, se detallan los aspectos más importantes relacionados con la subrasante de una vía:

1. Definición y Función de la Subrasante

Constituida por el suelo natural compactado o suelo mejorado. Sus principales funciones incluyen:



- **Soporte de Cargas:** Proporciona soporte estructural a las capas de base, sub-base y pavimento, distribuyendo las cargas del tráfico hacia el suelo subyacente.
- **Estabilidad Estructural:** Contribuye a la estabilidad general de la estructura de la vía, evitando deformaciones excesivas y asentamientos diferenciales.
- **Drenaje:** Facilita el drenaje del agua, reduciendo la acumulación de humedad que puede debilitar las capas superiores y provocar fallos prematuros en el pavimento.

2. Características de la Subrasante

Para que una subrasante cumpla eficazmente con sus funciones, debe poseer ciertas características:

- **Capacidad de Carga Adecuada:** Debe ser capaz de soportar las cargas impuestas por el tráfico sin sufrir deformaciones excesivas. Esto se evalúa mediante el CBR (California Bearing Ratio) o el módulo resiliente.
- **Estabilidad Volumétrica:** Debe mantener su volumen y forma frente a cambios de humedad y temperatura, minimizando el riesgo de expansión y contracción.
- **Permeabilidad:** Debe tener una permeabilidad adecuada para permitir el drenaje del agua y evitar la acumulación de humedad.
- **Compatibilidad con Materiales Superiores:** La subrasante debe ser compatible con las capas de base y sub-base, asegurando una transición adecuada de cargas y propiedades mecánicas.

3. Preparación y Mejoramiento de la Subrasante

La preparación de la subrasante es un paso crítico en la construcción de carreteras. Implica varias etapas, desde la evaluación inicial del suelo hasta su mejora y compactación:

Evaluación del Suelo

- **Análisis de Suelos:** Se realizan pruebas de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, como la granulometría, plasticidad, densidad y resistencia.



- **Pruebas de Campo:** Incluyen la medición del CBR, densidad in situ y contenido de humedad, que ayudan a evaluar la capacidad de carga y la adecuación del suelo para su uso como subrasante.

Mejoramiento del Suelo

Cuando el suelo natural no cumple con los requisitos necesarios, se pueden aplicar varias técnicas de mejoramiento:

- **Estabilización Química:** La adición de cal, cemento o polímeros puede mejorar la capacidad de carga y la estabilidad volumétrica del suelo.
- **Estabilización Mecánica:** La mezcla y compactación del suelo con materiales granulares puede mejorar sus propiedades físicas.
- **Drenaje:** La instalación de sistemas de drenaje, como drenes franceses o subdrenes, ayuda a controlar la acumulación de agua y a mantener la estabilidad de la subrasante.

Compactación

- **Proceso de Compactación:** La compactación adecuada del suelo es esencial para garantizar su capacidad de carga y estabilidad. Se utiliza equipo pesado, como rodillos vibratorios y compactadores, para alcanzar la densidad y contenido de humedad óptimos.
- **Control de Calidad:** Durante la compactación, se realizan pruebas periódicas para asegurar que se cumplen las especificaciones de densidad y humedad, como la prueba de densidad nuclear o la prueba de cono de arena.

4. Mantenimiento de la Subrasante

El mantenimiento de la subrasante es crucial para la longevidad de la carretera. Incluye actividades como:

- **Monitoreo de Condiciones:** Inspección regular de la subrasante para identificar signos de deterioro, como grietas, asentamientos o humedad excesiva.

- **Reparaciones:** Reparación de áreas dañadas mediante la excavación y reemplazo del suelo, o la estabilización in situ con aditivos químicos.
- **Gestión del Drenaje:** Mantenimiento y mejora de los sistemas de drenaje para evitar la acumulación de agua y el deterioro de la subrasante.

Tabla 2

Condición de Sub rasante

Condición de subrasante	Valore de CBR
Inadecuada	$CBR < 3\%$
Insuficiente	$6\% > CBR \geq 3\%$
Regular	$10 > CBR \geq 6\%$
Buena	$20\% > CBR \geq 10\%$
Muy buena	$30\% > CBR \geq 20\%$
Excelente	$CBR \geq 30\%$

2.2.4 Ceniza de totora

Ceniza de totora es un material que se obtiene a partir de la quema de la totora, una planta acuática que crece en zonas de agua dulce como lagos, lagunas y pantanos. La totora se encuentra principalmente en regiones de América del Sur, como en los humedales de Perú, Bolivia, Argentina y Chile.

La ceniza de totora se utiliza tradicionalmente en la fabricación de cerámica y alfarería, así como en la construcción de adobe y como componente para la fabricación de cemento. También se ha utilizado históricamente en la medicina tradicional de algunas culturas indígenas de América del Sur.

2.2.4.1 Propiedades de la ceniza de totora

La ceniza de totora tiene varias propiedades y usos, tanto prácticos como culturales. Algunas de estas propiedades incluyen:

- **Agricultura:** La ceniza de totora se puede utilizar como un fertilizante natural debido a su contenido de nutrientes como potasio, fósforo y calcio.



- **Construcción:** La ceniza de totora se puede utilizar como un componente en la creación de ladrillos de adobe y cemento.
- **Medicina tradicional:** Algunas comunidades indígenas de América del Sur han utilizado la ceniza de totora con fines medicinales. Se cree que tiene propiedades curativas y se utiliza para tratar una variedad de dolencias.
- **Artesanía:** En la fabricación de cerámica y alfarería, la ceniza de totora puede utilizarse como un esmalte natural para decorar las piezas. También se puede utilizar en técnicas de pintura y teñido.
- **Simbolismo cultural:** La totora y su ceniza tienen importancia cultural y simbólica para muchas comunidades indígenas de la región. Se utilizan en ceremonias religiosas, rituales y celebraciones como parte de la conexión con la naturaleza y las tradiciones ancestrales.

2.2.4.2 Ceniza de totora para estabilizar la subrasante

La ceniza de totora puede utilizarse como estabilizador de subrasante en la construcción de carreteras y caminos. La subrasante es la capa de suelo natural sobre la cual se construyen las carreteras y pavimentos. Estabilizar la subrasante con materiales como la ceniza de totora puede ayudar a mejorar sus propiedades mecánicas y aumentar su capacidad de soporte, lo que a su vez puede reducir el riesgo de deformaciones y asentamientos en la vía.

Algunos de los beneficios de utilizar ceniza de totora para estabilizar la subrasante incluyen:

- **Mejora de la capacidad de carga:** La ceniza de totora puede aumentar la resistencia y la estabilidad de la subrasante, lo que permite soportar cargas más pesadas sin deformarse o ceder.
- **Reducción de la expansión y contracción del suelo:** La ceniza de totora puede ayudar a controlar la expansión y contracción del suelo debido a cambios en la humedad, lo que puede minimizar el riesgo de grietas y daños en la vía.



- **Mejora de la durabilidad:** Al estabilizar la subrasante con ceniza de totora, se puede aumentar la durabilidad y vida útil de la carretera o camino, reduciendo la necesidad de mantenimiento y reparaciones frecuentes.
- **Aprovechamiento de un recurso local y sostenible:** La totora es un recurso natural que se encuentra comúnmente en ciertas regiones, lo que hace que la ceniza de totora sea una opción sostenible y económica para estabilizar la subrasante.

Es importante tener en cuenta que el uso de la ceniza de totora como estabilizador de subrasante debe realizarse con un adecuado estudio de ingeniería y pruebas de laboratorio para garantizar su efectividad y seguridad en la construcción de la vía. Además, las técnicas de aplicación y las proporciones de mezcla deben ser adecuadamente diseñadas para satisfacer las condiciones específicas del sitio y los requisitos de ingeniería del proyecto.

2.2.5 *Ceniza de café*

La ceniza de café es un subproducto que se obtiene al quemar granos de café. Aunque puede parecer un desperdicio, la ceniza de café tiene varios usos prácticos y beneficios potenciales:

- **Fertilizante:** La ceniza de café es rica en nutrientes como potasio, fósforo, calcio, magnesio y otros minerales que son beneficiosos para las plantas. Se puede utilizar como fertilizante orgánico para enriquecer el suelo y promover el crecimiento de plantas saludables.
- **Repelente de insectos:** Algunas personas utilizan la ceniza de café esparcida alrededor de las plantas para repeler insectos y plagas, ya que su olor puede ser desagradable para ciertos insectos.
- **Control de olores:** La ceniza de café puede absorber olores desagradables. Se puede colocar en el refrigerador, en ceniceros o en áreas donde se desee neutralizar olores no deseados.



- **Limpieza:** La ceniza de café, debido a su textura abrasiva, puede usarse como un limpiador suave para fregar o pulir superficies delicadas, como cerámica o acero inoxidable.
- **Repelente de gatos:** Algunos jardineros utilizan la ceniza de café esparcida en el jardín como un repelente natural para gatos, ya que el olor puede ser desagradable para ellos y disuadirlos de entrar en ciertas áreas.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la ceniza de café puede aumentar el pH del suelo, por lo que su uso como fertilizante debe ser moderado y equilibrado, especialmente en suelos que ya son alcalinos. Además, la ceniza de café utilizada para estos fines debe ser de granos de café sin tratar y libre de productos químicos o aditivos.

2.2.5.1 Propiedades de la ceniza de café

La ceniza de café, un subproducto de quemar granos de café, tiene varias propiedades y puede tener diversos usos. Aquí hay algunas de sus propiedades:

- **Rico en nutrientes:** La ceniza de café contiene varios nutrientes beneficiosos para las plantas, como potasio, fósforo, calcio, magnesio y otros minerales. Estos nutrientes pueden ayudar a mejorar la salud y el crecimiento de las plantas cuando se utilizan como fertilizante.
- **Ajuste del pH del suelo:** La ceniza de café tiende a tener un pH alcalino, lo que puede ayudar a neutralizar suelos ácidos. Sin embargo, su capacidad para ajustar el pH del suelo puede variar según el tipo de suelo y la cantidad de ceniza aplicada.
- **Absorbe olores:** La ceniza de café tiene la capacidad de absorber olores desagradables. Esto la hace útil para neutralizar olores en el hogar, como los que pueden provenir de la basura, la nevera o los ceniceros.
- **Repelente de insectos:** Algunas personas utilizan la ceniza de café alrededor de las plantas para repeler insectos, ya que su olor puede ser desagradable para ciertas plagas.



- **Textura abrasiva:** La ceniza de café tiene una textura ligeramente abrasiva, lo que la hace útil como un limpiador suave para fregar o pulir superficies delicadas.

Es importante tener en cuenta que la ceniza de café debe utilizarse con moderación y precaución, especialmente como fertilizante, ya que puede elevar el pH del suelo en exceso si se aplica en grandes cantidades. Además, la ceniza de café utilizada para estos fines debe ser de granos de café sin tratar y libre de productos químicos o aditivos.

2.2.5.2 Ceniza de café para estabilizar la subrasante

La ceniza de café puede utilizarse como un estabilizador de subrasante en la construcción de carreteras y caminos, al igual que otros materiales como la cal, el cemento u otros estabilizadores de suelo. Algunas de las propiedades de la ceniza de café que podrían ser útiles para estabilizar la subrasante incluyen su capacidad para mejorar la cohesión del suelo y su potencial para actuar como un agente aglutinante.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que la ceniza de café no ha sido ampliamente estudiada o utilizada con este propósito en comparación con otros estabilizadores de suelo más convencionales. Por lo tanto, su eficacia y aplicabilidad pueden variar según las condiciones del suelo y el proyecto específico.

Antes de utilizar la ceniza de café para estabilizar la subrasante, se recomienda realizar pruebas de laboratorio y estudios de ingeniería para evaluar su idoneidad y determinar las proporciones adecuadas de mezcla. Además, es importante considerar las regulaciones locales y las normas de construcción para garantizar la seguridad y la durabilidad de la estructura vial.

En resumen, mientras que la ceniza de café podría tener potencial como estabilizador de subrasante, se necesita más investigación y pruebas para determinar su eficacia y viabilidad en comparación con otros materiales estabilizadores de suelo más establecidos.



2.3 Marco conceptual

2.3.1 CBR

La prueba CBR consiste en penetrar el suelo de forma lenta y precisa con un pistón convencional. Para averiguar cuánta presión necesita el pistón para atravesar el suelo, se compara con la presión necesaria para introducir el mismo pistón en un suelo normal, que suele ser una combinación de grava triturada y arena, en las mismas circunstancias. Como estadística porcentual, esta comparación se basa en el índice de capacidad de carga de California.

2.3.2 Ceniza de Café

La ceniza de café es un subproducto que se obtiene al quemar los granos de café. Cuando los granos de café se queman, se descomponen en una ceniza fina que contiene varios minerales y compuestos, como potasio, fósforo, calcio y magnesio, entre otros. Estos minerales pueden ser beneficiosos para el suelo y las plantas, por lo que la ceniza de café a menudo se utiliza como fertilizante natural.

2.3.3 Ceniza de totora

La ceniza de totora es un subproducto que se obtiene al quemar la totora, una planta acuática que crece en regiones de agua dulce, como lagos, lagunas y pantanos, principalmente en América del Sur. La totora es conocida por su versatilidad y su importancia cultural y económica para diversas comunidades indígenas.

2.3.4 Granulometría

La granulometría se refiere a la distribución de tamaños de partículas en un material sólido, ya sea en polvo, arena, grava, suelo, o cualquier otro tipo de sustancia fragmentada. Es un concepto importante en la ingeniería civil, la geología, la metalurgia, la farmacología, entre otros campos.



2.3.5 Índice de plasticidad

El índice de plasticidad es una medida utilizada en ingeniería civil y geotécnica para caracterizar la plasticidad de un suelo. Se calcula a partir de los resultados de dos ensayos estándar: el límite líquido y el límite plástico.

2.3.6 Proctor modificado

El procedimiento del ensayo de Proctor modificado implica compactar una muestra de suelo en un molde cilíndrico estándar en capas sucesivas, cada una de las cuales se compacta utilizando un pisón estándar que cae desde una altura determinada. Durante el proceso de compactación, se mide el contenido de humedad del suelo en cada capa. Después de compactar todas las capas, se extrae la muestra del molde y se determina su masa y volumen.

2.3.7 Suelo

El suelo es una capa superficial de la corteza terrestre compuesta por minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos. Es un recurso natural fundamental para la vida en la Tierra, ya que proporciona soporte físico para el crecimiento de las plantas, suministra nutrientes esenciales, regula el ciclo del agua y del carbono, y alberga una gran diversidad de organismos.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la Investigación

El diseño cuasi-experimental comparativo es una modalidad de investigación que busca comparar dos o más grupos, sin que haya una asignación aleatoria estricta de los participantes a cada grupo. En este caso, el objetivo es comparar el efecto de la ceniza de totora y la ceniza de cáscara de café en las propiedades del suelo de subrasante (Hernández Sampieri et al., 2020). Este diseño permitirá determinar las diferencias entre los dos tipos de ceniza en cuanto a su capacidad de mejorar las características del suelo en el contexto específico de la Avenida Túpac Amaru.

3.2 Método de la Investigación

Se define por la modificación sistemática de variables para examinar su impacto en otras variables dependientes (Christensen et al., 2019). Este estudio alterará la cantidad de ceniza (totora y cascarilla de café) incorporada al suelo de la subrasante para evaluar las variaciones en las cualidades mecánicas del suelo. Esta metodología es ventajosa para obtener explicaciones causales, como el impacto de los materiales naturales en la mejora del suelo.

3.3 Nivel y tipo de la investigación

3.3.1 Nivel de la Investigación

El nivel de la investigación es explicativo, ya que tiene como finalidad no solo describir un fenómeno, sino entender las relaciones de causa y efecto. Las investigaciones explicativas son aquellas que buscan identificar por qué un fenómeno ocurre de una manera particular, más allá de observar sus características superficiales (Gómez, 2021). En este estudio, se busca explicar cómo y por qué la ceniza de totora o la ceniza de cáscara de café afecta las propiedades del suelo.

3.3.2 Tipo de la investigación

El tipo de investigación es aplicada, ya que busca resolver un problema práctico, como es la mejora de las condiciones del suelo para infraestructuras viales (García & López, 2018). Este tipo de investigación es común en el campo de la ingeniería civil, donde los resultados pueden ser implementados directamente en la práctica, como en el diseño de carreteras o pavimentos más sostenibles.

3.4 Población y Muestra

3.4.1 Población

La población se refiere al conjunto total de elementos de los cuales se pretende obtener conclusiones (Kumar, 2019). En este caso, la población está constituida por todas las secciones de la subrasante de la Avenida Túpac Amaru, lo que implica que el estudio abarca una infraestructura vial específica. Este enfoque es común en investigaciones geotécnicas, donde las características del suelo pueden variar significativamente según el lugar.

3.4.2 Muestra

La muestra será representativa de la población, consistiendo en secciones de la subrasante seleccionadas de manera aleatoria para ser tratadas con ceniza de totora y ceniza de cáscara de café. Según Creswell y Creswell (2018), la selección de una

muestra adecuada es fundamental para garantizar que los resultados obtenidos puedan ser generalizados a toda la población estudiada, en este caso, la totalidad de la Avenida Túpac Amaru.

Tabla 3*Cantidad de muestras*

Descripción	IP	GC	CBR
SN	3	3	3
SN + 5% C.T.	3	3	3
SN + 10% C.T.	3	3	3
SN + 15% C.T.	3	3	3
SN + 8% C.C.	3	3	3
SN + 12% C.C.	3	3	3
SN + 16% C.C.	3	3	3

3.4.3 Técnicas e Instrumentos

3.4.3.1 Técnicas

La observación, la escala, la encuesta, el cuestionario y la entrevista son algunas de las herramientas y métodos que se pueden utilizar para recopilar datos (Carrasco, 2018). En el estudio se utilizaron los siguientes métodos y procesos para la recopilación de datos:

Técnica de Observación: Las características del subsuelo que se estaba estudiando se determinaron mediante un enfoque de observación. Como parte de esta estrategia, monitoreamos y cuantificamos con precisión una serie de propiedades del suelo. Las observaciones se llevaron a cabo tanto in situ como en condiciones controladas en laboratorio, lo que permitió obtener datos detallados y específicos sobre la estructura, composición y comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones.

Este proceso incluyó la organización y clasificación de los datos en categorías relevantes, la aplicación de técnicas estadísticas para identificar patrones y tendencias, y la utilización de software especializado para realizar análisis más complejos. La



combinación de datos empíricos y métodos de síntesis permitió una comprensión profunda de las propiedades del suelo y su comportamiento.

Este paso es fundamental para convertir los datos recopilados en información útil y significativa. Se realizó un análisis detallado de los resultados obtenidos, seguido de su interpretación para comprender las implicaciones y aplicaciones prácticas de los hallazgos. Este proceso incluyó la comparación de los resultados con estudios previos, la evaluación de su relevancia en el contexto de la investigación, y la identificación de posibles recomendaciones y áreas para futuras investigaciones.

3.4.3.2 Instrumentos

Según Sánchez et al. (2021), los estudios científicos requieren absolutamente del uso de equipos para la recolección de datos pertinentes. Los procesos experimentales relacionados con la investigación pueden ser registrados y explicados con el uso de estas herramientas, que permiten la recolección de datos a través de varios enfoques. Durante la etapa de recolección de datos de la investigación, se consideraron los siguientes instrumentos:

- **Fichas de Control de Muestreo:** Estas fichas se utilizan para documentar y controlar los procesos de muestreo. Incluyen información detallada sobre las condiciones en las que se recolectaron las muestras, las características del entorno, y los procedimientos seguidos para garantizar la consistencia y la representatividad de las muestras.
- **Formatos de Análisis de Datos de Laboratorio:** Estos formatos estandarizados permiten la recopilación y organización sistemática de los datos obtenidos en el laboratorio. Facilitan la comparación de resultados, la identificación de posibles errores y la validación de los datos, asegurando que todos los aspectos relevantes del análisis sean considerados y documentados adecuadamente.
- **Certificados de Control de Calidad de Laboratorio:** Los certificados de control de calidad son documentos oficiales que garantizan que los análisis de laboratorio se



realizaron siguiendo estándares específicos de calidad. Estos certificados validan la precisión y la fiabilidad de los resultados obtenidos, proporcionando un respaldo crucial para la credibilidad del estudio.

- **Softwares de Análisis de Datos:** Se emplearon diversos programas informáticos especializados en el análisis de datos científicos. Estos softwares permiten el procesamiento avanzado de datos, la realización de análisis estadísticos complejos, y la visualización de resultados de manera clara y comprensible. Herramientas como SPSS, R o MATLAB pueden ser utilizadas para este propósito, facilitando el manejo de grandes volúmenes de datos y la obtención de conclusiones precisas.
- **Fichas de Interpretación de Resultados:** Estas fichas están diseñadas para guiar el proceso de interpretación de los datos obtenidos. Incluyen criterios específicos para evaluar los resultados en el contexto del estudio, ayudando a identificar patrones, tendencias y anomalías que puedan surgir durante el análisis.
- **Guías y Fichas Estadísticas para la Contratación de Hipótesis:** Estas herramientas son esenciales para la validación de hipótesis en el estudio. Proporcionan un marco estructurado para la aplicación de pruebas estadísticas, la evaluación de significancia, y la determinación de la fiabilidad de los resultados. Las guías y fichas estadísticas aseguran que el proceso de contratación de hipótesis se realice de manera rigurosa y conforme a las normas científicas establecidas.

3.5 Plan de recolección y procesamiento de datos

3.5.1 Desarrollo del plan de investigación

ETAPA I: BUSQUEDA DE INFORMACION

El proceso comienza con el examen de las complejidades de los datos pertinentes al tema de investigación, investigando las tesis, artículos de revistas, libros y leyes apropiados que servirán como componentes esenciales para este estudio.

ETAPA II: UBICACIÓN DE LA VIA Y MATERIALES

Figura 1

Ubicación de la vía



Tabla 4

Nº de muestras

Calicata	Distancias	Km
1	0+000 – 0+200	0+500
2	0+300 – 0+600	0+600
3	0+700 – 0+900	0+900

Para recolectar muestras del suelo del subsuelo de la ruta investigada, se cavaron pozos de prueba en los lugares designados.

Figura 2

Totora



La figura muestra la totora, donde se llevará a la incineración, para hacer la ceniza.

Figura 3

Café



La figura muestra el café, luego se llevará a la incineración de utilizar la ceniza para la estabilización de la subrasante.

ETAPA III: ENSAYOS DE LABORATORIO

Contenido de humedad.

Procedimiento:



Recolección de la Muestra:

- Tomar una muestra representativa del material a ensayar.
- Colocar la muestra en un recipiente de aluminio limpio y seco, y tapar.

Pesado Inicial:

- Pesarse el recipiente vacío y limpio, registrar el peso.
- Pesarse el recipiente con la muestra húmeda inmediatamente después de la recolección y registrar el peso.

Secado de la Muestra:

- Destapar el recipiente y colocar la muestra en el horno a $105 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Dejar la muestra en el horno durante al menos 24 horas o hasta que alcance un peso constante.

Enfriamiento:

- Retirar la muestra del horno usando guantes o pinzas.
- Colocar el recipiente con la muestra en el desecador para enfriar durante unos 30 minutos.

Pesado Final:

- Pesarse el recipiente con la muestra seca y registrar el peso.

Cálculo:

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

ENSAYO DE LÍMITES DE CONSISTENCIA.

Procedimiento para el Límite Líquido (LL)

1. Preparación de la Muestra:

- Tomar una muestra representativa del suelo y pasarla por un tamiz de 425 μm .
- Añadir agua destilada para formar una pasta homogénea.

2. Ensayo con el Disco de Casagrande:

- Colocar la muestra en el recipiente del aparato de Casagrande, llenándolo uniformemente hasta una profundidad de aproximadamente 1 cm.



- Con la espátula, hacer un surco en el centro de la muestra.
- Girar la manivela del aparato a una velocidad de dos golpes por segundo hasta que las dos partes de la muestra se unan en el fondo del surco a lo largo de una longitud de 12 mm.
- Registrar el número de golpes necesarios para cerrar el surco.
- Repetir el ensayo con diferentes contenidos de humedad para obtener al menos tres puntos de datos.

3. Determinación del Contenido de Humedad:

- Tomar una pequeña cantidad de muestra de cada prueba y pesarla antes y después de secar en el horno a $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante.
- Calcular el contenido de humedad para cada prueba.

4. Gráfica y Cálculo del Límite Líquido:

- Graficar el número de golpes versus el contenido de humedad en una escala semilogarítmica.
- Determinar el contenido de humedad correspondiente a 25 golpes, que es el límite líquido.

Procedimiento para el Límite Plástico (PL)

1. Preparación de la Muestra:

- Tomar una muestra de suelo y ajustarla con agua destilada para obtener una consistencia plástica.

2. Ensayo del Límite Plástico:

- Tomar una pequeña porción de la muestra y amasarla hasta formar un cilindro de aproximadamente 3 mm de diámetro y 10 cm de longitud.
- Rodar el cilindro sobre una superficie de vidrio hasta que se rompa en segmentos de aproximadamente 3 mm de diámetro.



- Recoger los segmentos y determinar el contenido de humedad de la muestra en este punto.

3. Determinación del Contenido de Humedad:

- Pesarse los segmentos antes y después de secar en el horno a $105 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta peso constante.
- Calcular % de humedad para el LP.

Cálculos

1. Índice de Plasticidad (PI):

$$PI = LL - PL \quad PI = LL - PL$$

Registro de Resultados

- Registrar todos los datos y cálculos en una hoja de datos.

PRUEBA DE PROCTOR MODIFICADO.

Procedimiento:

1. Preparación de la Muestra:

- Secar la muestra de suelo en el horno a $105 \pm 5^\circ\text{C}$ hasta peso constante.
- Enfriar la muestra en un desecador.
- Tamizar la muestra para asegurar que todas las partículas sean menores a 19 mm.

2. Determinación de la Masa del Molde Vacío:

- Pesarse el molde cilíndrico limpio y seco sin la base y registrar el peso (W_m).

3. Compactación del Suelo:

- Dividir la muestra seca en al menos cinco porciones.
- Añadir una cantidad conocida de agua a la primera porción y mezclar uniformemente para alcanzar el primer contenido de humedad deseado.
- Colocar la muestra húmeda en el molde en cinco capas aproximadamente iguales.



- Compactar cada capa con 25 golpes del martillo desde una altura de 457 mm, distribuyendo los golpes uniformemente sobre la superficie de la capa.
- Raspar el exceso de suelo después de compactar la última capa y alisar la superficie.

4. Determinación de la Masa del Molde con Suelo Compactado:

Pesar el molde con el suelo compactado y registrar el peso.

5. Determinación del Contenido de Humedad:

- Tomar una muestra de suelo compactado de la parte media del molde.
- Pesar la muestra húmeda y registrar el peso.
- Secar la muestra en el horno a $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante.
- Pesar la muestra seca y registrar el peso.

6. Repetir para Diferentes Contenidos de Humedad:

- Repetir los pasos 3 a 5 con las otras porciones de la muestra, aumentando gradualmente el contenido de humedad para obtener al menos cinco puntos de datos.

CBR.

Procedimiento:

1. Preparación de la Muestra:

- Secar la muestra de suelo en el horno a $105 \pm 5^{\circ}\text{C}$ hasta peso constante.
- Enfriar la muestra en un desecador.
- Tamizar la muestra para asegurar que todas las partículas sean menores a 19 mm.
- Ajustar la humedad de la muestra añadiendo agua destilada hasta alcanzar el contenido de humedad deseado.

2. Compactación de la Muestra en el Molde CBR:

- Colocar el disco base en la parte inferior del molde y ajustar el collarín en la parte superior.
- Introducir la muestra húmeda en el molde dividiéndola en cinco capas aproximadamente uniformes.

- Compactar cada capa aplicando 56 golpes con el martillo de compactación desde una altura de 457 mm, distribuyendo los golpes de manera uniforme en toda la superficie.
- Retirar el collarín y alisar la superficie de la muestra compactada.

3. Saturación de la Muestra (Opcional):

- Colocar el molde con la muestra compactada en un recipiente con agua.
- Dejar la muestra en agua durante 96 horas para saturar completamente la muestra.
- Después de la saturación, escurrir el agua y permitir que el exceso de agua drene antes de proceder con el ensayo.

4. Preparación para el Ensayo de Penetración:

- Colocar el plato perforado y la barra de extensión sobre la superficie de la muestra compactada.
- Colocar el molde en la prensa de carga.

5. Ensayo de Penetración:

- Ajustar el dispositivo de penetración para que el pistón esté en contacto con la superficie de la muestra.
- Aplicar la carga a una velocidad constante de 1.27 mm/min.
- Registrar las cargas correspondientes a las penetraciones de 0.625 mm, 1.25 mm, 1.875 mm, 2.5 mm, 3.75 mm, 5.0 mm, 7.5 mm, y 10 mm.

3.5.2 Procesamiento y análisis de datos

Las tablas que contienen los resultados se examinarán con el uso de programas de cálculo y gráficos para que sean más fáciles de comprender e interpretar. Para obtener resultados confiables y de fácil comprensión, se seguirán ciertos procedimientos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados obtenidos.

En este capítulo se muestra los resultados sobre los análisis del suelo natural, asimismo se empleará C.T. y café, en proporciones variables para la estabilización del suelo.

4.1.1 Resultados de propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante.

a) % Humedad:

Tabla 5

Humedad de las muestras

	% Humedad	
Calicata		Humedad (%)
Muestra 001		13.54
Muestra 002		15.76
Muestra 003		16.87
Promedio		15.39

Se presenta la humedad promedio de las muestras tomadas de tres calicatas, registrando un valor medio del 15.39%.

b) Granulado de material:**Tabla 6***Tamizado de las calicatas*

Malla	Granulometría		
	% pasante		
	C - 1	C - 2	C - 3
1/2"	-	-	-
3/8"	100.00	100.00	100.00
N° 4	98.25	99.43	97.56
N° 10	97.37	97.95	95.63
N° 20	94.33	95.90	93.24
N° 40	88.30	94.33	90.92
N° 100	78.47	88.04	84.72
N° 200	77.61	87.14	83.93

La gradación de los materiales se observa claramente, habiendo sido determinada por el tamizado de las muestras, que abarca desde el tamiz de 3/8" hasta el tamiz número 200. Esto indica una gama de tamaños de partículas desde más gruesas a más finas, lo cual es importante para entender los atributos del suelo de subrasante.

c) IP:**Tabla 7***IP del suelo natural.*

Calicata	L. Atterberg		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
C-1	32.01	19.71	12.30
C-2	30.84	19.97	10.87
C-3	30.36	19.17	11.19
Promedio	-	-	11.45

La tabla muestra los valores del (LL), (LP) y el (IP). El límite líquido varía entre 30.36% y 32.01%, mientras que el límite plástico oscila entre 19.17% y 19.97%. El índice plástico promedio del suelo es de 11.45%, siendo un indicador de la plasticidad del material.

d) Grado de compactación:**Tabla 8***Proctor modificado*

Muestra	Grado de Compactación	
	MDS (gr/cc)	OCH (%)
M - 1	1.737	15.95
M - 2	1.733	16.40
M - 3	1.753	16.10
Promedio	1.741	16.15

La tabla muestra los resultados del ensayo Proctor modificado para tres muestras de suelo (M-1, M-2 y M-3), donde se evalúa el grado de compactación. Se presentan los valores de la densidad seca máxima (MDS), que varían entre 1.733 y 1.753 gr/cc, y el contenido óptimo de humedad (OCH), con un promedio de 16.15%.

e) Capacidad de soporte CBR**Tabla 9***CBR muestras de calicata*

Calicata	CBR	
	CBR al 100% MDS	CBR al 95% MDS
C-01	3.37	2.61
C-02	3.39	2.65
C-03	3.39	2.31
Promedio	3.38	2.52

Los resultados medios de las pruebas de CBR al 100% (MDS) arrojaron un valor del 3.38%, mientras que para el CBR al 95% (MDS) se obtuvo un promedio de 2.52% en las muestras analizadas.

4.1.2 Resultados referentes al efecto de la C.T. y C.C. en porcentajes variables en el índice de plasticidad del suelo de subrasante.

a) Ceniza de totora.

- C.T. al 5%

Tabla 10

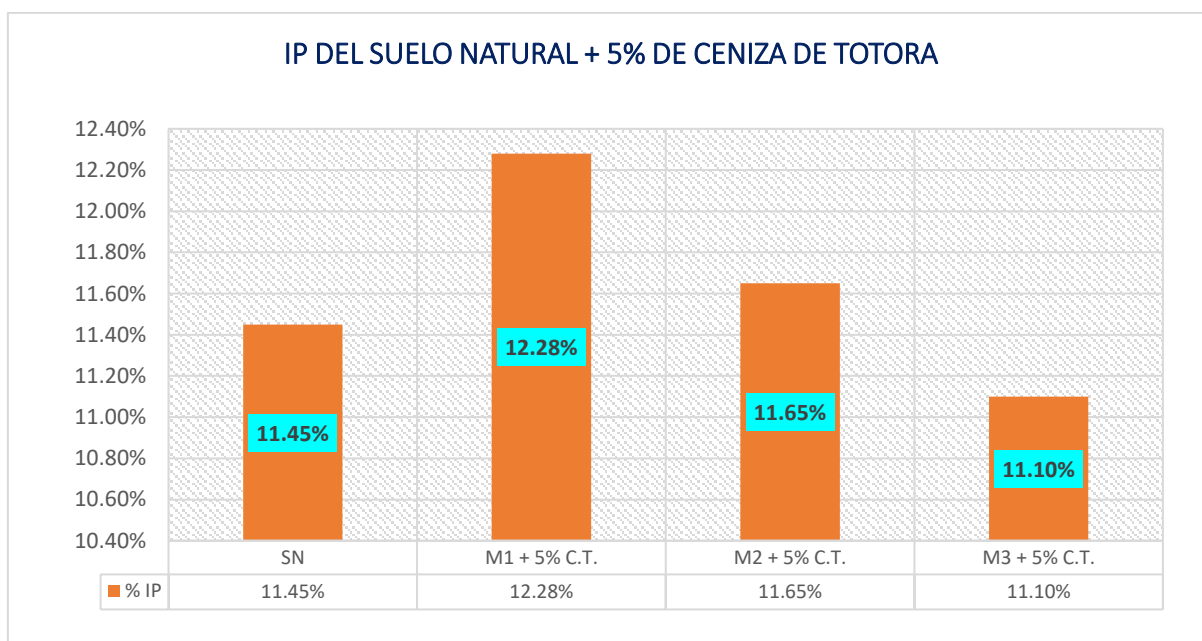
Índice plasticidad de SN + 5% de C.T.

IP – SN + % C.T.		
Mezcla	IP (%)	Promedio (%)
SN	11.45%	-
M1 + 5% C.T.	12.28%	
M2 + 5% C.T.	11.65%	11.68%
M3 + 5% C.T.	11.10%	

La tabla 10 muestra el (IP) de suelos naturales con un 5% de C.T. Las mezclas tratadas tienen un IP promedio de 11.68%, variando entre 11.10% y 12.28%.

Figura 4

IP del SN + 5% de C.T.



La Figura 4 muestra cómo el IP del suelo natural (11.45%) cambia al añadir un 5% de C.T. El IP aumenta a 12.28% en M1, mientras que disminuye a 11.65% en M2 y a 11.10% en M3.

- C.T. al 10%

Tabla 11

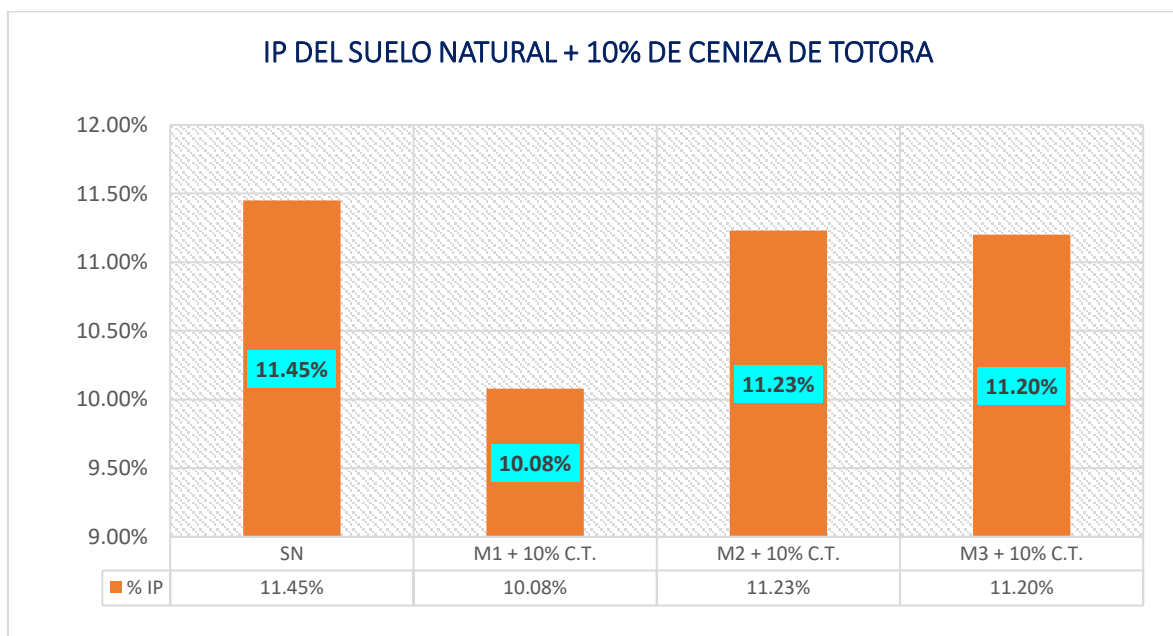
IP del suelo natural + 10% de C.T.

IP – SN + 10% C.T.		
Mezcla	IP (%)	Promedio (%)
SN	11.45%	-
M1 + 10% C.T.	10.08%	
M2 + 10% C.T.	11.23%	10.84%
M3 + 10% C.T.	11.20%	

La tabla 11 muestra el (IP) del (SN) con la adición de un 10% de C.T. El IP del suelo natural es de 11.45%, mientras que las mezclas tratadas (M1, M2, M3) tienen un IP de 10.08%, 11.23%, y 11.20% respectivamente, con un promedio de 10.84% para las mezclas tratadas.

Figura 5

IP del suelo natural + 10% de C.T.



La Figura 5 muestra el (IP) del SN (11.45%) y cómo cambia al añadir un 10% de C.T. El IP disminuye a 10.08% en M1, mientras que en M2 y M3 se incrementa ligeramente a 11.23% y 11.20%, respectivamente.

- C.T. al 15%

Tabla 12

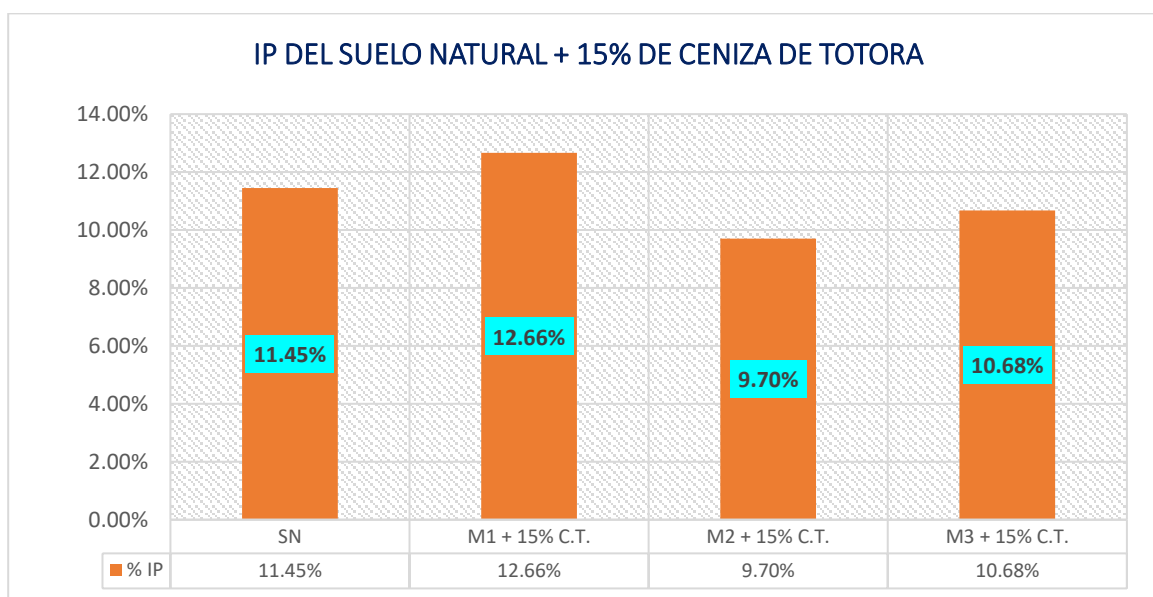
IP del suelo natural + 15% de C.T.

IP – SN + 15% C.T.		
Mezcla	IP (%)	Promedio (%)
SN	11.45%	-
M1 + 15% C.T.	12.66%	
M2 + 15% C.T.	9.70%	11.01%
M3 + 15% C.T.	10.68%	

La tabla 12 muestra el (IP) del (SN) con la adición de un 15% de C.T. El IP del suelo natural es de 11.45%, mientras que las mezclas tratadas (M1, M2, M3) tienen valores de 12.66%, 9.70% y 10.68%, respectivamente, con un promedio de 11.01% para las mezclas tratadas.

Figura 6

IP del suelo natural + 15% de C.T.



La figura 6 muestra el (IP) del SN con la adición de un 15% de C.T. El IP del suelo natural es de 11.45%, mientras que las mezclas tratadas (M1, M2, M3) tienen valores de 12.66%, 9.70% y 10.68%, respectivamente.

b) Ceniza de Café.

- C.C. 8%

Tabla 13

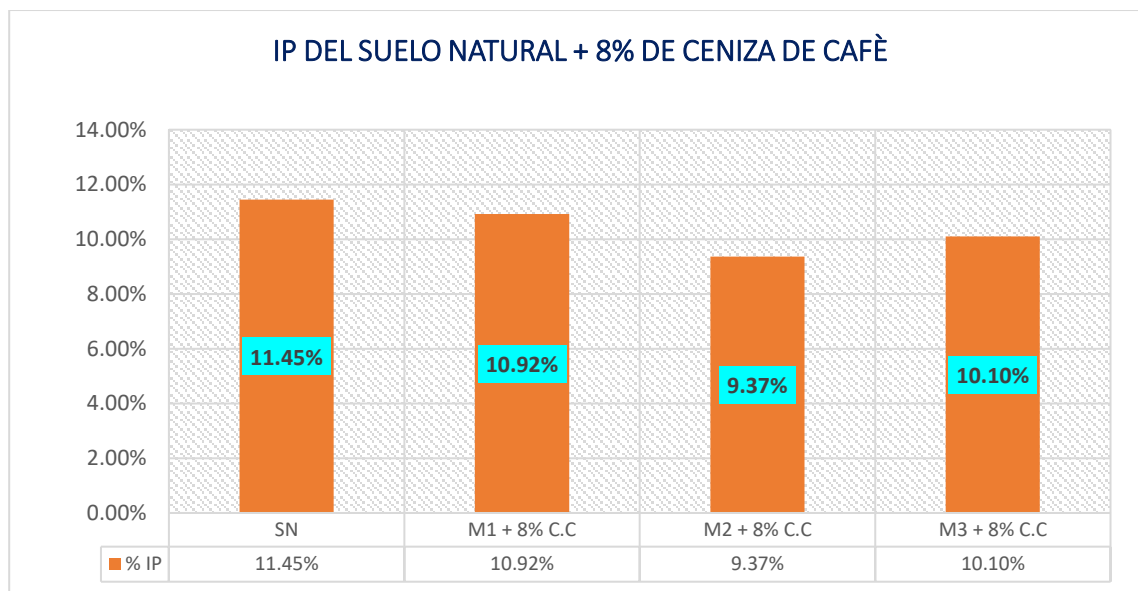
IP del suelo natural + 8% de C.C.

IP – SN + 8% C.C.		
Combinación	IP (%)	Promedio (%)
SN	11.45%	-
M1 + 8% C.C	10.92%	
M2 + 8% C.C	9.37%	10.13%
M3 + 8% C.C	10.10%	

La tabla 13 muestra el (IP) del (SN) con la adición de un 8% de C.C. El IP del suelo natural es de 11.45%, mientras que las combinaciones tratadas (M1, M2, M3) tienen valores de 10.92%, 9.37% y 10.10%, respectivamente, con un promedio de 10.13% para las mezclas tratadas.

Figura 7

IP del suelo natural + 8% de C.C.



La figura 7 muestra el (IP) del SN con la adición de un 8% de C.C.. El IP del suelo natural es de 11.45%, mientras que las mezclas tratadas (M1, M2, M3) tienen valores de 10.92%, 9.37% y 10.10%, respectivamente.

- C.C. 12%

Tabla 14

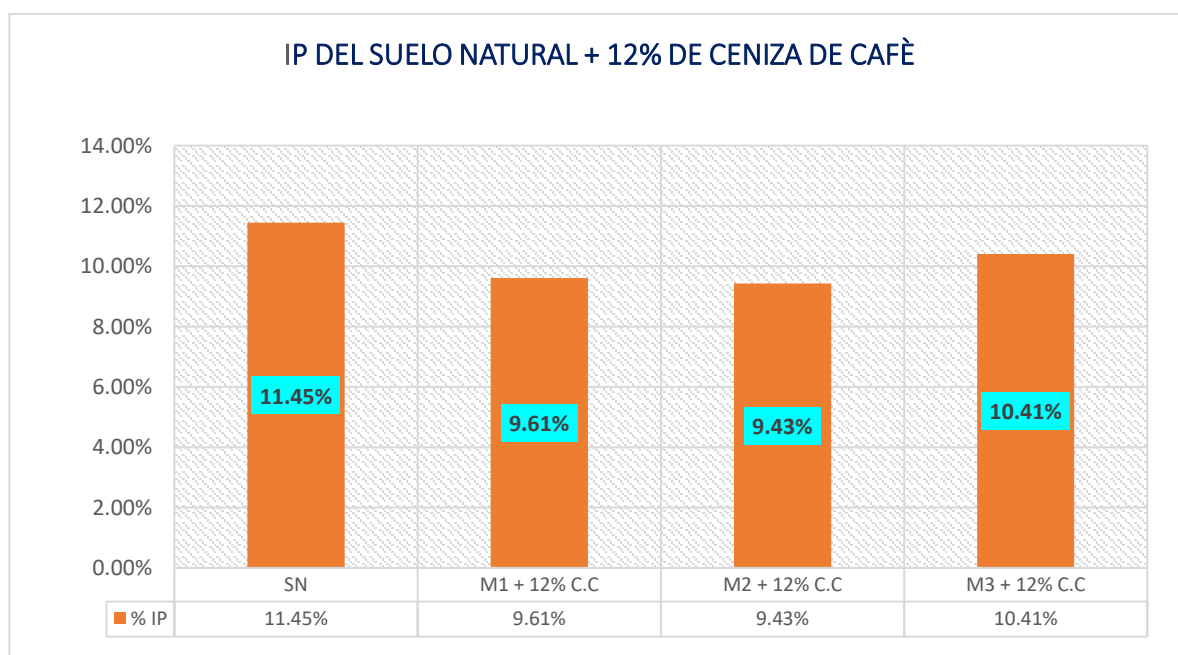
Índice plasticidad del SN + 12% de C.C.

IP – SN + 12% C.C.		
Combinación	IP (%)	Promedio (%)
SN	11.45%	-
M1 + 12% C.C	9.61%	
M2 + 12% C.C	9.43%	9.82%
M3 + 12% C.C	10.41%	

En la tabla se aprecia el IP de la muestra + 12% de C.C., llegando a un promedio de 10.28%.

Figura 8

Índice de plasticidad del suelo natural con la adición de 12% de C.C.



La Figura 8 muestra el (IP) del SN (11.45%) y su cambio al añadir un 12% de C.C. El IP disminuye a 9.61% en M1, a 9.43% en M2, y a 10.41% en M3.

- C.C. 16%

Tabla 15

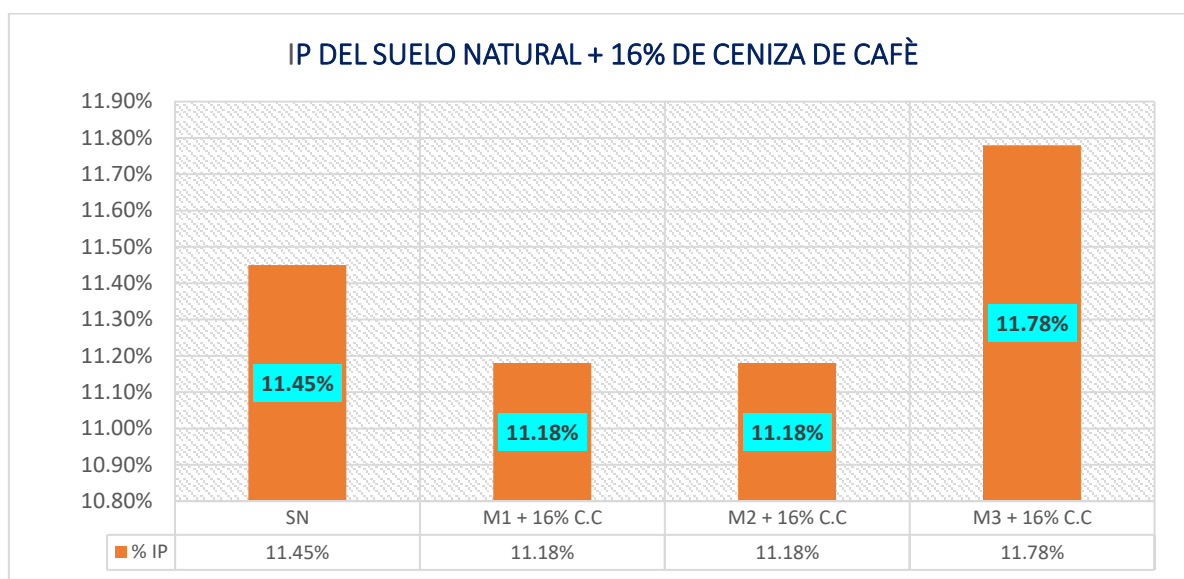
Índice plasticidad al combinar suelo natural + 16% de C.C.

IP – SN + 16% C.C.		
Combinación	IP (%)	Promedio (%)
SN	11.45%	-
M1 + 16% C.C	11.18%	
M2 + 16% C.C	11.18%	11.38%
M3 + 16% C.C	11.78%	

La Tabla 15 muestra que el IP del SN (11.45%) disminuye ligeramente al añadir un 16% de C.C., resultando en valores de 11.18% para M1 y M2, y 11.78% para M3. El promedio de IP de las combinaciones es 11.38%.

Figura 9

Índice de plasticidad del suelo natural con la adición de 16% de C.C.



La Figura 9 muestra cómo el índice de plasticidad (IP) del suelo natural (11.45%) cambia al añadir un 16% de C.C. El IP disminuye a 11.18% en M1 y M2, pero aumenta a 11.78% en M3.

4.1.3 Resultados referentes al efecto de la C.T. y C.C. en porcentajes variables en el grado de compactación del suelo de subrasante.

a) Ceniza de totora.

- C.T. al 5%

Tabla 16

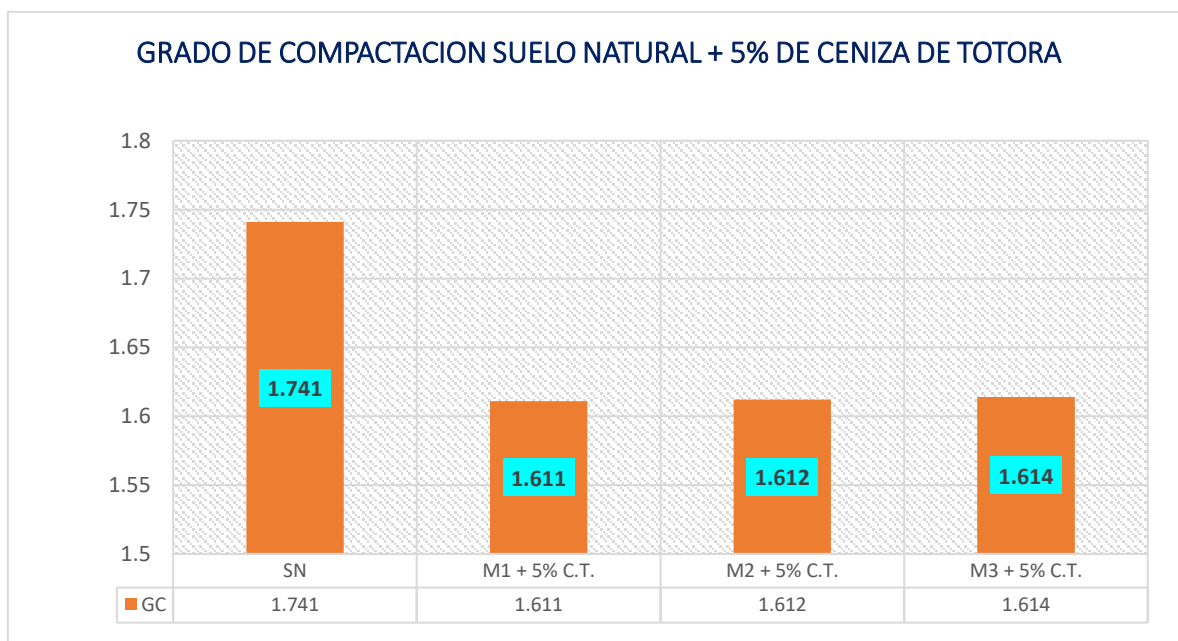
GC del suelo natural + 5% de C.T.

GC – SN + 5% C.T.		
Mezcla	MDS (gr/cc)	Promedio (gr/cc)
SN	1.741gr/cc	-
M1 + 5% C.T.	1.611gr/cc	
M2 + 5% C.T.	1.612gr/cc	1.612gr/cc
M3 + 5% C.T.	1.614gr/cc	

En la tabla se presenta el GC de la muestra SN + 5% de C.T., teniéndose una media de MDS 1.612 gr/cc, de las tres muestras evaluadas.

Figura 10

GC del suelo natural con adición de 5% de C.T.



En la figura se muestra el GC del SN de la subrasante con C.T., se observa un descenso del grado de compactación con 5% de C.T.

- C.T. al 10%

Tabla 17

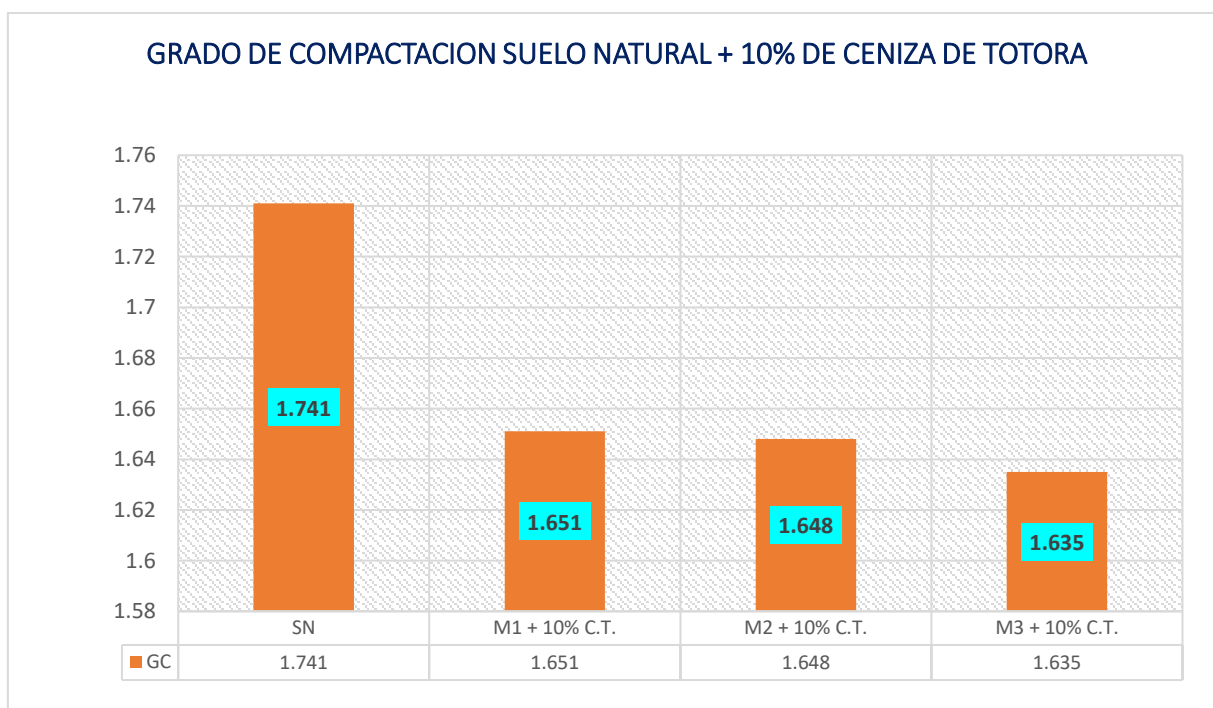
GC del suelo natural + 10% de C.T.

Grado de Compactación – SN + 10% C.T.		
Mezcla	MDS (gr/cc)	Promedio (gr/cc)
SN	1.741gr/cc	-
M1 + 10% C.T.	1.651gr/cc	
M2 + 10% C.T.	1.648gr/cc	1.645gr/cc
M3 + 10% C.T.	1.635gr/cc	

En la tabla se ilustra el GC de la muestra + 10% de C.T., teniéndose una media de 1.645 gr/cc.

Figura 11

Grados de compactación del suelo natural con adición de 10% de C.T.



En la figura se muestra el GC del SN de la subrasante con C.T., se observa un descenso del grado de compactación con 10% de C.T.

- C.T. al 15%

Tabla 18

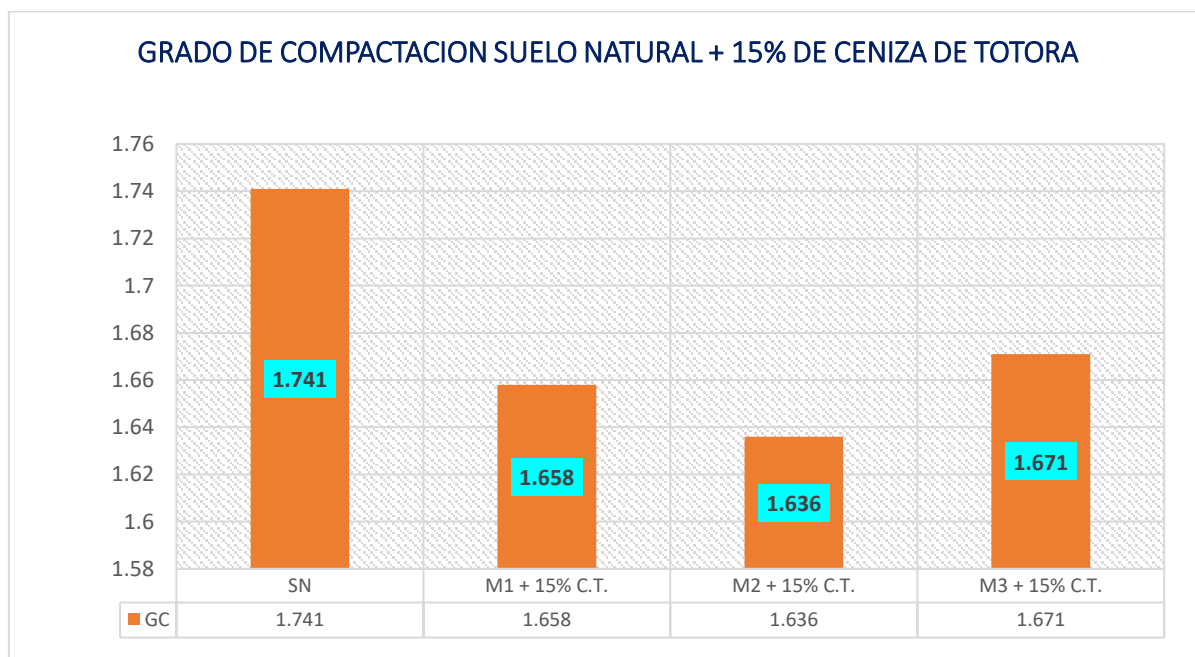
GC del suelo natural + 15% de C.T.

Grado de Compactación – SN + 15% C.T.		
Mezcla	MDS (gr/cc)	Promedio (gr/cc)
SN	1.741gr/cc	-
M1 + 15% C.T.	1.658gr/cc	
M2 + 15% C.T.	1.636gr/cc	1.655gr/cc
M3 + 15% C.T.	1.671gr/cc	

En la tabla se ilustra el grado de compactación de la muestra suelo natural + 15% de C.T., teniéndose una media de máxima densidad seca 1.655 gr/cc, de las tres muestras evaluadas.

Figura 12

GC del suelo natural + 15% de C.T.



La figura muestra el grado de compactación de suelos naturales (SN) y suelos con 15% de C.T. (C.T.) para tres muestras (M1, M2, M3). El suelo natural tiene un mayor grado de compactación (1.741 gr/cc), mientras que las muestras con C.T. presentan una disminución en la compactación, con valores entre 1.636 y 1.671 gr/cc

b) Ceniza de Café.

- C.C. al 8%

Tabla 19

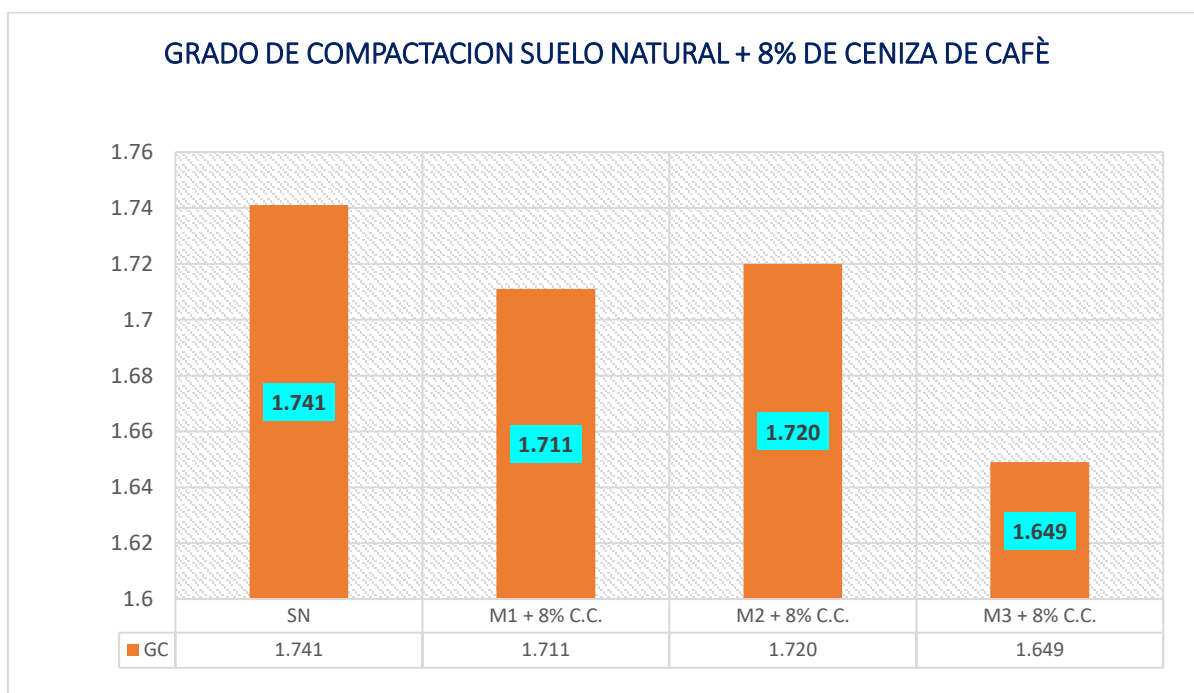
GC del SN + 8% de C.C.

Grado de Compactación – SN + 8% C.C.		
Combinación	MDS (gr/cc)	Promedio (gr/cc)
SN	1.741gr/cc	-
M1 + 8% C.C.	1.711gr/cc	
M2 + 8% C.C.	1.720gr/cc	1.693gr/cc
M3 + 8% C.C.	1.649gr/cc	

En la tabla se ilustra el GC de la muestra + 8% de C.C., logrando una media de 1.693 gr/cc.

Figura 13

GC del SN + 8% de C.C.



En la figura se muestra el GC del SN de la subrasante + C.C., se observa una leve disminución del GC con la aplicación de 8% de C.C.

- C.C. al 12%

Tabla 20

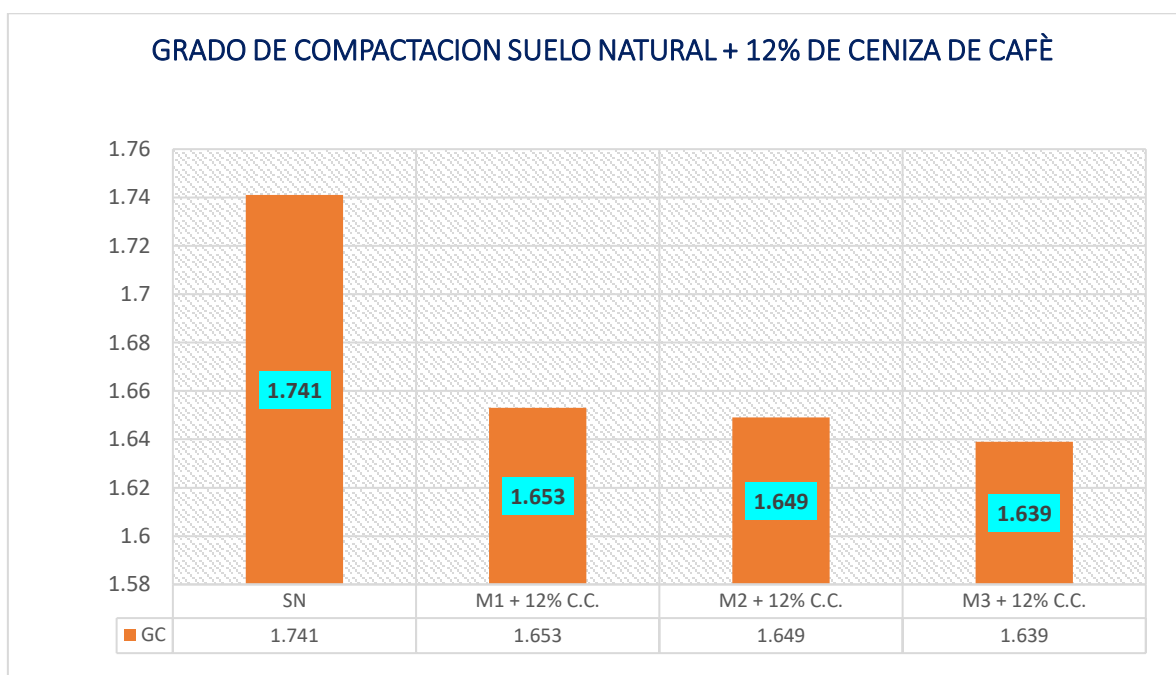
GC del suelo natural + 12% de C.C.

Grado de Compactación – SN + 12% C.C.		
Mezcla	MDS (gr/cc)	Promedio (gr/cc)
SN	1.741gr/cc	-
M1 + 12% C.C.	1.653gr/cc	
M2 + 12% C.C.	1.649gr/cc	1.647gr/cc
M3 + 12% C.C.	1.639gr/cc	

En la tabla se ilustra el GC de la muestra + 12% de C.C., alcanzando un promedio de 1.647 gr/cc.

Figura 14

GC del suelo natural + 12% de C.C.



En la figura se exhibe el GC del SN de la subrasante con C.C., se puede observar una leve disminución del grado de compactación con 12% de C.C.

- C.C. al 16%

Tabla 21

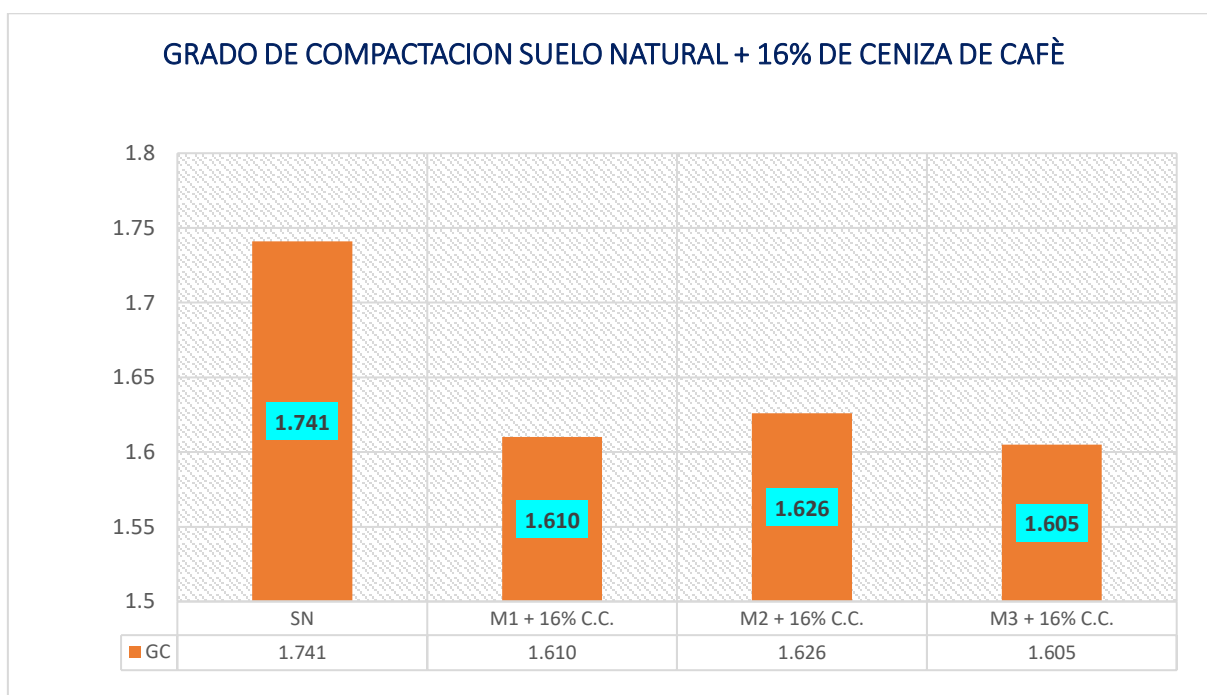
GC del suelo natural con adición de 16% de C.C.

Grado de Compactación – SN + 16% C.C.		
Combinación	MDS (gr/cc)	Promedio (gr/cc)
SN	1.741gr/cc	-
M1 + 16% C.C.	1.610gr/cc	
M2 + 16% C.C.	1.626gr/cc	1.614gr/cc
M3 + 16% C.C.	1.605gr/cc	

En la tabla se ilustra el GC del espécimen + 16% de C.C., teniéndose una media de 1.614 gr/cc.

Figura 15

GC del suelo natural + 16% de C.C.



La Figura 15 compara los grados de compactación del suelo natural (1.741) y el suelo mezclado con un 16% de C.C. La compactación disminuye con la adición de ceniza, registrando valores de 1.610 (M1), 1.626 (M2) y 1.605 (M3).

4.1.4 Resultados referentes al efecto de la C.T. y C.C. en porcentajes variables en la capacidad de soporte del suelo de subrasante.

a) Ceniza de totora.

- C.T. 5%

Tabla 22

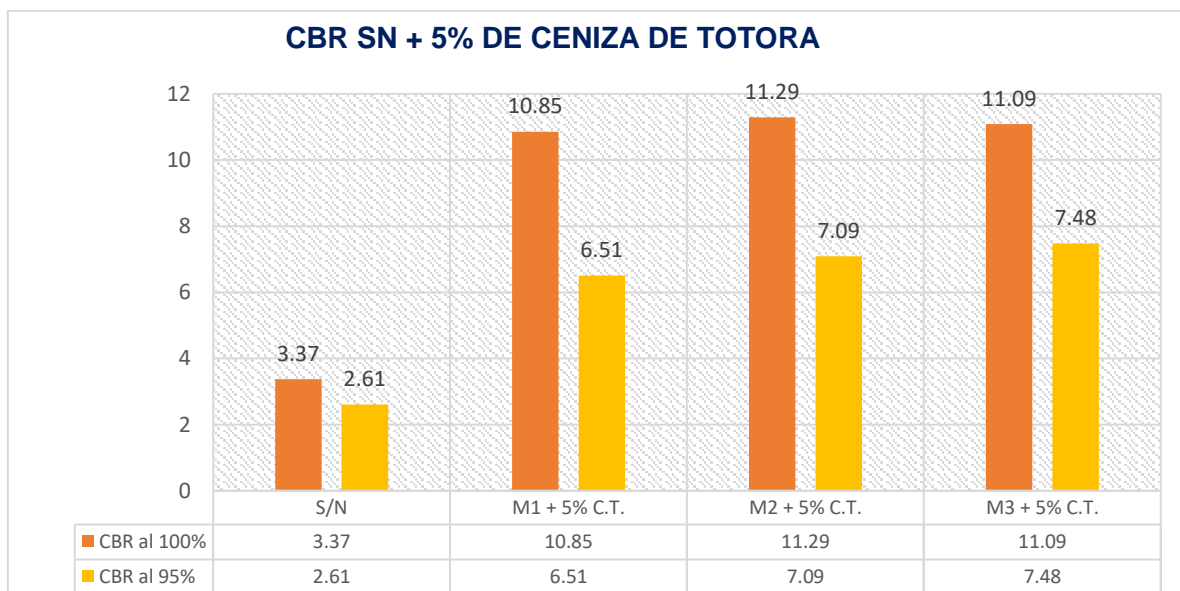
CBR del suelo natural + 5% de C.T.

CBR SN + 5% C.T.		
Calicata	CBR al 100% MDS	CBR al 95% MDS
S/N	3.37	2.61
M1 + 5% C.T.	10.85	6.51
M2 + 5% C.T.	11.29	7.09
M3 + 5% C.T.	11.09	7.48
Promedio	11.08	7.03

En la tabla se ilustra el CBR de la muestra + 5% de C.T., dando una media del CBR al 100% de 11.08 y el CBR al 95% al 7.03%.

Figura 16

CBR del suelo natural + 5% de C.T.



La figura ilustra el CBR del SN de la subrasante con C.T., observándose un incremento en CBR al aplicar un 5% de C.T.

- C.T. 10%

Tabla 23

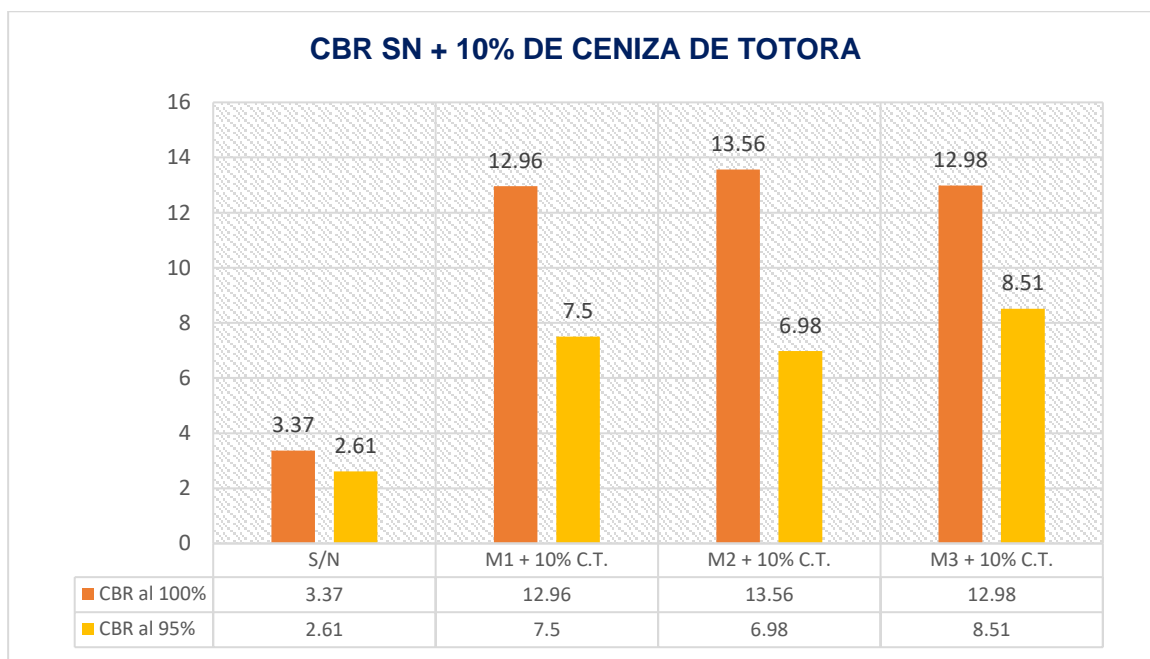
CBR del SN con la adición de 10% de C.T.

Calicata	CBR SN + 10% C.T.	
	CBR al 100% MDS	CBR al 95% MDS
S/N	3.37	2.61
M1 + 10% C.T.	12.96	7.50
M2 + 10% C.T.	13.56	6.98
M3 + 10% C.T.	12.98	8.51
Promedio	13.16	7.66

La tabla exhibe el CBR de la muestra con un 10% de C.T., con una media del CBR al 100% de 13.16 y al 95% de 7.66%.

Figura 17

CBR del suelo natural + 10% de C.T.



La figura ilustra el CBR del SN de la subrasante con C.T., observándose un incremento en la CBR al aplicar un 10% de C.T.

- C.T. 15%

Tabla 24

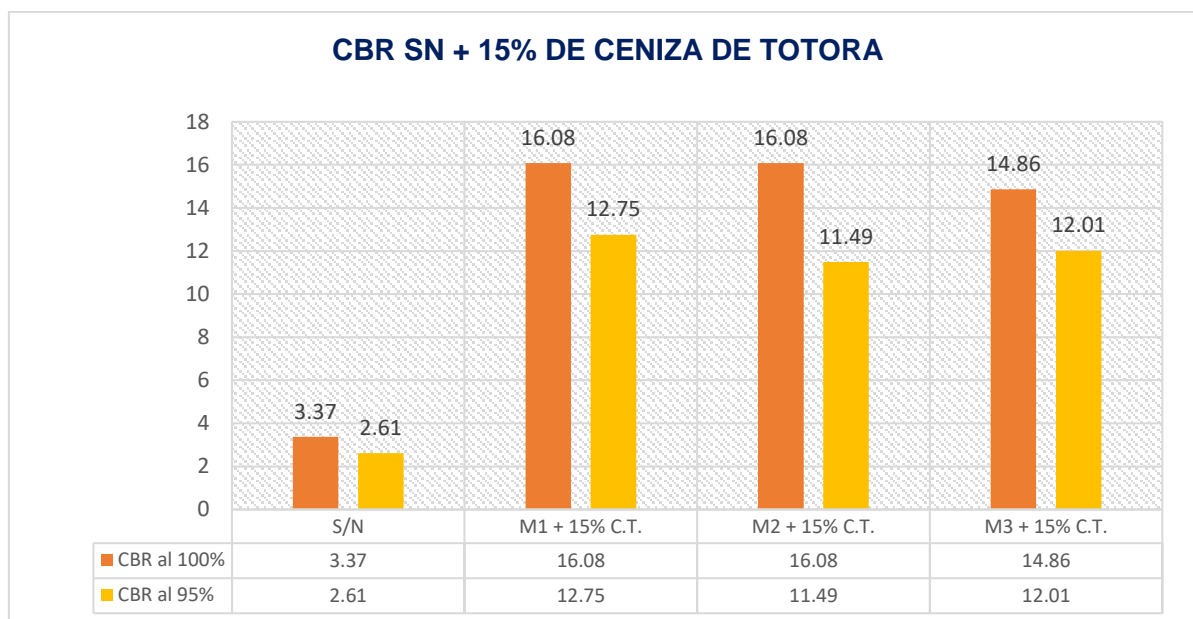
CBR del suelo natural + 15% de C.T.

CBR SN + 15% C.T.		
Calicata	CBR al 100% MDS	CBR al 95% MDS
S/N	3.37	2.61
M1 + 15% C.T.	16.08	12.75
M2 + 15% C.T.	16.08	11.49
M3 + 15% C.T.	14.86	12.01
Promedio	15.67	12.08

La tabla ilustra el CBR del SN con un 15% de C.T., con una media del CBR al 100% de 15.67% y al 95% de 12.08%.

Figura 18

CBR del suelo natural + 15% de C.T.



En la figura se presenta el CBR de la subrasante con y sin tratamiento de C.T. Se observa un incremento significativo en la capacidad de soporte cuando se añade un 15% de C.T., lo que indica que este tratamiento mejora las propiedades mecánicas del suelo.

b) Ceniza de Café.

- C.C. 8%

Tabla 25

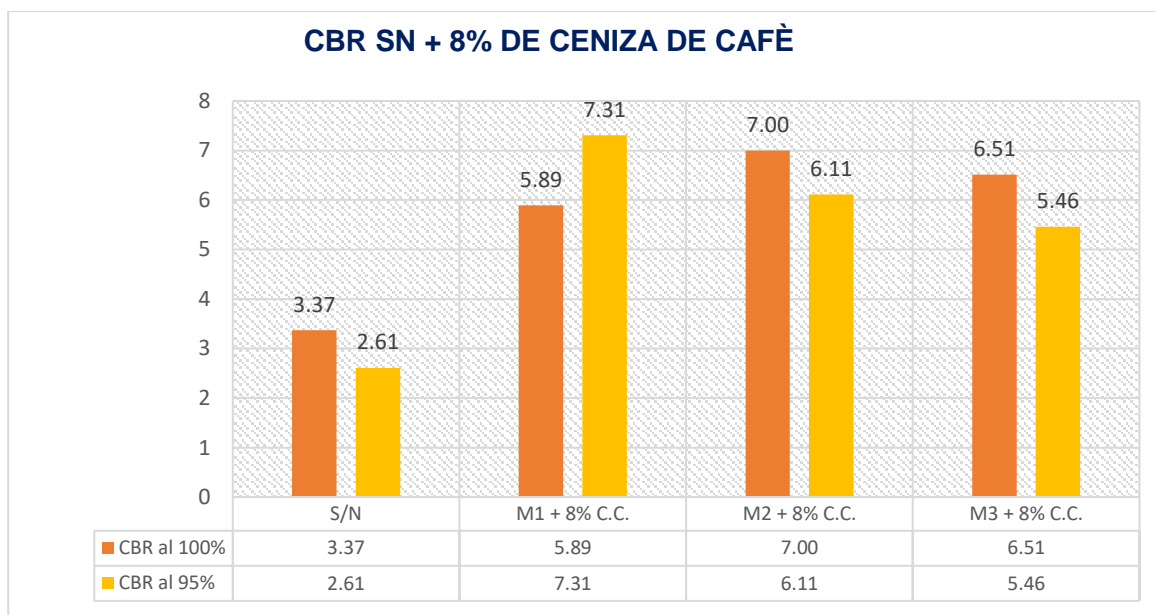
CBR del suelo natural + 8% de C.C.

CBR SN + 8% C.C.		
Calicata	CBR al 100% MDS	CBR al 95% MDS
S/N	3.37	2.61
M1 + 8% C.C.	5.89	7.31
M2 + 8% C.C.	7.00	6.11
M3 + 8% C.C.	6.51	5.46
Promedio	6.46	6.29

La tabla muestra el CBR de la muestra con un 8% de C.C., con una media del CBR al 100% de 6.46% y al 95% de 6.29%.

Figura 19

CBR del suelo natural + 8% de C.C.



La figura muestra el CBR del suelo natural de la subrasante con la incorporación de C.C., destacando un incremento en la capacidad de soporte al adicionar un 8% de este material. Este tratamiento mejora notablemente las propiedades del suelo, favoreciendo su resistencia y estabilidad.

- C.C. 12%

Tabla 26

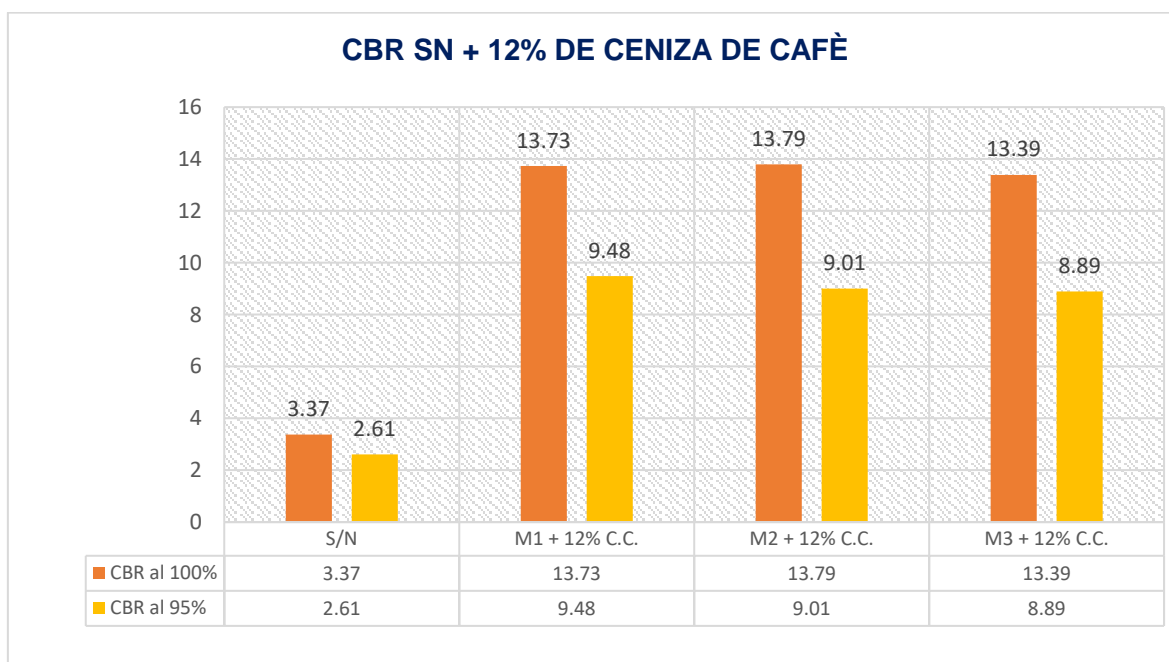
CBR del suelo natural + 12% de C.C.

Calicata	CBR SN + 12% C.C.	
	CBR al 100% MDS	CBR al 95% MDS
S/N	3.37	2.61
M1 + 12% C.C.	13.73	9.48
M2 + 12% C.C.	13.79	9.01
M3 + 12% C.C.	13.39	8.89
Promedio	13.64	9.13

En la tabla se presenta el CBR de la muestra + 12% de C.C., teniéndose una media del CBR al 100% de 13.64% y el CBR al 95% al 9.13%.

Figura 20

CBR del suelo natural + 12% de C.C.



En la figura se muestra el CBR del SN de la subrasante con C.C., se experimentó un aumento de CBR con tratamiento de 12% de C.C.

- C.C. 16%

Tabla 27

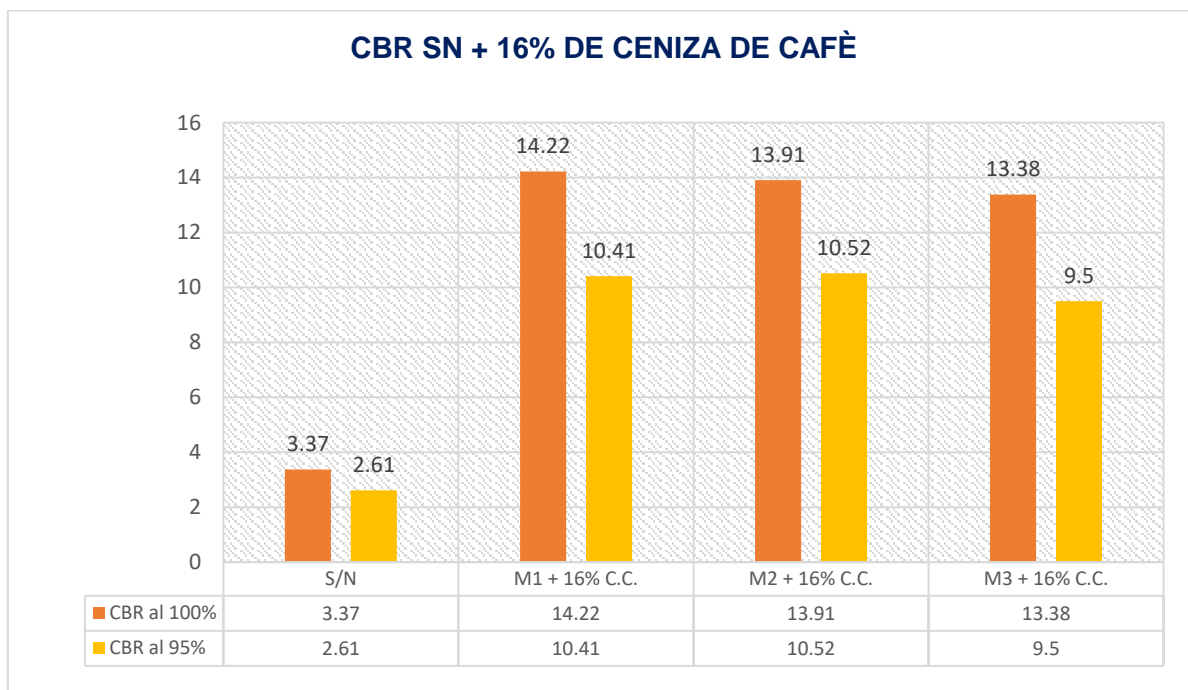
CBR del suelo natural con la adición de 16% de C.C.

CBR SN + 16% C.C.		
Calicata	CBR al 100% MDS	CBR al 95% MDS
S/N	3.37	2.61
M1 + 16% C.C.	14.22	10.41
M2 + 16% C.C.	13.91	10.52
M3 + 16% C.C.	13.38	9.50
Promedio	13.84	10.14

En la tabla se ilustra el CBR de la muestra + 16% de C.C., dando una media del CBR al 100% de 13.84% y el CBR al 95% al 10.14%.

Figura 21

CBR del suelo natural + 16% de C.C.



La figura ilustra el CBR del SN de la subrasante con C.C., observándose un incremento en el CBR al aplicar un 16% de C.C.

4.1.5 Comparación de los resultados obtenidos:

Tabla 28

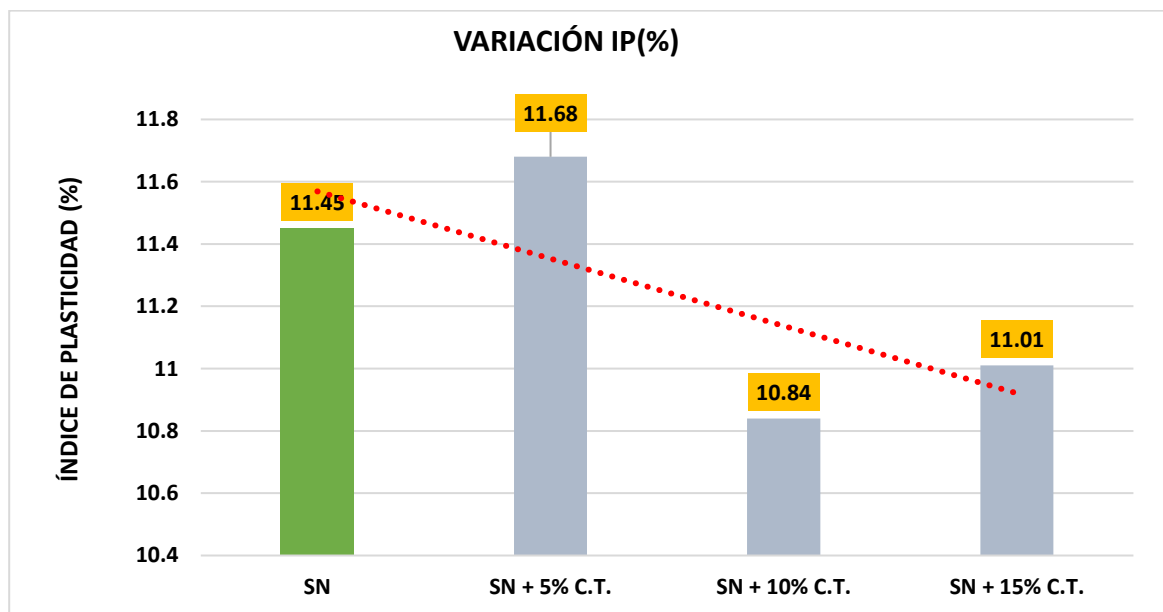
Comparativa de los resultados de IP del suelo con el empleo de C.T.

Variación del Índice de Plasticidad	
Muestra	% IP
SN	11.45%
SN + 5% C.T.	11.68%
SN + 10% C.T.	10.84%
SN + 15% C.T.	11.01%

La tabla presenta la variación del índice de plasticidad, muestras con C.T. en proporciones variables, siendo este variable.

Figura 22

Variación de resultados del IP del suelo con C.T.



La figura muestra la variación del índice de plasticidad (IP) del suelo natural (SN) con la adición de diferentes porcentajes de C.T. (C.T.). Se observa un aumento del IP al añadir un 5% de C.T. (11.68%), seguido de una reducción progresiva a medida que aumenta el porcentaje de ceniza, alcanzando su valor más bajo con un 10% de C.T. (10.84%) y estabilizándose en 11.01% con un 15% de ceniza.

Tabla 29

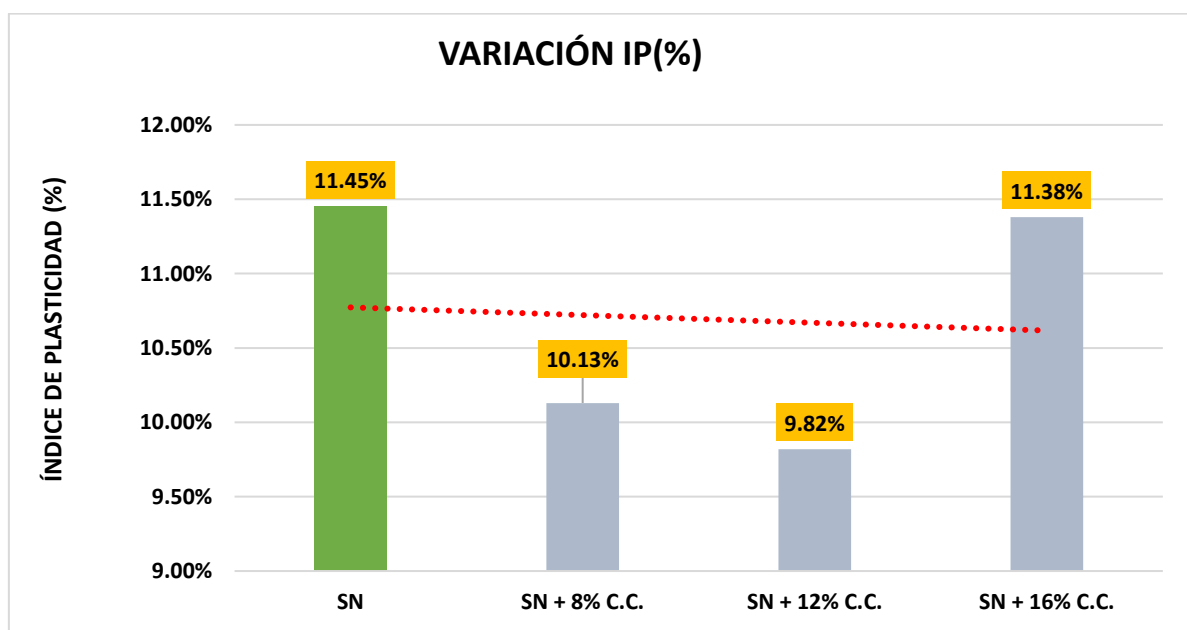
Comparativa de los resultados de IP del suelo con el empleo de C.C.

Variación del Índice de Plasticidad	
Muestra	% IP
SN	11.45%
SN + 8% C.C.	10.13%
SN + 12% C.C.	9.82%
SN + 16% C.C.	11.38%

La tabla presenta la variación del índice de plasticidad, muestras con C.C. en proporciones variables, siendo este variable.

Figura 23

Variación de resultados del IP del suelo con C.C.



La figura presenta la variación del (IP) del suelo natural (SN) al añadir diferentes porcentajes de C.C. (C.C.). Se observa una disminución significativa del IP al incorporar un 8% y 12% de C.C., alcanzando valores de 10.13% y 9.82%, respectivamente. Sin embargo, al añadir un 16% de C.C., el IP aumenta a 11.38%, acercándose al valor original del suelo natural (11.45%).

Tabla 30

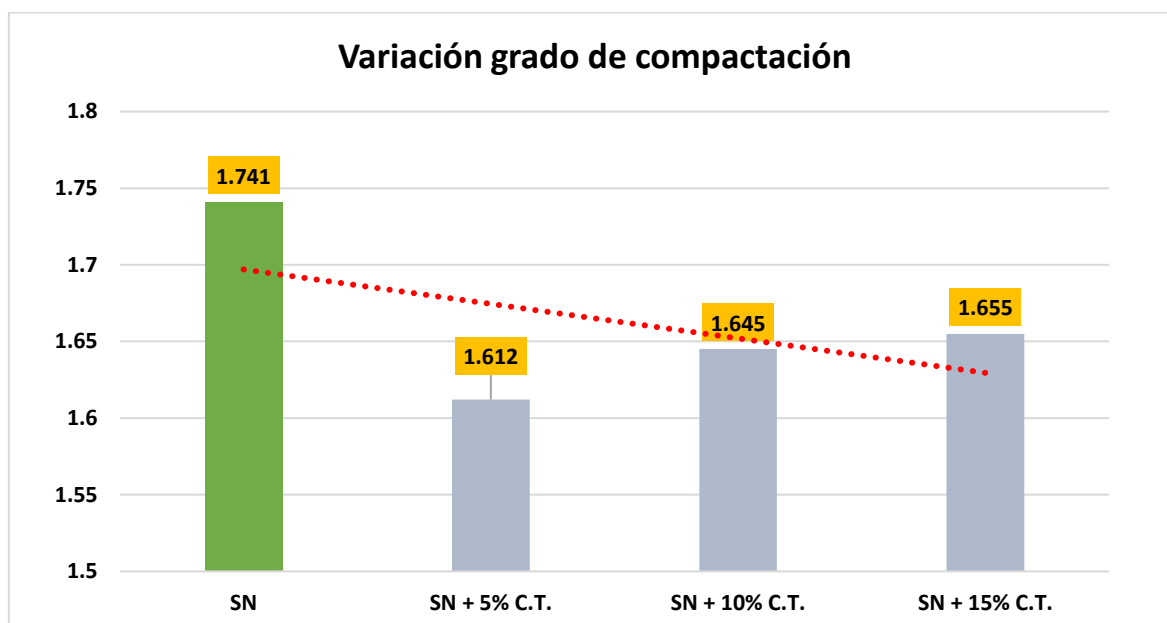
Comparativa del grado de compactación del suelo con el empleo de C.T.

Variación del grado de compactación	
Muestra	GC
SN	1.741gr/cc
SN + 5% C.T.	1.612gr/cc
SN + 10% C.T.	1.645gr/cc
SN + 15% C.T.	1.655gr/cc

La tabla presenta la variación del grado de compactación, muestras con C.T. en proporciones variables, siendo este variable.

Figura 24

Variación de resultados del grado de compactación del suelo con C.T.



La figura muestra la variación del GC del SN de la subrasante con C.T., observándose un incremento en el suelo natural en comparación con el suelo que emplea C.T. en proporciones variables.

Tabla 31

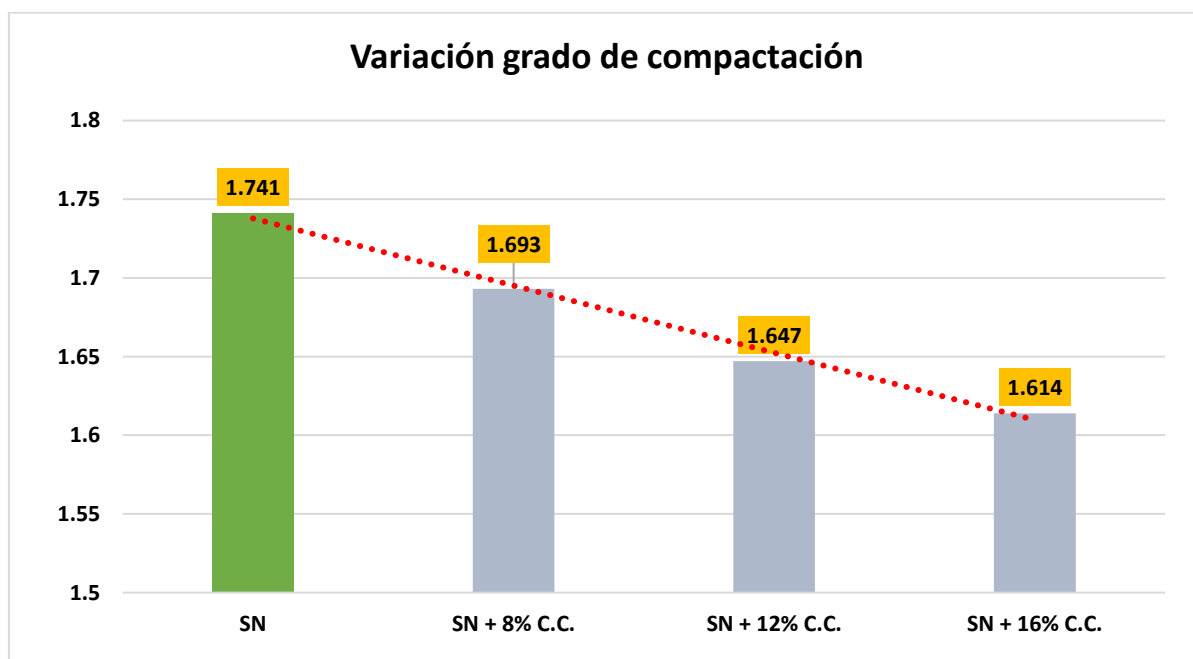
Comparativa del grado de compactación del suelo con el empleo de C.C.

Variación del grado de compactación	
Muestra	GC
SN	1.741gr/cc
SN + 8% C.C.	1.693gr/cc
SN + 12% C.C.	1.647gr/cc
SN + 16% C.C.	1.614gr/cc

La tabla presenta la variación del grado de compactación, muestras con C.C. en proporciones variables, siendo este variable.

Figura 25

Variación de resultados del grado de compactación del suelo con C.C.



En la figura la variación del grado de compactación del SN de la subrasante con C.C., en el que se observa que el suelo natural, presenta un incremento, con respecto al suelo con el empleo de C.C. en proporciones variables.

Tabla 32

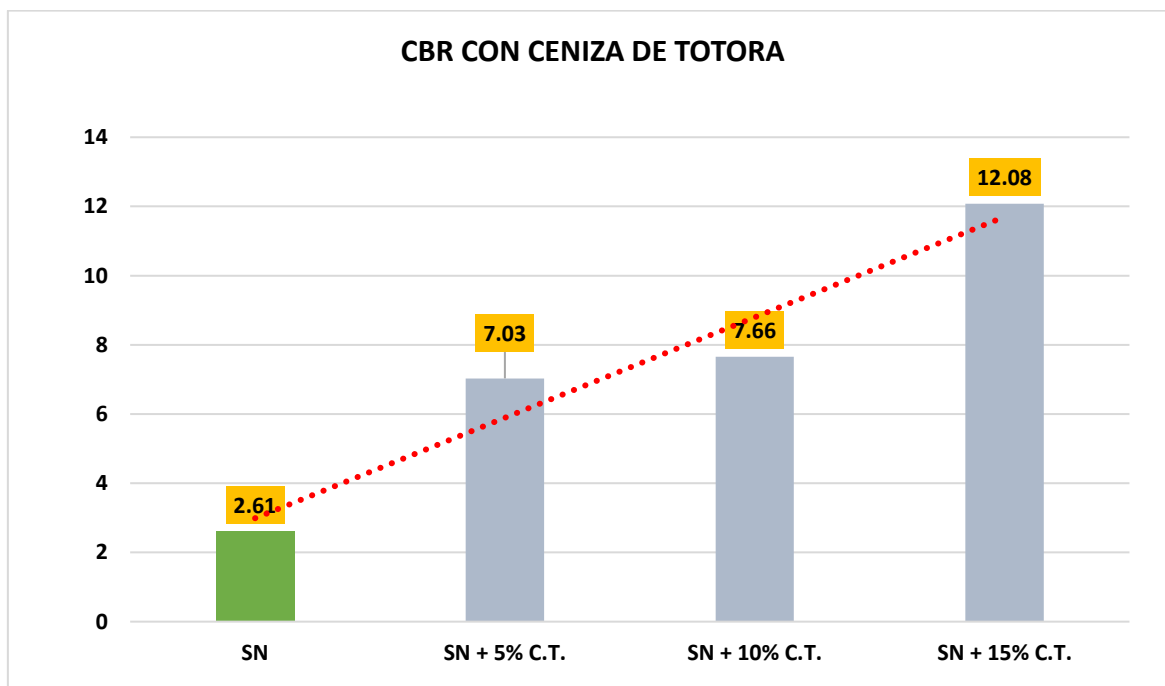
Comparativa del CBR con adición de C.T.

Variación CBR	
Muestra	CBR 95%MDS
SN	2.61
SN + 5% C.T.	7.03
SN + 10% C.T.	7.66
SN + 15% C.T.	12.08

La tabla refleja el CBR de las muestras que contienen C.T. en proporciones variables, registrándose un incremento en comparación con el suelo natural.

Figura 26

Comparativa del CBR del suelo natural con adición de C.T.



En la figura se muestra el CBR del SN de la subrasante con C.T., donde se ve un incremento considerable de SN + 15%, de C.T., presenta un incremento mayor del CBR en 12.08% al 95%.

Tabla 33

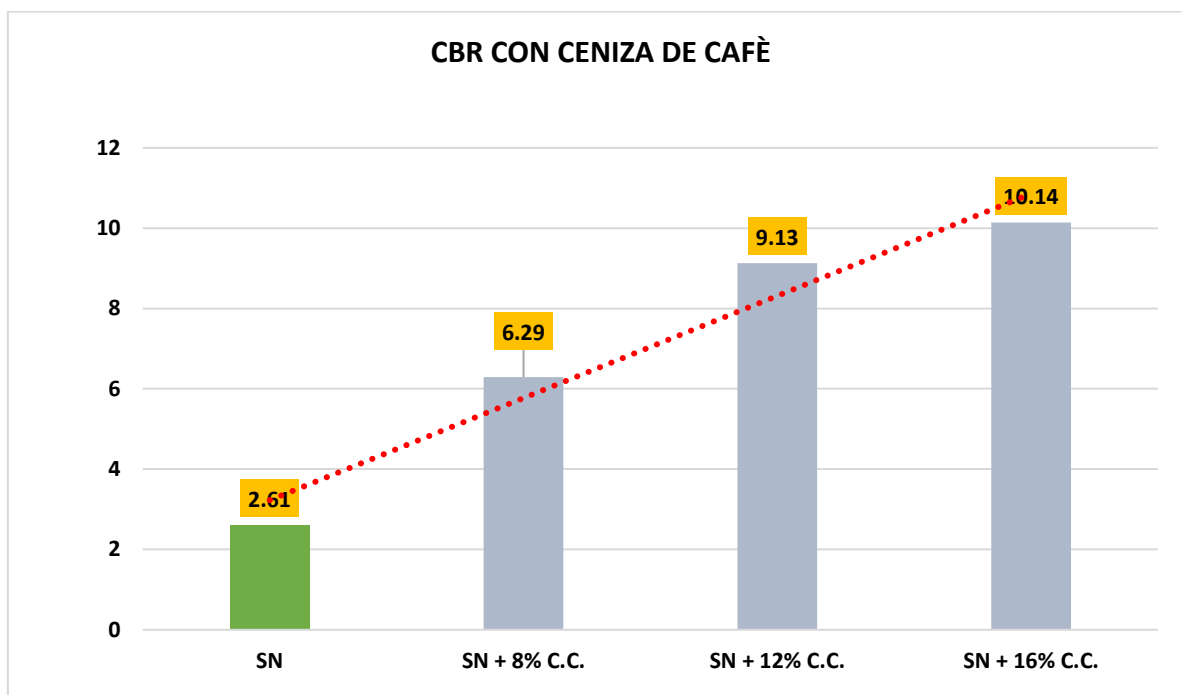
Comparativa del CBR con adición de C.C.

Variación CBR	
Muestra	CBR 95%MDS
SN	2.61
SN + 8% C.C.	6.29
SN + 12% C.C.	9.13
SN + 16% C.C.	10.14

En la tabla se ilustra los valores de CBR para las muestras con diferentes niveles de C.C., observándose un incremento frente al suelo natural.

Figura 27

Comparativa del CBR del SN con C.C. en proporciones variables.



La figura ilustra el CBR del suelo natural de la subrasante con adición de C.C. Con la mezcla de SN + 16% de C.T., se denota un incremento del CBR en 10.14% al 95% de la MDS

4.2 Discusión de resultados.

La investigación en curso evaluó las propiedades físicas y mecánicas del suelo de la subrasante en la ruta de estudio, obteniendo un índice de plasticidad medio de 11,45% en tres calicatas. La densidad seca máxima registrada fue de 1.741 gr/cc, con un contenido óptimo de humedad del 16,15%. Además, la capacidad media de soporte CBR alcanzó el 2,52% al 95% del nivel máximo de densidad seca (MDS). Para mejorar estas características, se investigó el efecto de la incorporación de ceniza de totora y ceniza de café en el suelo.

Los resultados mostraron que la adición de ceniza de totora, en concentraciones de 5%, 10% y 15%, produjo variaciones en el índice de plasticidad, alcanzando valores de 11.68%, 10.84% y 11.01%, respectivamente. En cuanto a la ceniza de café, con concentraciones de 8%, 12% y 16%, el índice de plasticidad disminuyó a 10.13%, 9.82% y aumentó a 11.38%, reflejando la influencia diferencial de cada material en la plasticidad del suelo. Posteriormente, se realizó una evaluación del grado de compactación, donde las muestras con ceniza de totora mostraron densidades de 1.612 gr/cc, 1.645 gr/cc y 1.655 gr/cc, respectivamente. Con la ceniza de café, los resultados oscilaron entre 1.693 gr/cc (8%), 1.647 gr/cc (12%) y 1.614 gr/cc (16%).

Además, la capacidad de soporte (CBR) al 95% se incrementó notablemente con ambas cenizas. Con la ceniza de totora, los valores de CBR fueron de 7,03, 7,66 y 12,08 para concentraciones de 5%, 10% y 15%, respectivamente. En el caso de la ceniza de café, los valores de CBR fueron de 6,29, 9,13 y 10,14 para las concentraciones de 8%, 12% y 16%. Estos resultados indican mejoras significativas en la capacidad de soporte del suelo tratada con ambos tipos de ceniza.

El estudio de Choquecota Guillén (2023) presentó un índice de plasticidad (IP) del suelo de 16%, un grado de compactación de 1.671 gr/cc, y una capacidad de soporte CBR promedio del 6.0% al 100%. Comparando con nuestro estudio, donde se aplicaron



cenizas vegetales, observamos un enfoque más efectivo para mejorar la plasticidad y la capacidad de soporte del suelo.

Nuestra investigación también comparte similitudes con el trabajo de Vargas (2020), quien estudió suelos arcillosos estabilizados con ceniza volcánica en varias concentraciones. Al igual que en nuestro caso, Vargas observó una reducción significativa del índice de plasticidad, desde un 14.85% hasta un 9.08%, destacando la capacidad de las cenizas para mejorar las propiedades mecánicas del suelo.

Por otro lado, el estudio de Guia (2021) evaluó el efecto de la ceniza de quinua sobre la plasticidad del suelo, encontrando que esta incrementaba los límites de Atterberg en concentraciones de hasta 8%. A diferencia de nuestro estudio, donde se observó una disminución de la plasticidad al incorporar ceniza de totora, los resultados de Guia mostraron una tendencia contraria, lo que refuerza la importancia de evaluar distintos tipos de cenizas según las propiedades deseadas.

Finalmente, la investigación de Terrones (2018) también se alinea con nuestros hallazgos, ya que exploró el uso de ceniza de bagazo de caña de azúcar en suelos arcillosos-limosos. En nuestro caso, encontramos que la ceniza de totora, en concentraciones de 16%, tuvo un impacto significativo en la mejora de las propiedades del suelo. Esto confirma que las cenizas derivadas de materiales orgánicos, como la totora y el café, pueden ser alternativas viables para mejorar las características del suelo, especialmente en proyectos de pavimentación de carreteras, promoviendo una construcción más sostenible y eficiente.



CONCLUSIONES

- C.1. El suelo evaluado presenta un Índice de Plasticidad de 11.45%, lo que lo clasifica como de baja plasticidad. La densidad seca máxima (MDS) promedio es de 1.741 g/cc, con un contenido de humedad óptimo del 16.15%, sugiriendo una compactación moderada. El CBR al 95% de la MDS se sitúa en 2.52%, lo que indica una capacidad de soporte adecuada para su uso en subrasantes.
- C.2. La adición de ceniza de totora en proporciones del 5%, 10% y 15% reduce el Índice de Plasticidad en un 2% respecto al suelo natural, mientras que la ceniza de café en concentraciones del 8%, 12% y 16% genera una disminución similar del 2%. Ambos materiales mejoran las características de plasticidad del suelo.
- C.3. La inclusión de ceniza de totora disminuye la densidad seca máxima en un 7%, mientras que la ceniza de café reduce este parámetro en un 3%, en comparación con el suelo natural. Esto refleja una reducción en la compactación del suelo con la adición de estos materiales.
- C.4. La capacidad de soporte CBR mejora significativamente con la incorporación de ceniza de totora y café. La proporción óptima es del 15% para la ceniza de totora, con un CBR del 12.08%, y del 16% para la ceniza de café, ambas al 95% de la MDS, superando los valores del suelo natural.



RECOMENDACIONES

- R.1. Se sugiere combinar ceniza de totora y café con un aditivo reutilizable, ya que mejora suelos arcillosos y reduce el impacto ambiental.

- R.2. Se recomienda realizar una prueba CBR in situ para obtener datos precisos sobre la capacidad de soporte de la subrasante.

- R.3. Se sugiere estudiar las profundidades óptimas de estabilización para maximizar los beneficios de las cenizas en la mejora del suelo.

- R.4. Se recomienda usar un 15% de ceniza de totora, que reduce el índice de plasticidad, mejora la compactación y aumenta la capacidad de soporte CBR.



REFERENCIAS

- Aguirre Tarazona, R., & Garmendia Rivera, K. S. (2023). *Influencia de las cenizas de totora y tuna en las propiedades de la subrasante del Jr. Amazonas, Huánuco 2023*. Huanuco: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/133636>
- Angulo Roldan, M., & Zavaleta Papa, C. N. (2019). *ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER, DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS, 2019*. IQUITOS: Universidad Científica del Perú. Obtenido de <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1220>
- Arenas Prado, G. S., & Rosas Casa, L. (2019). *Mejoramiento de las propiedades mecánicas de la subrasante incorporando cal hidratada, vía de acceso, distrito Santa Ana de Tusí, Pasco-2019*. Pasco: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58239>
- Balcells, J. (2018). *La investigación social: introducción a los métodos y técnicas*. Escuela Superior de Relaciones Públicas, PPU.
- Cabana Valverde, M. A. (2017). *Mejoramiento de la relación de soporte (CBR) al adicionar el estabilizante químico CAL a la subrasante de la carretera no pavimentada de bajo tránsito Paria - Wilcahuain, Huaraz, 2017*. Huaraz: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/13375>
- Calderon Lopez, N. A. (2022). *Efectos de la estabilización con cal viva y ceniza de cañihua en las propiedades de la subrasante, carretera Caracoto – Suches, Puno, 2022*. Caracoto Puno: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/101625>
- Carrasco, S. (2018). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.



- Ccallo Mamani, F. M. (2022). *Evaluación de propiedades físico mecánicas de subrasante con adición de ceniza de stipa Ichu y totora en Av. Ejército, Puno - 2022*. Puno: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/105317>
- Chayña Pineda, R. H. (2022). *Análisis del uso de ceniza de totora en la estabilización de la subrasante en la trocha carrozable Ccota-Quipata, Puno, 2022*. Puno: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/104462>
- Choquecota Guillen, A. B. (2023). *Influencia de la incorporación de ceniza de totora y habas en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, en la carretera PE-3ST Platería, Puno 2022*. Puno: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/110877>
- Escobar Blas, G. E., & Reyes Asto, D. A. (2022). *Influencia de la ceniza de café y cáscara de huevo para la estabilización de subrasante de un pavimento flexible del tramo Santa Elena – El Carmelo, Virú, 2022*. Virú: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/31294>
- Gavilanes Bayas, E. G. (2015). *Estabilización y mejoramiento de sub-rasante mediante cal y cemento para una obra vial en el sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/2191>
- 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
- 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>



- Huancoillo Humpiri, Y. J. (2017). *Mejoramiento de suelo arcilloso con ceniza volante y cal para su uso como pavimento a nivel de afirmado en la carretera desvío Huancané – Chupa – Puno*. Huancane Puno: Universidad Nacional del Altiplano Puno. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/6963>
- Jara Anyaypoma, R. (2014). *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso*. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14074/686>
- Laguna Peñaloza, O. I., & Chacón Charcas, J. M. (2020). *Análisis comparativo del comportamiento a la resistencia de un suelo fino con adición de ceniza de cascarilla de arroz y ceniza de cascarilla de café*. Colombia: Universidad Piloto de Colombia. Obtenido de <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/9352>
- Moreira Cedeño, F. L., & Guamán Iler, I. I. (2016). *Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio)*. Puyo, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. Carrera de Ingeniería Civil. Obtenido de <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24608>
- Parra-Gómez, M. G. (2018). *Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante*. Colombia: Universidad catolica de colombia. Obtenido de <https://hdl.handle.net/10983/22856>
- PINO, R. (2018). *Metodología de la investigación*. Lima: San Marcos.
- Portilla Yandún, F. P., & Andaluz López, R. S. (2022). *Estudio del efecto de la ceniza de cáscara de arroz en las propiedades físico-mecánicas en suelos finos de subrasante*. Ecuador: Universidad Tecnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/34106>
- Quispe Chuquicusma, H., & Quispe Olivera, A. (2022). *Estabilización de suelos arcillosos de subrasante adicionando ceniza de arroz y café para obras viales en Jaén*



2022. Jaen: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/110943>

Sánchez, M. J., Fernández, M., & Díaz, J. C. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. *Scielo, Uisrael*, 8(1), 113-128.

Santander Zambrano, M. E., & Yávar Rodríguez, J. C. (2018). *Análisis Comparativo entre Método de Estabilización de Subrasante mediante el uso de Enzimas Orgánicas y Mezclas con Cal, en la Urbanización Tanya Marlene ubicada en la Ciudad de Milagro, Provincia del Guayas*. Guayaquil, Ecuador: Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería Civil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29312>

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



ANEXOS



Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General: ¿Cuál es la variación del efecto de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café sobre las propiedades de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri?</p>	<p>Objetivo General: Analizar la variación del efecto de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café sobre las propiedades de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri.</p>	<p>Hipótesis General: La variación del efecto de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café es regular uno al otro, mejorando las propiedades de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Suelo Subrasante</p>	<p>Fichas y Herramientas de Laboratorio</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri?</p> <p>¿Cuál es la influencia del empleo de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados sobre el índice de plasticidad de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la aplicación de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados sobre el grado de compactación de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri?</p> <p>¿Cuál es la influencia de la incorporación de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados sobre el CBR de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri.</p> <p>Determinar la influencia del empleo de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados sobre el índice de plasticidad de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri.</p> <p>Determinar el efecto de la aplicación de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados sobre el grado de compactación de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri.</p> <p>Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados sobre el CBR de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>Las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri, resultarán suelos de subrasante inadecuados.</p> <p>La influencia del empleo de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados reducirá el índice de plasticidad de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri.</p> <p>El efecto de la aplicación de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados mejorará el grado de compactación de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri.</p> <p>La influencia de la incorporación de ceniza de totora y ceniza de cáscara de café en porcentajes variados incrementará el CBR de la subrasante de la avenida Tupac Amaru de la ciudad de Ayaviri.</p>	<p>Dimensiones: <i>Ceniza de totora</i> <i>Ceniza de café.</i></p> <p>Variable Dependiente</p> <p><i>Propiedades del suelo de subrasante</i></p> <p>Dimensiones: <i>IP (Índice de Plasticidad)</i> <i>MDS y OCH (Grado de Compactación)</i> <i>CBR (Capacidad Relativa de Soporte)</i></p>	

Anexo. Panel Fotográfico.

Fotografía 1. Pesando los materiales



Fotografía 2. Tamizado de materiales



Fotografía 3. Índice de plasticidad.



Fotografía 4. Contenido de humedad.



Fotografía 5. Ensayo Proctor modificado.



Fotografía 6. Ensayo Capacidad de Soporte.





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 DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI

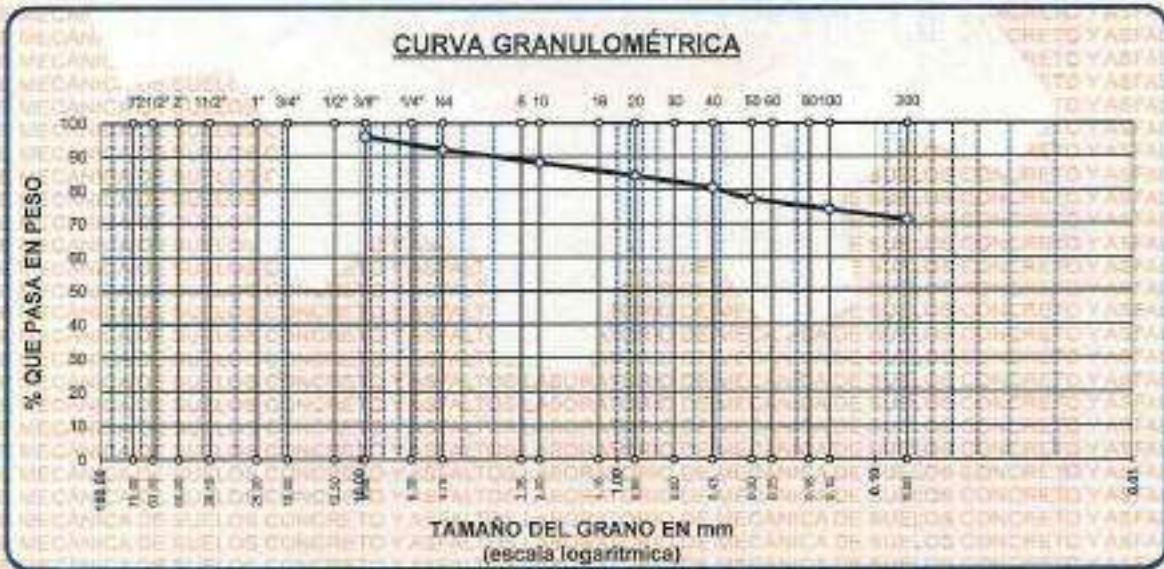
SOLICITANTE : DASH, JOHN ADERIDO QUECARA CHAMBI

LUGAR : AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI

MUESTRA : CALICATA 1 - MUESTRA 1

FECHA : 10 DE ABRIL DE 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO
9"	76.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.L.= 2500.00
2"	50.000						P.L.= 719.63
1 1/2"	38.100						P.P.= 1780.37
1"	25.000						% W = 33.54
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						LL = 32.01
3/8"	9.500	100.00	4.00	4.00	96.00		LP = 19.71
1/4"	6.300						IP = 12.30
No4	4.750	98.25	3.93	7.93	92.07		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10 = --- Cu = ---
No10	2.000	97.97	3.89	11.82	88.18		D30 = --- Cc = ---
No16	1.180						D60 = ---
No20	0.850	94.33	3.77	15.80	84.40		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. = :
No40	0.425	88.30	3.53	19.13	80.87		SUCS : CH
No50	0.300	85.30	3.41	22.54	77.46		ASHTD : A-7
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	78.47	3.14	25.68	74.32		
No200	0.075	77.61	3.10	28.79	71.21		
BASE		1780.37	71.21	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA			71.21				



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

INVESTIGADOR RESPONSABLE: LUIGI RCP - CAPACITACIÓN CIVIL

[Firma manuscrita]

Agustín Arnaldo Yana Torres

LABORATORIO ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

BIE : 0008-00301896



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
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA
SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAYURI.
Refr. JHON ADERIDO DIEZCAN CHAMBI
AVENIDA TUPAC AMARU AYAYURI
CALICATA 1 - MUESTRA 1
10 DE ABRIL DE 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	92.34
SUELO SECO + TARRO	gr	84.49
PESO DEL TARRO	gr	26.52
PESO DEL AGUA	gr	7.85
PESO DEL SUELO SECO	gr	57.97
HUMEDAD %	%	13.54

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRÓN		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32.54	31.12	33.21
SUELO SECO + TARRO	gr	30.12	28.88	30.57
PESO DEL TARRO	gr	22.65	22.53	22.3
PESO DEL AGUA	gr	2.42	2.14	2.64
PESO DEL SUELO SECO	gr	7.47	6.45	8.27
HUMEDAD %	%	32.40	33.16	31.92
Nº DE GOLPES		31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
19.65	21.57
18.91	20.54
15.24	15.19
0.74	1.03
3.67	5.35
20.15	19.25

LÍMITE LÍQUIDO % : 32.01

LÍMITE PLÁSTICO % : 19.71

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12.30

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



INVESTIGADORA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAR. INGENIERÍA CIVIL

[Handwritten Signature]

BIE : B006-00301896



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR 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 DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI

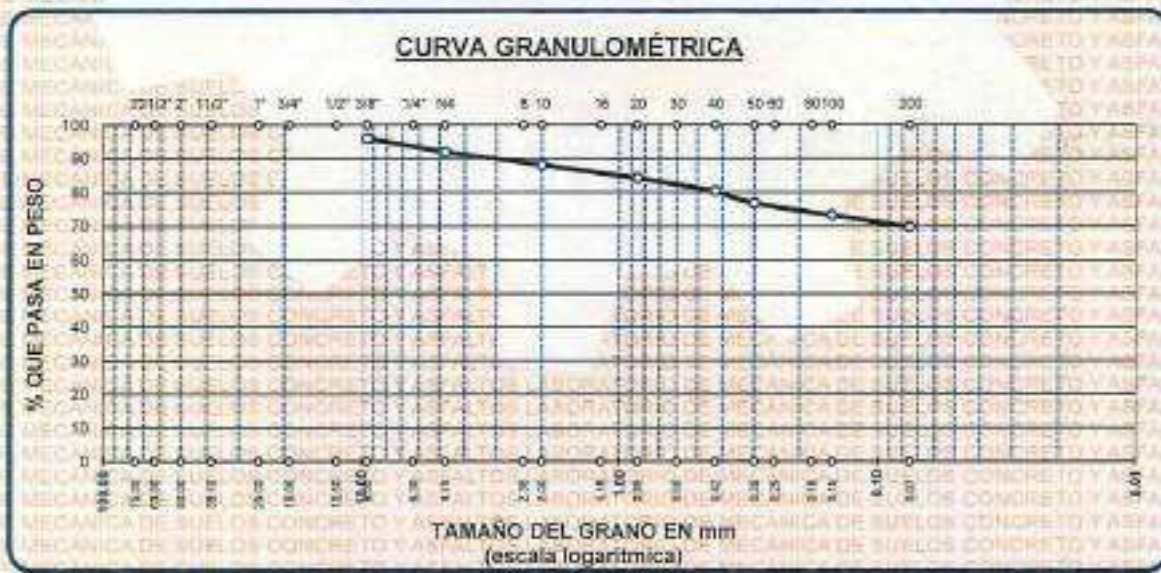
SOLICITANTE: Sr. Jhon Aderio Quecara Chambi

LUGAR: AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI

MUESTRA: CALICATA 2 - MUESTRA 2

FECHA: 10 DE ABRIL DE 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA P.L.= 2500.00 P.L.= 784.84 P.P.= 1745.16 %W = 13.54
2 1/2"	63.000						
2"	50.000						LÍMITES DE CONSISTENCIA: LL= 32.01 LP= 16.71 IP= 12.30
1 1/2"	38.100						
1"	25.000						CARACT. GRANULOMÉTRICAS: D10= --- Cu= --- D30= --- Cc= --- D60= ---
3/4"	19.000						
1/2"	12.500						CLASIFICACIÓN: LG =
3/8"	9.500	100.00	4.00	4.00	96.00		
1/4"	6.300						SUCS : CH ASSTHO : A-7
No4	4.750	99.43	3.98	7.98	92.02		
No6	2.360						OBSERVACIONES:
No10	2.000	97.95	3.92	11.90	88.10		
No16	1.180						
No20	0.850	95.80	3.64	15.73	84.27		
No30	0.600						
No40	0.425	94.33	3.77	19.50	80.50		
No60	0.300	92.05	3.68	23.18	76.81		
No80	0.180						
No100	0.150	88.04	3.52	26.71	73.29		
No200	0.075	87.14	3.49	30.19	69.81		
BASE		1745.16	69.81	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA							



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

MSc. Eliecer Torres Torres
 Ing. Civil - Mecánica de Suelos
 UANCV - 2022

BIE: 6006-00301896



PROYECTO
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

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



ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORAY CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI
: Bach. JHON ABERIO QUECARA CHAMBI
AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI
CALIGATA 2 - MUESTRA 2
10 DE ABRIL DE 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	94.36
SUELO SECO + TARRO	gr	85.12
PESO DEL TARRO	gr	25.49
PESO DEL AGUA	gr	9.24
PESO DEL SUELO SECO	gr	58.63
HUMEDAD %	%	15.76

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30.98	31.54	30.12
SUELO SECO + TARRO	gr	29.28	29.68	28.98
PESO DEL TARRO	gr	23.75	23.65	25.47
PESO DEL AGUA	gr	1.70	1.88	1.14
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.53	6.03	3.51
HUMEDAD %	%	30.74	30.85	32.48
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
21.05	19.87
19.65	18.65
12.64	12.54
1.40	1.22
7.01	6.11
19.97	19.97

LÍMITE LIQUIDO % : 30.84

LÍMITE PLÁSTICO % : 19.97

ÍNDICE PLÁSTICO % : 10.87

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Jhony Yanca
Ing. Jhony Yanca

9IE - B005-00301896



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 ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CÁSCARA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI

SOLICITANTE Sr. JHON ADEIBO QUECARA CHAMBI

LUGAR AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI

MUESTRA CAUCATA 3 - MUESTRA 3

FECHA 10 DE ABRIL DE 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 2500.00
2"	50.000						P.L.= 734.35
1 1/2"	38.100						P.P.= 1765.65
1"	25.000						% W = 13.64
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						LL = 32.01
3/8"	9.500	100.00	4.00	4.00	95.00		LP = 19.71
1/4"	6.300						IP = 12.30
No.4	4.750	97.58	3.90	7.90	92.10		CARACT. GRANULOMETRICAS:
No.8	2.360						D10= — Cu= —
No.10	2.000	95.83	3.83	11.73	88.27		D30= — Cc= —
No.15	1.180						D60= —
No.20	0.850	93.24	3.73	15.46	84.54		CLASIFICACIÓN:
No.30	0.800						I.G. =
No.40	0.425	90.92	3.64	19.09	80.91		SUCS : CH
No.50	0.300	88.35	3.53	22.63	77.37		ASSTHO : A-7
No.60	0.250						OBSERVACIONES:
No.80	0.180						
No.100	0.150	84.72	3.39	26.02	73.98		
No.200	0.075	83.93	3.36	29.37	70.63		
BASE		1765.65	70.63	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA							



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
HQP - CAL. INGENIERÍA CIVIL

[Firma]

Jhon A. de J. B. B. B.
C.P. 193257

91E - B006-00301896



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELAZQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFE SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI.
 Bach. JHON ADERIO QUECARRA CHAMBE
 AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI
 CALICATA 9 - MUESTRA 9
 10 DE ABRIL DE 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	95.62
SUELO SECO + TARRO	gr	85.62
PESO DEL TARRO	gr	26.36
PESO DEL AGUA	gr	10.00
PESO DEL SUELO SECO	gr	59.27
HUMEDAD %	%	16.87

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	29.87	32.05	33.24
SUELO SECO + TARRO	gr	28.75	30.45	31.25
PESO DEL TARRO	gr	25.12	24.98	25.14
PESO DEL AGUA	gr	1.12	1.60	1.99
PESO DEL SUELO SECO	gr	3.63	5.47	6.11
HUMEDAD %	%	30.85	29.20	32.57
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
22.54	21.86
20.65	20.49
11.85	12.15
1.89	1.40
6.80	8.30
21.48	16.87

LÍMITE LIQUIDO % : 30.36

LÍMITE PLÁSTICO % : 19.17

ÍNDICE PLÁSTICO % : 11.19

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



INVESTIGACION Y DESARROLLO
 RCP - CIVIL INGENIERIA CIVIL

Juan Antonio Jasso Jasso

BIE : B006-00901896



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAÑE SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI
SOLICITANTE	: Bach. JHON ADERIO QUECARA CHAMBI
UBICACIÓN	: AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI
LUGAR	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
MUESTRA	: CALICATA 1 - MUESTRA 1
FECHA	: 11 DE ABRIL DEL 2024

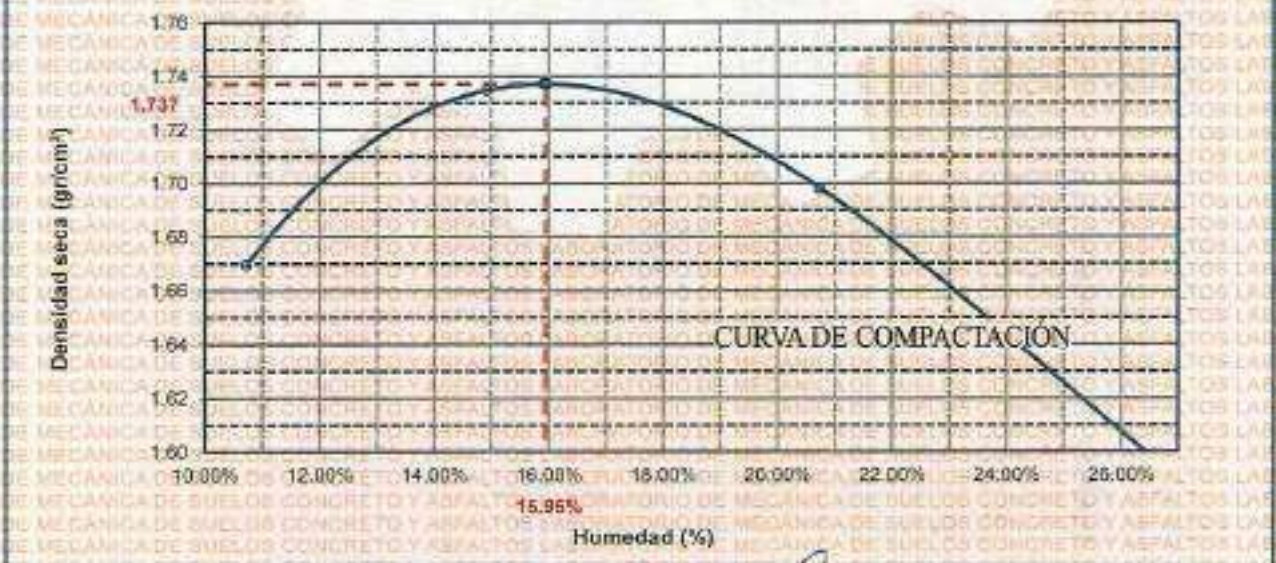
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	8040	8009	8016	5880
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1889	1918	1865	1729
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.019	2.050	1.994	1.848

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	88.15	73.73	82.14	80.92	78.94	91.67	90.68	89.25
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	98.75	82.23	71.47	79.62	72.26	82.27	94.16	92.71
Peso del Agua	gr.	9.39	11.50	10.67	11.40	7.69	9.40	6.53	6.55
Peso de la Capsula	gr.	19.08	24.45	19.78	24.80	21.62	18.15	22.70	22.12
Peso del Suelo Seco	gr.	39.68	57.78	51.69	54.72	50.63	64.12	61.46	69.69
% de Humedad	%	23.66%	30.44%	20.64%	20.83%	15.19%	14.66%	10.82%	10.61%
Promedio de Humedad	%	27.05%		20.74%		14.92%		10.72%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.589		1.698		1.735		1.669	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.737 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 15.95%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



INVESTIGADOR RESPONSABLE
M.Sc. JHON ADERIO QUECARA CHAMBI
CIP: 1003257

BIE: 8006-00301896



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS :	ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TÓTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI
SOLICITANTE :	Bach. JHON ADEÑO QUECARA CHAMBI
UBICACION :	AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI
LUGAR :	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
MUESTRA :	CALICATA 1 - MUESTRA 1
FECHA :	11 DE ABRIL DEL 2024

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

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10562	11546	10812	11628	11077	11814
Peso del Molde	gr.	6805	6805	6798	6798	6807	6807
Peso del Suelo Humedo	gr.	3887	4861	4014	4830	4270	4807
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.837	2.305	1.910	2.298	2.037	2.293

Capítulo No	No	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Suelo Humedo + Capítulo	gr.	152.60	303.06	154.73	476.65	160.23	306.32
Peso del Suelo Seco + Capítulo	gr.	139.82	234.62	137.22	376.62	141.32	296.62
Peso del Agua	gr.	12.83	69.23	17.53	99.03	19.13	39.70
Peso de la Capitulo	gr.	66.20	36.63	38.48	70.93	35.66	69.16
Peso del Suelo Seco	gr.	71.82	186.97	98.82	307.69	105.24	227.47
% de Humedad	%	17.91%	35.32%	17.74%	31.86%	18.15%	28.25%
Promedio de Humedad	%	17.91%	35.32%	17.74%	31.86%	18.18%	28.25%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.564	1.703	1.622	1.743	1.723	1.616

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25 a.m.	0	0.000	0.00	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00
19/09/2023	08:25 a.m.	24:00:00	0.070	1.778	1.41	0.050	1.270	1.01	0.030	0.762	0.61
20/09/2023	08:25 a.m.	48:00:00	0.100	2.540	2.02	0.070	1.770	1.41	0.060	1.324	1.21
21/09/2023	08:25 a.m.	72:00:00	0.140	3.556	2.82	0.120	3.048	2.42	0.100	2.540	2.02
22/09/2023	08:25 a.m.	96:00:00	0.190	4.828	3.83	0.160	4.094	3.23	0.140	3.556	2.82

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				66 GOLPES			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0.60	0:00		0.02	0.09	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		0.10	25.66	1.32	0.15	25.77	1.33	0.03	26.63	1.37			
1.27	01:00		0.17	35.86	1.34	0.23	26.11	1.35	0.03	26.02	1.30			
1.91	01:30		0.20	25.98	1.34	0.28	26.32	1.36	0.02	21.97	2.16			
2.54	02:00	70.31	0.24	26.16	1.35	1.30	26.28	1.37	1.45	45.09	2.37	3.37		
3.81	03:00		0.29	26.36	1.36	0.33	26.75	1.38	0.33	32.00	2.59			
5.08	04:00	105.00	0.33	26.53	1.37	1.31	26.92	1.39	1.30	30.55	3.11	2.96		
6.35	05:00		0.38	26.75	1.39	0.45	27.04	1.40	0.45	35.29	3.37			
7.62	06:00		0.42	26.92	1.39	0.49	27.21	1.41	1.37	35.39	3.79			
8.84	07:00		0.45	27.04	1.40	0.52	27.38	1.41	1.35	32.00	3.27			
10.16	08:00		0.49	27.21	1.41	0.55	27.47	1.42	1.30	31.75	4.74			



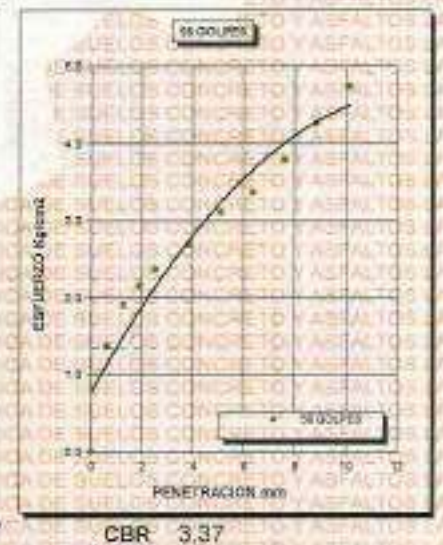
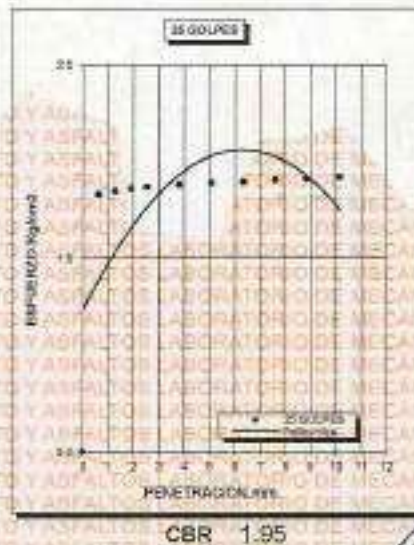
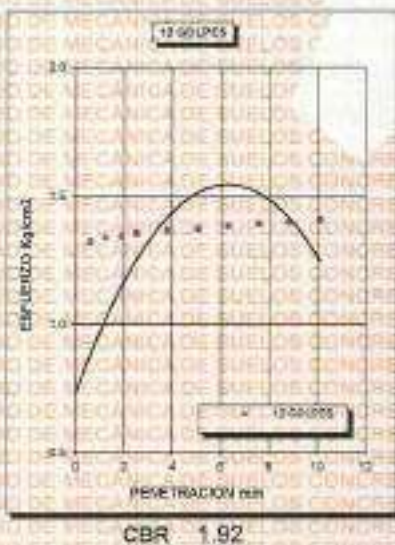
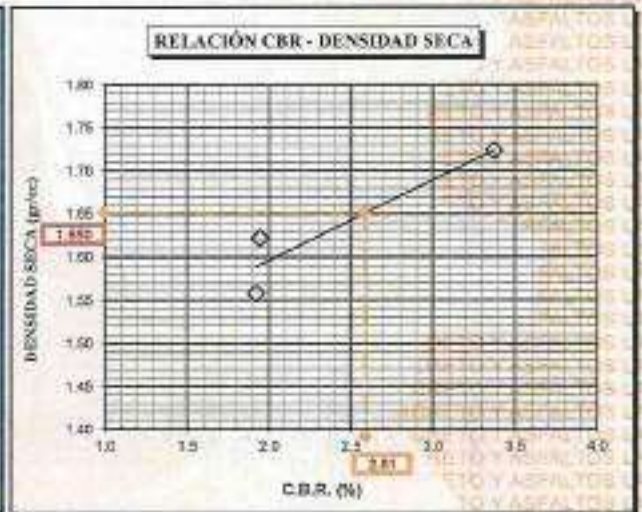
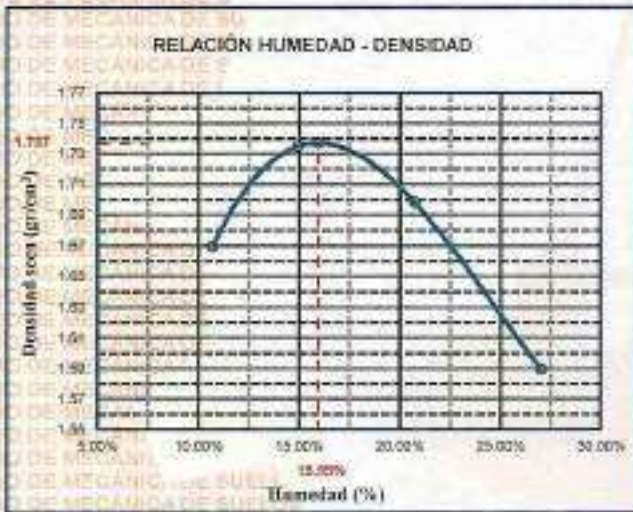
[Handwritten Signature]
Mónica Jhony Jara Torres
CIP: 332967



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 DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. JHÓN ADERIO QUECARA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³): 1.737
UBICACIÓN :	AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI	HUMEDAD OPTIMA (%): 15.95%
LUGAR :	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%): 3.37
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA - M1	CBR AL 95% DE M.D.S. (%): 2.61
FECHA :	11 DE ABRIL DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



[Firma manuscrita]
 Jhon Aderio Jara Taveri
 CIP 100327

BIE : 8006-00301896



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

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-160

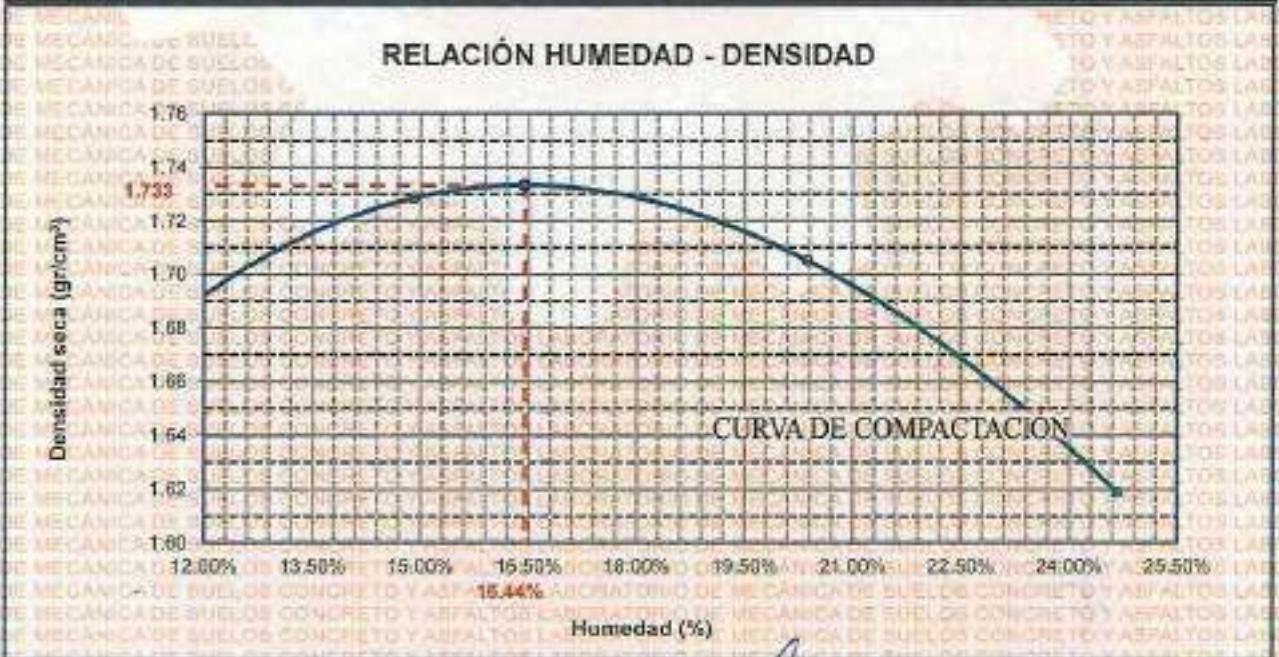
TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFE SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI
SOLICITANTE	: BACH. JHON ADERIO QUECARA CHAMBI
UBICACION	: AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI
LUGAR	: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
MUESTRA	: CALCATA 2 - MUESTRA 2
FECHA	: 11 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 936 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6039	6071	6009	5555
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	1888	1820	1858	1737
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	2.018	2.052	1.986	1.857

Capsula No	No	SUP.		INF.		SUP.		INF.	
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	68.25	73.89	82.16	91.15	79.92	92.87	90.68	90.02
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	59.73	63.89	71.62	79.98	72.35	83.24	84.21	82.98
Peso del Agua	gr.	8.52	9.94	10.54	11.17	7.57	9.63	6.47	7.04
Peso de la Capsula	gr.	19.08	24.65	19.69	24.74	21.85	18.25	22.84	22.18
Peso del Suelo Seco	gr.	39.85	39.24	51.83	55.24	50.50	64.99	61.37	60.80
% de Humedad	%	24.01%	25.33%	20.53%	20.22%	14.99%	14.82%	10.54%	11.58%
Promedio de Humedad	%	24.67%		20.37%		14.90%		11.96%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.619		1.705		1.729		1.672	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.733 gr/cm ³
SECAR	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 16.44%



Jhon Aderio Quecará Chambi
 EIP 103257

BIE: 8006-00301896



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI
SOLICITANTE:	Bach. JHON ADRÍD QUEGARA CHAMBI
UBICACIÓN	: AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI
LUGAR	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
MUESTRA	: CALICATA 2- MUESTRA 2
FECHA	: 11 DE ABRIL DEL 2024

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

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10865	10786	10815	10841	11079	11162
Peso del Molde	gr.	8897	8807	8900	8800	8808	8909
Peso del Suelo Humedo	gr.	3868	4091	4015	4041	4270	4353
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.81	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	g/cc.	1.838	1.944	1.910	1.923	2.037	2.076

Capsula No	No	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Suelo Humedo + Capsula	gr.	153.75	302.54	158.87	477.35	161.21	355.45
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	140.15	230.24	136.25	377.68	142.65	295.45
Peso del Agua	gr.	13.60	69.30	20.62	99.70	18.56	60.00
Peso de la Capsula	gr.	66.18	39.43	39.25	71.12	35.68	49.13
Peso del Suelo Seco	gr.	71.97	193.81	96.99	306.53	106.77	226.32
% de Humedad	%	18.90%	35.76%	21.26%	32.53%	17.38%	26.61%
Promedio de Humedad	%	18.90%	35.76%	21.26%	32.53%	17.38%	26.51%
Densidad del Suelo Seco	g/cc.	1.646	1.432	1.575	1.451	1.735	1.641

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/08/2023	08:25 a.m.	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0	0.000	0	0
19/08/2023	08:25 a.m.	24:00:00	0.080	2.032	1.61	0.080	1.524	1.21	0.045	1.143	0.81
20/08/2023	08:25 a.m.	48:00:00	0.110	2.794	2.22	0.085	2.159	1.72	0.075	1.905	1.51
21/08/2023	08:25 a.m.	72:00:00	0.145	3.683	2.93	0.125	3.175	2.52	0.115	2.921	2.32
22/08/2023	08:25 a.m.	96:00:00	0.195	4.853	3.83	0.175	4.445	3.53	0.165	3.937	3.13

PENETRACION

Penetración (mm)	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES					
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.		
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		-0.15	25.77	1.33		-0.20	25.88	1.34		-0.35	26.62	1.38			
1.27	01:00		-0.19	26.94	1.34		-0.24	26.15	1.35		-2.81	37.08	1.92			
1.91	01:30		-0.22	28.07	1.36		-0.31	26.45	1.37		-3.88	42.03	2.17			
2.54	02:00	70.31	-0.26	28.24	1.36	1.93	-0.39	26.66	1.38	1.98	-4.05	46.14	2.39	3.38		
3.81	03:00		-0.31	29.45	1.37		-0.39	26.79	1.38		-6.47	52.56	2.72			
5.09	04:00	105.00	-0.35	28.62	1.38	1.31	-0.48	27.21	1.41	1.34	-8.36	60.62	3.33	2.98		
6.35	05:00		-0.41	26.87	1.39		-0.52	27.34	1.41		-8.05	60.08	3.42			
7.62	06:00		-0.44	27.00	1.40		-0.55	27.25	1.41		-12.06	76.32	3.95			
8.84	07:00		-0.47	27.13	1.40		-0.55	27.38	1.42		-10.52	82.52	4.27			
10.16	08:00		-0.52	27.34	1.41		-0.66	27.58	1.43		-15.84	82.38	4.77			


 Jhon Adriid Quegara Chambi
 INGENIERO CIVIL
 CIP 103324

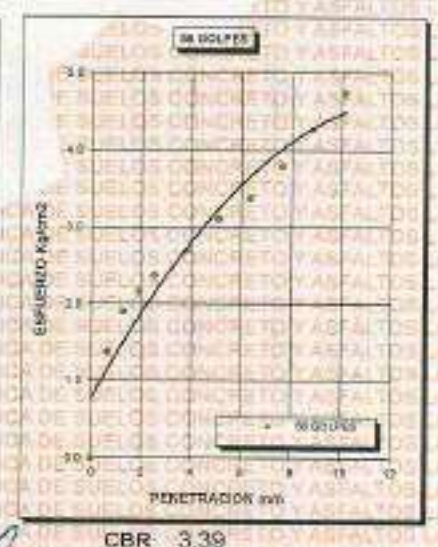
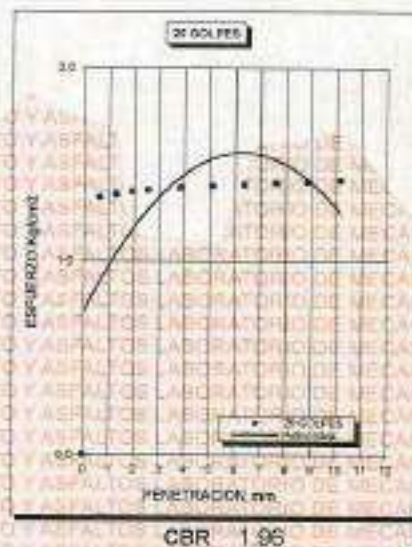
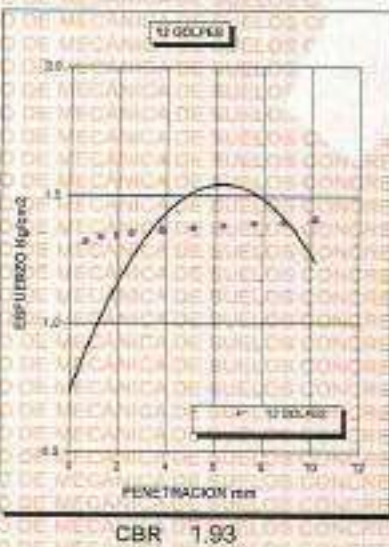
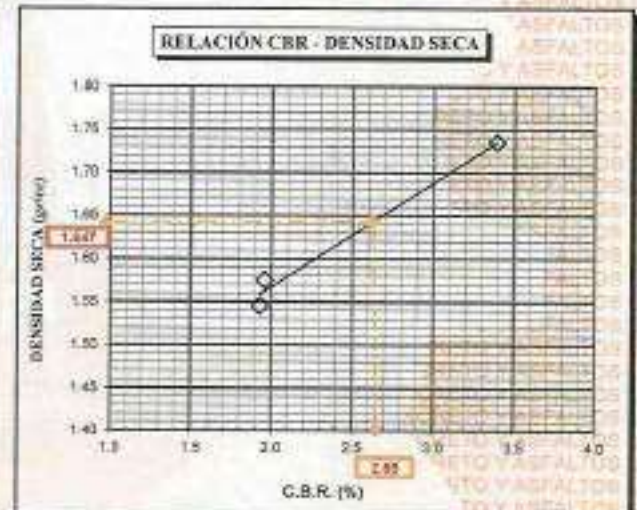
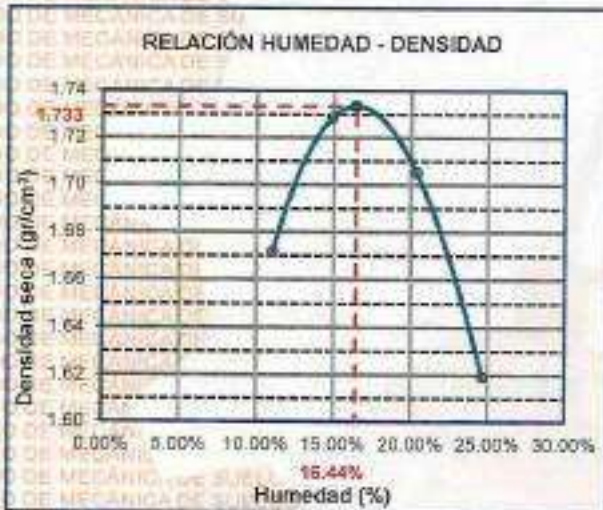
BIE: 8006-00301896



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 DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-81
SOLICITADO :	Bach. JHÓN ADERIO QUECARA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³ .)
UBICACIÓN :	AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI	HUMEDAD OPTIMA (%)
LUGAR :	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA - M2	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)
FECHA :	11 DE ABRIL DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



INGENIERO EN INGENIERÍA CIVIL
JHÓN ADERIO QUECARA CHAMBI
C.I. 1033257

BIE - B006-00301896



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

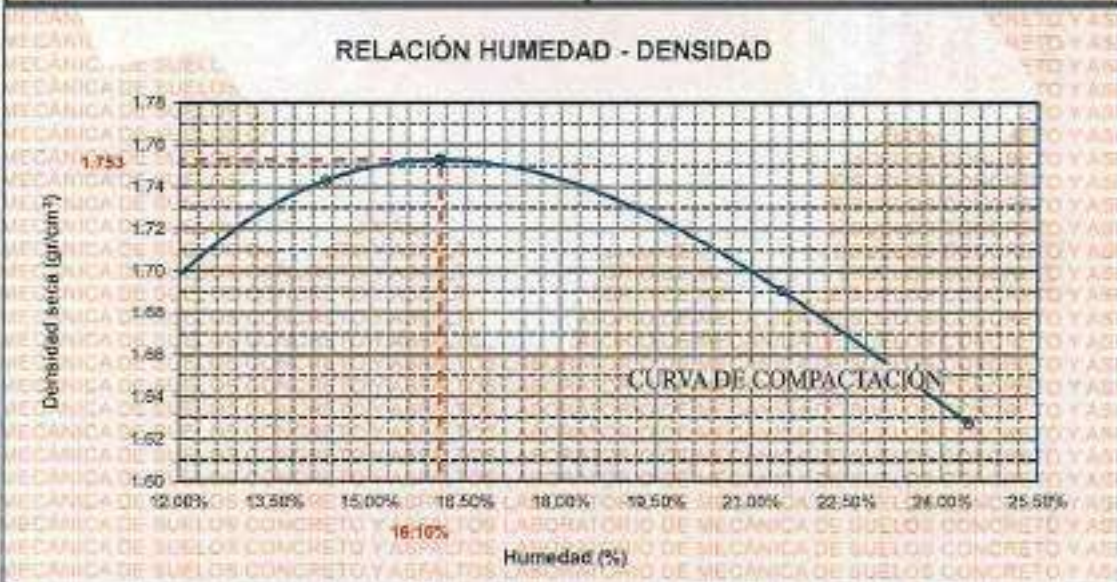
TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTOÑA Y CENIZA DE CAFE SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRABANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAMBI
SOLICITANTE	: Bach. JHON ADEIRO QUECARA CHAMBI
UBICACIÓN	: AVENIDA TUPAC AMARU AYAMBI
LUGAR	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
MUESTRA	: CAUCATA 3 - MUESTRA 3
FECHA	: 11 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6048	6072	6016	5890
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	g/cm ³	1894	1821	1864	1739
Densidad del Suelo Húmedo	g/cm ³	2.025	2.054	1.993	1.859

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	89.25	71.31	83.62	89.90	60.12	91.85	90.55	71.25
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	58.49	62.15	71.84	79.21	72.65	62.87	83.88	84.12
Peso del Agua	gr.	9.78	9.95	11.88	19.77	7.47	9.98	9.68	7.13
Peso de la Capsula	gr.	58.86	34.21	18.85	24.86	21.75	18.42	22.54	22.20
Peso del Suelo Seco	gr.	39.51	37.94	51.79	54.35	50.90	64.43	61.30	61.60
% de Humedad	%	24.74%	24.14%	22.13%	19.82%	14.68%	13.60%	15.80%	11.54%
Promedio de Humedad	%	24.42%		21.47%		14.30%		11.20%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.627		1.690		1.743		1.672	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.753 g/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 16.10%




 Ing. Jhon Adero Quecar Chambe
 N° 103773

BIE: B006-00301896



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYACUCHO
SOLICITANTE	: Bach. JHON ADEIRIO QUECARA CHAMBI
UBICACIÓN	: AVENIDA TUPAC AMARU AYACUCHO
PROGRESIVA	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
MUESTRA	: CALICATA 3- MUESTRA B
FECHA	: 11 DE ABRIL DEL 2024

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

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10545	11541	10618	11936	11050	11610
Peso del Molde	gr.	6880	6880	6701	6701	6910	6902
Peso del Suelo Humedo	gr.	3665	4662	4117	4935	4270	4802
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2098.50	2096.90
Densidad del Suelo Humedo	g/cc.	1.832	2.205	1.959	2.348	2.037	2.290

Capacita No.	No.	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Suelo Humedo + Capsula	gr.	149.65	302.69	165.24	476.82	181.52	357.24
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	137.79	233.34	138.52	377.26	145.38	297.74
Peso del Agua	gr.	11.86	69.35	26.72	99.56	36.14	59.50
Peso de la Capsula	gr.	66.25	38.74	38.51	71.84	35.76	69.48
Peso del Suelo Seco	gr.	69.54	194.60	100.01	305.42	109.63	228.26
% de Humedad	%	17.08%	36.00%	16.72%	32.30%	14.72%	26.07%
Promedio de Humedad	%	17.05%	36.00%	16.72%	32.24%	14.72%	26.07%
Densidad del Suelo Seco	g/cc.	1.985	1.791	1.678	1.776	1.775	1.817

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25 a.m.	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0	0.000	0	0
19/09/2023	08:25 a.m.	24:00:00	0.080	2.032	1.81	0.080	1.524	1.21	0.035	0.889	0.71
20/09/2023	08:25 a.m.	48:00:00	0.130	3.302	2.67	0.080	2.032	1.61	0.075	1.505	1.51
21/09/2023	08:25 a.m.	72:00:00	0.180	4.672	3.83	0.110	2.794	2.72	0.096	2.486	1.98
22/09/2023	08:25 a.m.	96:00:00	0.210	5.304	4.24	0.150	3.810	3.03	0.130	3.302	2.62

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.68	00:30		0.11	25.60	1.92	0.23	25.18	1.33	1.60	31.92	1.65	0.88	21.65	1.65
1.27	01:00		0.16	29.81	1.33	0.30	34.49	1.97	0.39	37.23	1.82	0.48	41.92	1.82
1.91	01:30		0.19	35.94	1.34	0.38	36.75	1.38	0.45	41.90	2.17	0.55	41.90	2.17
2.54	02:00	70.31	0.20	29.08	1.34	0.45	37.04	1.40	0.59	46.14	2.32	0.63	46.14	2.32
3.81	03:00		0.28	26.11	1.35	0.47	27.15	1.40	0.55	31.66	2.67	0.63	31.66	2.67
5.09	04:00	105.00	0.31	26.45	1.37	0.50	27.49	1.42	0.59	30.82	3.03	0.68	30.82	3.03
6.35	05:00		0.33	26.53	1.37	0.59	27.64	1.43	0.60	30.88	3.41	0.68	30.88	3.41
7.62	06:00		0.35	26.83	1.38	0.60	27.68	1.43	0.65	33.33	3.81	0.68	33.33	3.81
8.84	07:00		0.38	26.75	1.38	0.63	27.81	1.44	0.70	35.84	4.27	0.68	35.84	4.27
10.16	08:00		0.42	26.92	1.39	0.68	27.93	1.44	0.76	40.11	4.76	0.68	40.11	4.76

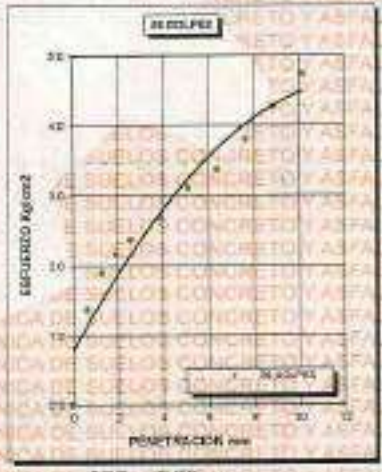
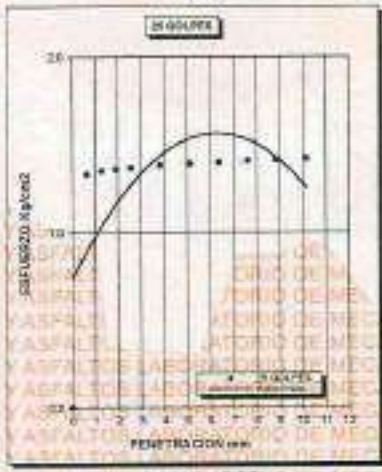
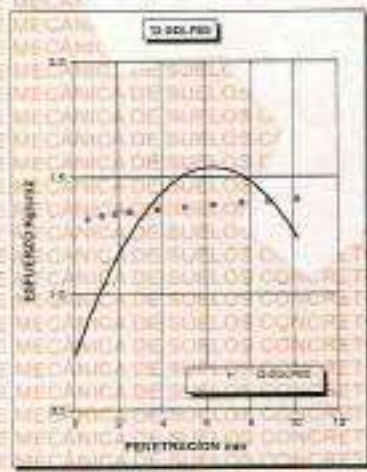
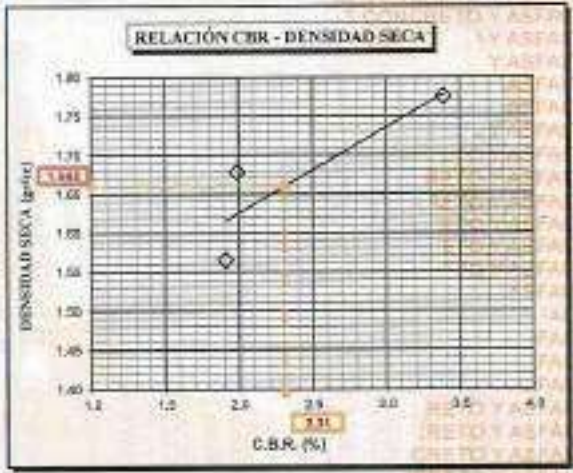
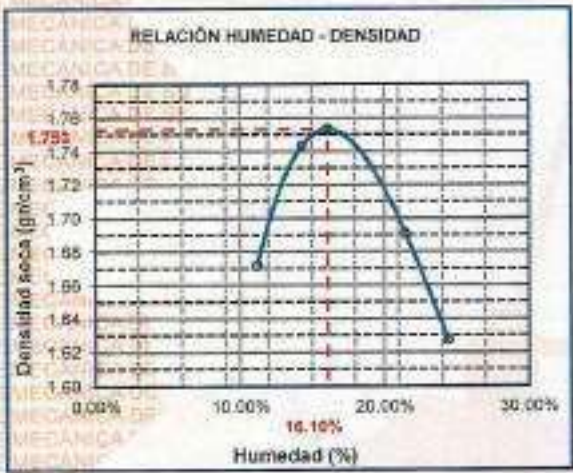

 Director: JHON ADEIRIO QUECARA CHAMBI
 Ing. Civil
 Ing. Jhon A. Quecar Chambi



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 DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-94
SOLICITADO :	Bach. JHON AIDERIO QUECARA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) : 1.753
UBICACION :	AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI	HUMEDAD OPTIMA (%) : 16.1%
PROGRESIVA :	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : 3.39
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA - M8	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : 2.31
FECHA :	11 DE ABRIL DEL 2024	CLASIFICACION : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



Jhon Aiderio Quecará Chambi

 CIP: 104257

BIE: B006-00301896



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



PROYECTO
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TURAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI
Bach. JHON ADEIRO CUECARA-CHAMBI
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
CALIGATA 1 - MUESTRA 1 + CENIZA DE CAFÉ III
10 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	92.45
SUELO SECO + TARRO	gr	85.72
PESO DEL TARRO	gr	28.69
PESO DEL AGUA	gr	6.73
PESO DEL SUELO SECO	gr	57.03
HUMEDAD %	%	11.80

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32.54	32.32	34.06
SUELO SECO + TARRO	gr	31.09	31.15	32.11
PESO DEL TARRO	gr	26.79	27.82	28.36
PESO DEL AGUA	gr	1.45	1.17	1.95
PESO DEL SUELO SECO	gr	4.30	3.53	5.75
HUMEDAD %	%	33.72	33.14	33.91
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
25.62	24.69
24.47	23.71
19.32	19.25
1.15	0.98
5.15	4.48
22.33	21.97

LÍMITE LÍQUIDO % : 33.07

LÍMITE PLÁSTICO % : 22.15

ÍNDICE PLÁSTICO % : 10.92

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes

Jhon A. Cuecar Chambi
CIP: 103297

BIÉ-8006-00301896



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



PROYECTO
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTOMA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TURAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAMBI
Bach. JHON ADERIDO QUECARRA CHAMRI
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
CALICATA T MUESTRA 1 + CENIZA DE CAFÉ 12%
10 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	92.52
SUELO SECO + TARRO	gr	86.12
PESO DEL TARRO	gr	28.95
PESO DEL AGUA	gr	6.50
PESO DEL SUELO SECO	gr	57.17
HUMEDAD %	%	11.37

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31.89	32.15	31.79
SUELO SECO + TARRO	gr	29.75	30.35	29.95
PESO DEL TARRO	gr	23.65	24.58	23.95
PESO DEL AGUA	gr	1.94	1.80	1.84
PESO DEL SUELO SECO	gr	6.10	5.77	5.97
HUMEDAD %	%	31.80	31.20	30.82
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
20.85	21.15
19.22	19.62
12.36	12.52
1.43	1.53
6.86	7.10
20.85	21.56

LÍMITE LIQUIDO % : 30.81

LÍMITE PLÁSTICO % : 21.20

ÍNDICE PLÁSTICO % : 09.61

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ"
REP. CANTONAL AYAMBI
Ing. Jhon Aderido Quecarrá Chamri
10/04/2024

BIE: 6006-00301896



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CACERES VELASCO"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TURAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYACUCHO
Dicho JHON ADERIDO DUECARA CHAMPI
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
CALCATA 1 - MUESTRA 1+ CENIZA DE CAFÉ 10%
10 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	91.85
SUELO SECO + TARRO	gr	84.32
PESO DEL TARRO	gr	22.83
PESO DEL AGUA	gr	7.33
PESO DEL SUELO SECO	gr	61.89
HUMEDAD %	%	11.88

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.62	38.12	35.42
SUELO SECO + TARRO	gr	34.14	34.42	34.01
PESO DEL TARRO	gr	29.32	29.15	29.42
PESO DEL AGUA	gr	1.48	1.70	1.41
PESO DEL SUELO SECO	gr	4.82	5.27	4.59
HUMEDAD %	%	30.71	32.26	30.72
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

	T-14	T-15
	20.85	21.74
	19.42	20.31
	13.02	13.13
	1.23	1.43
	6.40	7.18
	19.22	19.92

LÍMITE LIQUIDO % : 30.75

LÍMITE PLÁSTICO % : 19.57

ÍNDICE PLÁSTICO % : 11.18

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes

Jhon Aderido Duecará Champi
CIP 103257

BIE : 6006-00301896



PROYECTO
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

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



ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAMP
By: JHON ADEIRO DUECARA CHAMBI
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CENIZA DE TOTORA 5%
12 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	91.84
SUELO SECO + TARRO	gr	84.25
PESO DEL TARRO	gr	25.78
PESO DEL AGUA	gr	7.89
PESO DEL SUELO SECO	gr	58.47
HUMEDAD %	%	12.98

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31.54	32.62	30.08
SUELO SECO + TARRO	gr	29.57	30.41	28.75
PESO DEL TARRO	gr	23.45	23.54	24.68
PESO DEL AGUA	gr	1.97	2.21	1.33
PESO DEL SUELO SECO	gr	6.12	6.87	4.07
HUMEDAD %	%	32.19	32.17	32.68
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
19.98	21.35
19.76	20.68
18.85	18.32
0.22	0.49
1.11	2.54
19.82	19.29

LÍMITE LÍQUIDO % : 31.84

LÍMITE PLÁSTICO % : 19.66

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12.28

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

Jhon Aderio Duecará Chambi
 C.I. 100257

BIE: 8006-00303896



PROYECTO
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

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

ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC ANARU DE LA CIUDAD DE AYAWITHI
Bach. JHON AIDERIO QUECARRA CHAMBI
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
CALICATA 1 - MUESTRA 1+ CENIZA DE TOTORA 10%
12 DE ABRIL DEL 2024



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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	90.67
SUELO SECO + TARRO	gr	84.25
PESO DEL TARRO	gr	27.63
PESO DEL AGUA	gr	8.42
PESO DEL SUELO SECO	gr	56.62
HUMEDAD %	%	11.34

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.82	34.52	31.95
SUELO SECO + TARRO	gr	33.62	33.05	30.85
PESO DEL TARRO	gr	27.62	28.54	27.58
PESO DEL AGUA	gr	2.00	1.47	1.07
PESO DEL SUELO SECO	gr	6.00	4.51	3.30
HUMEDAD %	%	33.33	32.59	32.42
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
22.68	20.68
20.80	18.20
12.36	12.52
1.88	1.48
8.44	6.88
22.27	22.16

LÍMITE LÍQUIDO % : 32.29

LÍMITE PLÁSTICO % : 22.22

ÍNDICE PLÁSTICO % : 10.08

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VILLASUÉZ
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Ing. Amparo Teza Turco
CIP 107297

BIE: 8008-00301896



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
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUPERFICIE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI
Ing. JHON ADERIO QUECARA CHAMBI
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CENIZA DE TOTORA 10%
12 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	90.23
SUELO SECO + TARRO	gr	82.32
PESO DEL TARRO	gr	23.69
PESO DEL AGUA	gr	7.91
PESO DEL SUELO SECO	gr	58.63
HUMEDAD %	%	13.49

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31.25	30.57	32.71
SUELO SECO + TARRO	gr	28.97	28.37	30.19
PESO DEL TARRO	gr	21.58	21.32	21.85
PESO DEL AGUA	gr	2.28	2.20	2.52
PESO DEL SUELO SECO	gr	7.39	7.05	8.34
HUMEDAD %	%	30.86	31.21	30.22
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
21.85	22.84
20.75	21.66
14.62	14.78
1.10	1.19
6.13	6.87
17.94	17.32

LÍMITE LÍQUIDO % : 30.30

LÍMITE PLÁSTICO % : 17.63

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12.66

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



INGENIERO EN INGENIERÍA CIVIL
RIP - DAMASCENO SIVILA
Ing. Jhon Aderio Quecar Chambi
CIP 03257

BIE: 8006-00301896



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

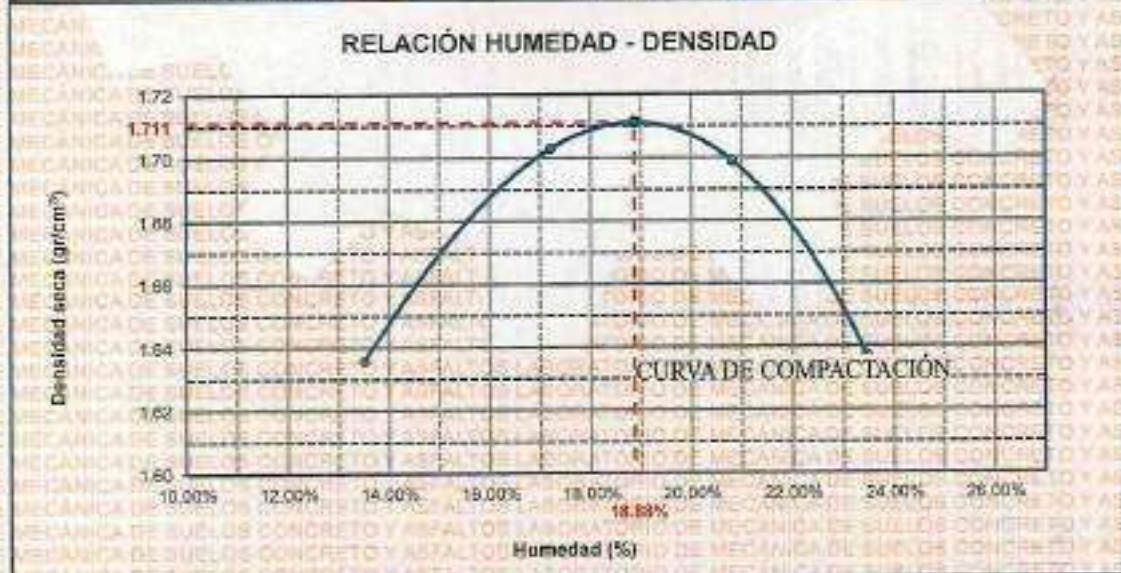
TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAMBI
SOLICITANTE	Bach. JHON ADERIO QUECARA CHAMBI
UBICACIÓN	AVENIDA TUPAC AMARU AYAMBI
LUGAR	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO BANDA JUIJACA
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CENIZA DE CAFÉ 8%
FECHA	11 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	1035 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6042	6071	6018	5988
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1891	1920	1867	1737
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.021	2.052	1.896	1.857

Capetón No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capetón	gr.	300.23	305.70	199.07	194.30	222.58	227.91	335.49	335.05
Peso del Suelo Seco + Capetón	gr.	259.79	265.31	168.85	159.99	193.13	193.17	198.29	200.03
Peso del Agua	gr.	44.04	45.46	30.22	34.30	27.45	28.34	32.20	32.53
Peso de la Capetón	gr.	70.13	70.98	38.45	38.04	35.07	35.51	36.87	34.80
Peso del Suelo Seco	gr.	189.05	192.33	128.43	120.25	160.06	164.19	165.43	165.51
% de Humedad	%	23.25%	23.63%	20.89%	20.74%	17.15%	17.20%	13.97%	13.37%
Promedio de Humedad	%	23.46%		20.81%		17.21%		13.52%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.637		1.699		1.703		1.836	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.711	gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	18.88%	



Ing. Jhon Aderio Quecar Chambi
 CIP: 109257

BIE : 8006-00301896



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI
SOLICITANTE	: Bach. JHON AIDERIO QUECARA CHAMBI
UBICACIÓN	: AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI
LUGAR	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA
MUESTRA	: CALICATA 1- MUESTRA 1 + CENIZA DE CAFÉ 8%
FECHA	: 11 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No		III		II		I	
No DE CAPAS		5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25		58	
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10877	11551	10699	11510	11521	12058
Peso del Molde	gr.	6978	8976	6612	6612	7296	7296
Peso del Suelo Humedo	gr.	3901	4885	4087	4903	4225	4762
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	g/cc.	1.853	2.321	1.944	2.333	2.015	2.271

Capsula No		No	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Suelo Humedo + Capsula	gr.	301.25	303.12	295.10	413.96	325.10	373.45	373.45
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	253.05	242.18	257.55	335.89	282.80	312.85	312.85
Peso del Agua	gr.	38.20	60.94	37.55	78.10	42.22	60.60	60.60
Peso de la Capsula	gr.	37.45	38.81	39.94	67.45	38.80	70.12	70.12
Peso del Suelo Seco	gr.	225.80	203.37	217.61	268.38	244.08	242.55	242.55
% de Humedad	%	16.93%	29.97%	17.28%	29.10%	17.30%	25.07%	25.07%
Promedio de Humedad	%	16.93%	29.97%	17.28%	29.10%	17.30%	25.07%	25.07%
Densidad del Suelo Seco	g/cc.	1.585	1.786	1.658	1.807	1.718	1.816	1.816

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/05/2023	08:25 a.m.	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0	0.000	0	0
19/05/2023	08:25 a.m.	24:00:00	0.150	3.810	3.03	0.110	2.794	2.22	0.132	3.353	2.66
20/05/2023	08:25 a.m.	48:00:00	0.312	7.925	6.30	0.352	8.941	7.10	0.265	6.781	5.35
21/05/2023	08:25 a.m.	72:00:00	0.365	9.271	7.38	0.362	8.195	7.30	0.299	7.595	6.03
22/05/2023	08:25 a.m.	96:00:00	0.409	10.399	8.25	0.375	9.525	7.57	0.308	7.823	6.21

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
0.53	00:30		0.40	27.88	1.43		2.12	34.13	1.75		4.12	42.62	1.20	
1.27	01:00		5.62	48.90	2.53		7.32	95.20	2.91		8.75	66.52	3.44	
1.91	01:30		9.58	65.67	3.39		11.15	72.48	3.75		14.26	85.65	4.43	
2.54	02:00	70.31	11.78	75.19	3.88	5.62	13.62	82.94	4.28	6.10	17.52	90.49	5.14	7.31
3.81	03:00		16.23	94.02	4.86		19.32	107.13	5.54		23.16	129.39	6.38	
5.09	04:00	106.00	20.52	112.23	5.80	5.53	23.91	125.62	6.55	6.23	28.41	149.98	7.75	7.36
6.35	05:00		22.54	120.80	6.24		25.82	133.87	6.92		31.21	157.90	8.13	
7.52	06:00		23.94	125.05	6.48		26.85	138.09	7.19		31.65	159.47	8.24	
8.84	07:00		24.26	131.03	6.77		27.26	141.26	7.50		32.74	164.09	8.48	
10.16	08:00		25.89	133.62	6.92		28.48	145.60	7.54		33.85	168.81	8.73	


 Jhon Aiderio Quecará Chambo
 CIP 103257

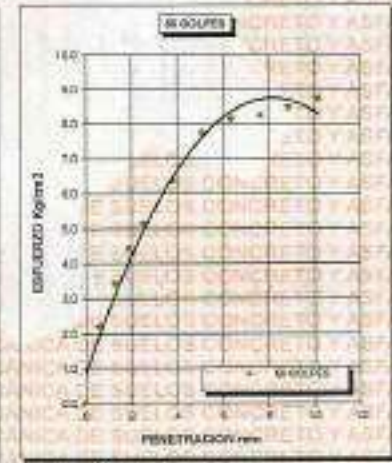
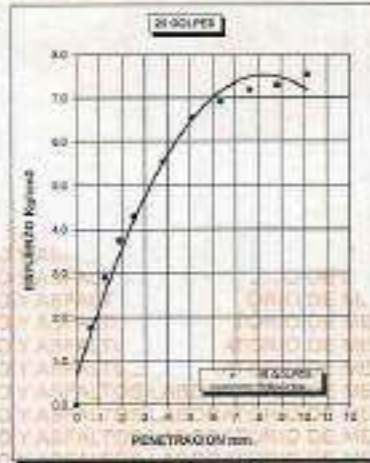
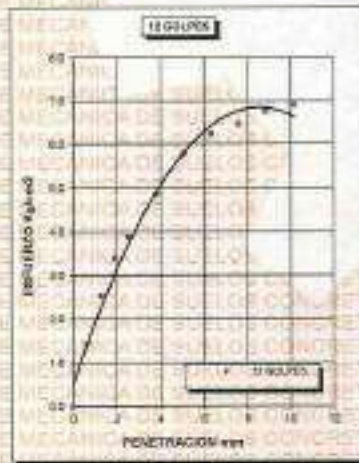
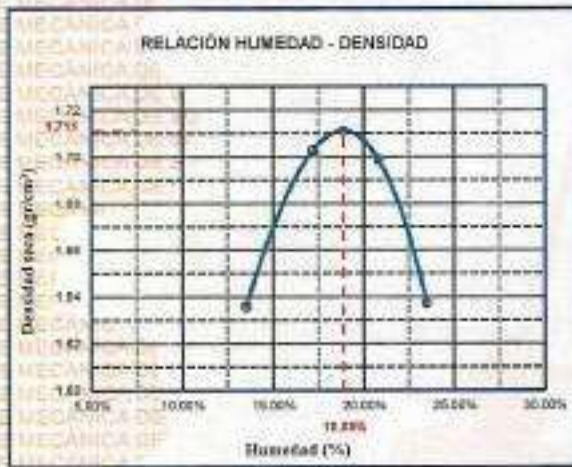
BIE : 8006-00301896



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 DEL EFECTO DE CENIZA DE TOCORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO	Ing. JHON AIDERIO QUECARA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.711
UBICACIÓN	AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI	HUMEDAD OPTIMA (%)	18.88%
LUGAR	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	7.31
MUESTRA	CALICATA 1- MUESTRA 1 + CENIZA DE CAFÉ 8%	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	5.89
FECHA	11 DE ABRIL DEL 2024.	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 PROF. DE INGENIERÍA CIVIL
 Jhon Aiderio Quecará Chamblé
 C.I. 1001277

BIE: B006-00301696



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

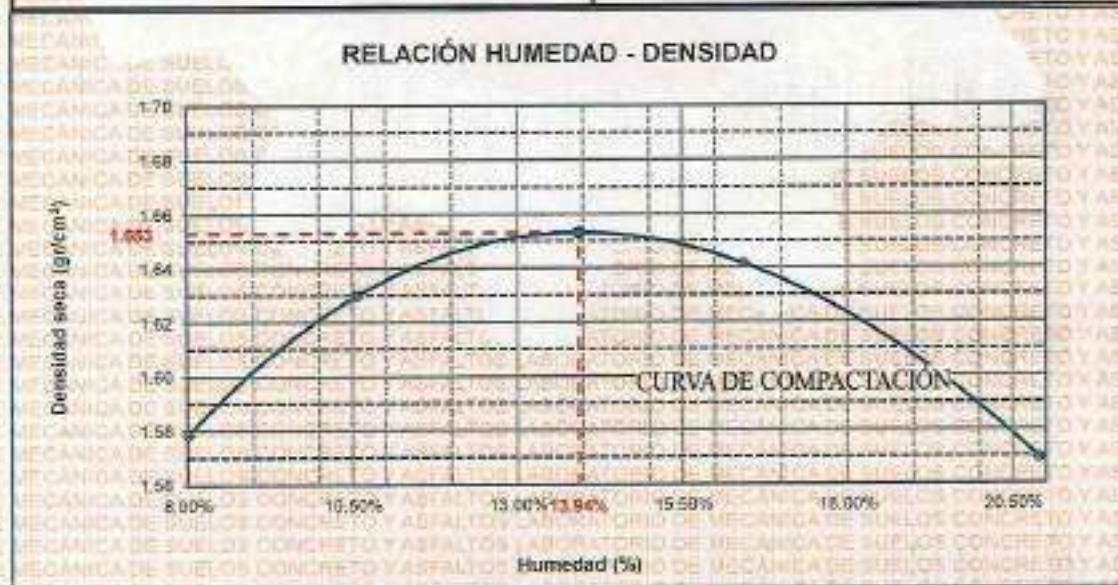
TEMA:	ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI
SOLICITANTE:	Escr. JHON AIDERIO QUECARA CHAVEZ
UBICACIÓN:	AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI
LUGAR:	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-RIJACA
MUESTRA:	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CENIZA DE CAFÉ 12%
FECHA:	11 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	935 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	5928	5939	5937	5748
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	1775	1788	1685	1596
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	1.897	1.911	1.802	1.705

Capsula No.	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	292.34	273.44	322.55	205.29	171.30	174.05	201.59	191.15
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	252.63	238.11	198.09	181.56	158.26	160.77	186.77	179.78
Peso del Agua	gr.	39.71	35.33	24.46	23.73	13.04	13.28	14.82	11.40
Peso de la Capsula	gr.	70.12	60.14	35.09	35.39	35.09	35.06	38.79	37.41
Peso del Suelo Seco	gr.	183.81	183.87	161.01	145.47	123.17	125.72	150.98	142.38
% de Humedad	%	20.90%	21.21%	15.43%	16.45%	10.99%	10.58%	8.03%	8.01%
Promedio de Humedad	%	20.90%		16.44%		10.58%		8.02%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.569		1.641		1.630		1.578	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.653 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	13.94%




 Jhon Aiderio Quecaro Chavez
 CIP: 103267

BIE : 8006-00301896



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS : ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI
SOLICITANTE : Bach. JHON ADOERIO QUILCARA CHAMBI
UBICACIÓN : AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JUJACA
MUESTRA : CALICATA T- MUESTRA 1 + CENIZA DE CAFÉ 12%
FECHA : 11 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	II		I		I	
	5	5	5	5	5	5
No DE CAPAS	12		25		50	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		50	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr	10613	11597	30553	11349	11093	11850
Peso del Molde	gr	6033	8833	6665	6665	7068	7068
Peso del Suelo Humedo	gr	3780	4764	3388	4684	4025	4782
Volumen del Suelo	cc	2104.01	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1.796	2.263	1.608	2.214	1.920	2.176

Capsoles No	No	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Suelo Humedo + Capsula	gr	431.32	404.56	266.21	427.44	214.43	426.43
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr	372.98	333.45	236.71	365.59	191.09	366.86
Peso del Agua	gr	48.34	71.11	29.50	71.85	23.30	59.57
Peso de la Capsula	gr	59.82	56.93	38.70	62.74	38.46	66.17
Peso del Suelo Seco	gr	303.00	263.52	197.83	296.81	152.63	290.71
% de Humedad	%	15.92%	26.98%	14.40%	25.07%	15.32%	22.98%
Promedio de Humedad	%	15.92%	26.98%	14.40%	25.07%	15.32%	22.98%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc	1.549	1.783	1.598	1.770	1.665	1.776

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/08/2023	08:25: a.m.	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0	0.000	0	0
19/08/2023	08:25: a.m.	24:00:00	0.235	5.980	4.74	0.215	5.481	4.34	0.160	3.706	2.61
20/08/2023	08:25: a.m.	48:00:00	0.280	7.112	5.65	0.272	6.909	5.48	0.190	4.828	3.63
21/08/2023	08:25: a.m.	72:00:00	0.332	8.433	6.70	0.316	8.001	6.36	0.225	5.715	4.54
22/08/2023	08:25: a.m.	96:00:00	0.380	9.652	7.57	0.345	8.783	6.90	0.265	6.731	5.36

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Comp.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Comp.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Comp.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		1.85	33.03	1.71	4.36	43.00	2.24	9.16	69.47	3.21	18.52	105.05	5.58
1.27	01:00		6.75	63.27	3.22	11.05	76.83	3.82	20.35	149.71	7.76	30.35	208.71	10.84
1.91	01:30		15.54	81.09	4.71	19.94	133.61	5.48	38.09	283.80	13.73	64.85	300.81	15.35
2.54	02:00	30.31	21.65	117.69	5.03	1.60	25.95	135.59	6.99	2.95	38.09	185.80	8.68	13.73
3.81	02:30		27.02	142.35	7.38	36.96	181.96	9.41	52.62	348.47	16.84	71.96	330.96	16.68
5.09	04:00	100.00	38.89	190.07	9.83	47.36	228.15	11.89	71.12	64.85	300.81	15.35	34.81	
6.35	05:00		42.61	206.16	10.68	50.62	239.96	12.41	71.96	330.96	16.68			
7.62	06:00		42.85	207.01	10.70	32.62	248.47	12.54	60.65	307.44	16.30			
8.84	07:00		43.25	208.70	10.79	53.68	252.57	13.08	43.96	406.96	21.04			
10.16	08:00		43.95	211.12	11.54	54.26	255.02	13.21	39.65	443.84	22.94			

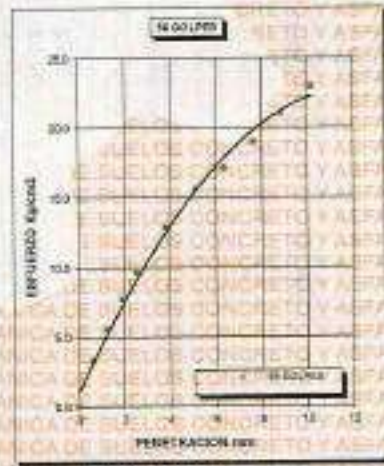
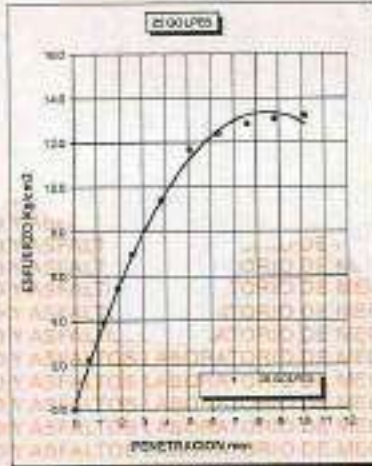
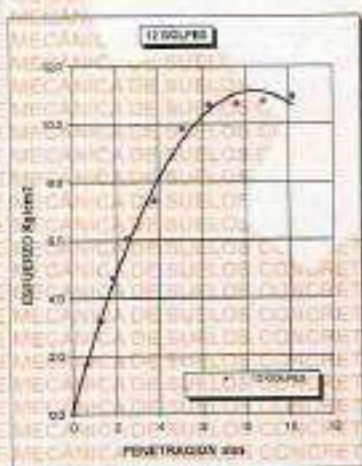
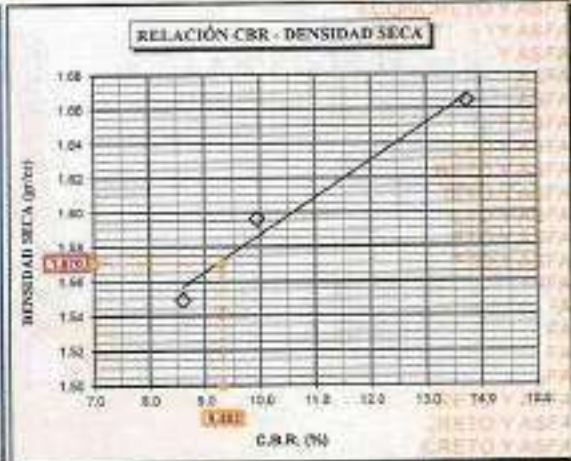

Agr. Ing. Jonh Torres
CIP: 103247



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 DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI.	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO	Ing. JHON ADERIDO GUECARA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.653
UBICACION	AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI	HUMEDAD OPTIMA (%)	13.84%
LUGAR	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	13.73
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CENIZA DE CAFÉ 12%	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	9.48
FECHA	11 DE ABRIL DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



INVESTIGACION EN INGENIERIA
FCA - CAP INVESTIGACION
Ing. Jhon Aderido Guecará Chambi
C.I. 193257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

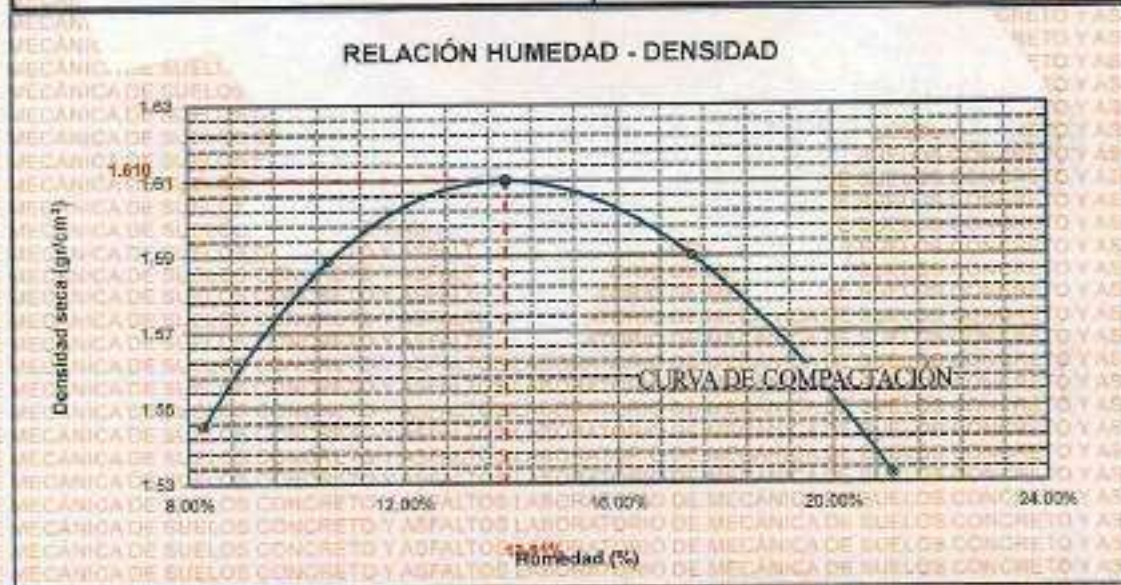
TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAMARI
SOLICITANTE	Bach. JHON ADERIO QUECAÑA CHAMBI
UBICACIÓN	AVENIDA TUPAC AMARU AYAMARI
LUGAR	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV JULIACA
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CENIZA DE CAFÉ 16%
FECHA	12 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	936 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	5887	5887	5795	5716
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1738	1740	1644	1565
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1.858	1.866	1.757	1.873

Capas	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	296.34	287.44	301.55	294.26	305.22	297.90	290.56	290.28
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	248.71	233.11	177.28	193.06	182.75	155.27	188.03	176.33
Peso del Agua	gr.	37.63	34.33	24.28	24.33	12.47	12.68	12.54	11.95
Peso de la Capsula	gr.	70.12	70.87	28.64	36.92	35.35	33.67	35.66	34.80
Peso del Suelo Seco	gr.	178.59	162.14	139.66	143.14	117.89	118.40	152.36	143.55
% de Humedad	%	21.07%	21.17%	17.41%	17.29%	10.00%	10.83%	8.24%	8.31%
Promedio de Humedad	%	21.12%		17.38%		10.41%		8.28%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.532		1.590		1.539		1.545	

METODO	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.610 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	13.91%




 Jhon Aderio Quecaña Chambi
 CAP. 10227

BIE: B005-00301896



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

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS : ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFE SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI

SOLICITANTE : Bach. JHON ADERIO DUEGARA CHAMBI

UBICACIÓN : AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA

MUESTRA : CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CENIZA DE CAFE 10%

FECHA : 12 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	III		II		I	
	5	12	5	25	5	55
No DE CAPAS						
NUMERO DE GOLPES POR CAPA						
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

	gr	10321	11305	10874	11790	10481	11019
Peso Suelo Humedo + Molde	gr	6797	6797	7295	7295	6611	6611
Peso del Molde	gr	3524	4508	3879	4455	3970	4407
Peso del Suelo Humedo	gr	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2095.50	2066.50
Volamen del Suelo	cc	1.674	2.142	1.750	2.138	1.845	2.102
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc						

Capsula No	No	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Suelo Humedo + Capsula	gr	225.31	374.75	241.62	404.32	238.85	394.87
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr	202.57	313.78	217.12	342.71	205.98	331.99
Peso del Agua	gr	22.74	60.99	24.50	61.61	23.28	53.16
Peso de la Capsula	gr	37.41	68.92	39.94	70.11	38.89	67.47
Peso del Suelo Seco	gr	185.18	243.84	177.18	272.80	166.68	264.22
% de Humedad	%	13.77%	24.77%	13.83%	22.60%	13.97%	20.13%
Promedio de Humedad	%	13.77%	24.77%	13.83%	22.60%	13.97%	20.13%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc	1.472	1.717	1.638	1.744	1.620	1.750

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/06/2023	08:25 a.m.	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0	0.000	0	0
19/06/2023	06:25 a.m.	24:00:00	0.142	3.657	2.87	0.098	2.489	1.98	0.088	2.235	1.78
20/06/2023	06:25 a.m.	48:00:00	0.230	5.842	4.64	0.223	5.664	4.50	0.138	3.505	2.78
21/06/2023	08:25 a.m.	72:00:00	0.312	7.925	6.30	0.281	7.197	5.67	0.155	3.637	3.13
22/06/2023	08:25 a.m.	96:00:00	0.335	8.509	6.78	0.292	7.417	5.89	0.161	4.089	3.25

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				55 GOLPES			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Concoe.	Dial	Kg	Kg/cm2	Concoe.	Dial	Kg	Kg/cm2	Concoe.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		
0.63	00:30		1.98	33.54	1.73		2.62	36.25	1.67	4.62	44.74	2.31		
1.27	01:00		6.75	83.78	2.78		10.21	68.47	3.54	17.05	100.05	5.17		
1.91	01:30		13.50	83.07	4.29		19.62	108.41	5.60	29.85	150.98	7.80		
2.54	02:00	70.31	19.98	109.94	5.58	8.04	27.82	142.95	7.30	39.85	193.42	10.00	14.22	
3.81	03:00		28.82	180.85	7.80		39.85	194.27	10.04	52.90	249.39	12.84		
5.09	04:00	105.00	36.68	180.30	9.33	8.88	47.62	227.25	11.75	66.95	309.30	15.09	15.28	
6.35	05:00		40.82	167.54	10.21		53.82	252.72	13.06	76.85	325.85	16.64		
7.62	06:00		48.12	210.64	11.20		58.82	273.94	14.16	85.38	347.11	17.84		
8.84	07:00		50.12	237.05	12.30		62.30	288.56	14.97	89.62	367.30	18.99		
10.16	08:00		53.62	252.72	13.06		68.32	302.38	15.83	95.55	394.19	20.38		

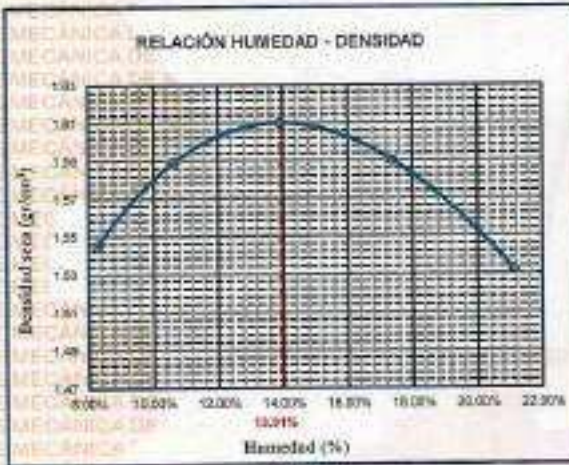
BIE: 8006-00301896



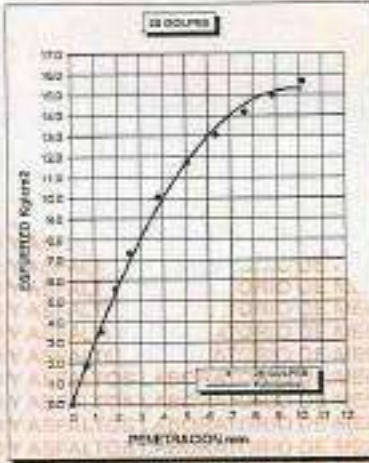
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



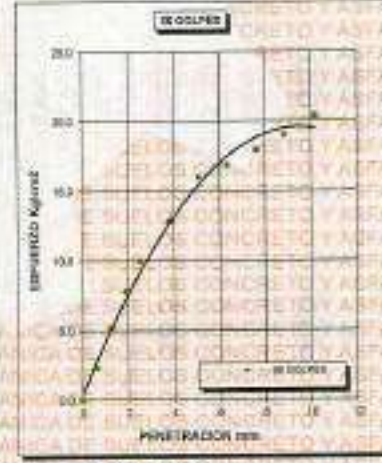
PROYECTO	ESTUDIO COMPARATIVO DEL FRECDO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO	Bach. JHON ADERIO QUECARA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.620
UBICACIÓN	AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI	HUMEDAD OPTIMA (%)	13.91%
LUGAR	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO UANCV-JULIACA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	14.22
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CENIZA DE CAFÉ 18%	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	10.41
FECHA	12 DE ABRIL DEL 2004	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



CBR 8.08



CBR 10.47



CBR 14.22



INVESTIGADOR RESPONSABLE
JHON ADERIO QUECARA CHAMBI
ING. CIVIL

BIE : 8006-00301896



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

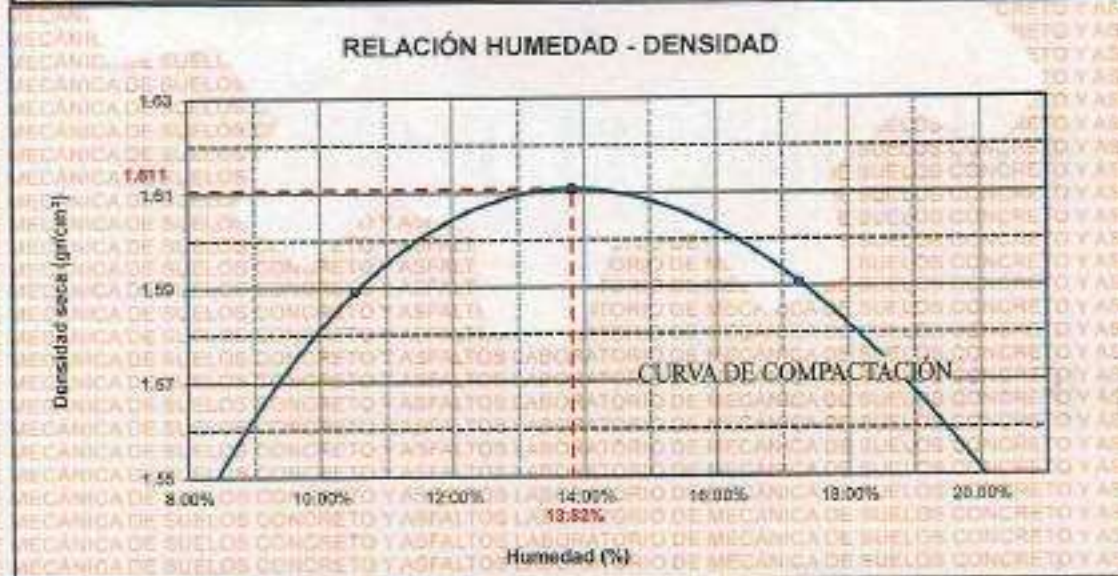
TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFE SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI
SOLICITANTE	ING. JHON AIDERIO QUECARA CHAMBE
UBICACIÓN	AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI
LUGAR	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CENIZA DE TOTORA 5%
FECHA	12 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	935 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	5005	5885	5794	5715
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1735	1745	1543	1554
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1.855	1.865	1.756	1.672

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	287.34	288.44	202.55	205.29	166.22	163.56	231.06	151.23
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	249.71	254.11	175.29	181.56	143.75	138.27	188.02	179.23
Peso del Agua	gr.	37.63	34.33	24.26	24.33	13.47	12.69	12.54	11.50
Peso de la Capsula	gr.	70.12	70.07	25.44	26.60	25.06	25.57	33.88	34.50
Peso del Suelo Seco	gr.	179.59	183.14	139.85	141.14	118.69	120.40	153.78	144.55
% de Humedad	%	21.06%	21.04%	17.35%	17.17%	10.51%	10.54%	8.19%	8.25%
Promedio de Humedad	%	21.06%		17.36%		10.52%		8.22%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.533		1.681		1.589		1.545	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.611 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	13.82%




 Jhon Aiderio Quecar Chambe
 Ing. Civil
 FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL
 FICP - 193217

B/E: 8006-00301896



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI
SOLICITANTE	Bach. JHON AIDERIO GUECARA CHAMBI
UBICACIÓN	AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI
LUGAR	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA	CALCATA 1 - MUESTRA 1 + CENIZA DE TOTORA 5%
FECHA	12 DE ABRIL DEL 2024

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

Peso Suelo Humedo + Hielo	gr.	10022	11308	10975	11791	10482	11019
Peso del Mole	gr.	6797	6797	7295	7295	6811	6811
Peso del Suelo Humedo	gr.	3525	4508	3680	4496	3871	4408
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.675	2.142	1.751	2.139	1.848	2.103

Capítulo No.	gr.	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Suelo Humedo + Capeluzá	gr.	228.31	375.15	242.52	429.33	229.66	353.67
Peso del Suelo Seco + Capeluzá	gr.	208.57	354.78	218.12	343.71	206.58	332.68
Peso del Agua	gr.	22.74	80.38	24.50	51.01	23.28	50.18
Peso de la Capeluzá	gr.	37.41	68.92	38.94	70.11	36.03	67.47
Peso del Suelo Seco	gr.	166.16	244.84	179.18	273.60	169.69	265.22
% de Humedad	%	13.83%	24.91%	13.75%	22.62%	13.68%	20.05%
Promedio de Humedad	%	13.85%	24.97%	13.75%	22.62%	13.68%	20.05%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.473	1.718	1.539	1.748	1.621	1.751

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25 a.m.	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0	0.000	0	0
19/09/2023	08:25 a.m.	24:00:00	0.185	3.429	2.72	0.105	2.967	2.17	0.085	2.159	1.72
20/09/2023	08:25 a.m.	48:00:00	0.246	8.248	4.96	0.221	5.613	4.46	0.139	3.531	2.60
21/09/2023	08:25 a.m.	72:00:00	0.335	8.509	6.76	0.275	8.985	5.55	0.175	4.445	3.53
22/09/2023	08:25 a.m.	96:00:00	0.375	9.525	7.57	0.302	7.671	6.09	0.195	4.954	3.93

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		0.58	27.47	1.42		2.05	39.11	1.81		4.32	40.62	2.30	
1.27	01:00		1.45	40.26	2.43		7.32	59.25	2.91		6.75	66.02	3.64	
1.91	01:30		4.88	61.84	3.33		11.35	73.31	3.79		14.26	59.66	4.49	
2.54	02:00	70.31	10.88	107.68	3.58	4.97	19.48	82.56	4.04	5.04	24.88	147.59	7.93	10.85
3.81	03:00		15.95	122.83	4.66		32.85	113.63	5.87		35.69	176.32	9.71	
5.00	04:00	105.00	21.65	112.02	6.08	5.76	37.85	142.49	7.37	3.01	47.94	228.68	11.82	11.29
6.35	05:00		23.65	125.51	8.49		31.65	159.47	8.24		45.62	255.78	12.19	
7.62	06:00		28.15	136.72	7.04		32.05	167.25	8.64		52.62	248.55	12.89	
8.84	07:00		39.68	150.28	7.80		36.68	180.84	9.34		55.62	282.72	13.90	
10.16	08:00		32.85	182.40	8.40		40.95	190.67	10.22		56.68	201.45	15.32	

Jhon Aiderio Guecará Chambi
C.I. 1167247

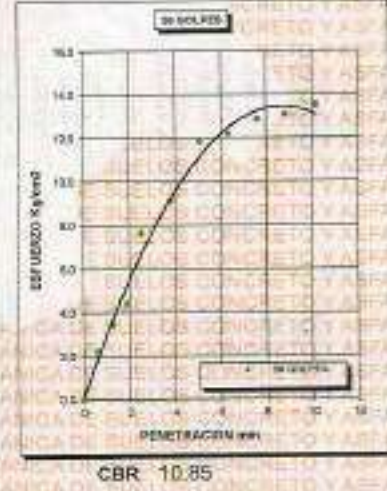
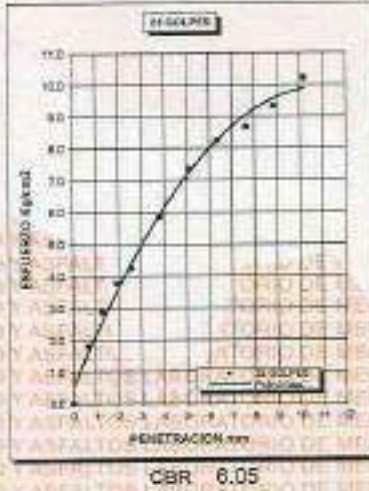
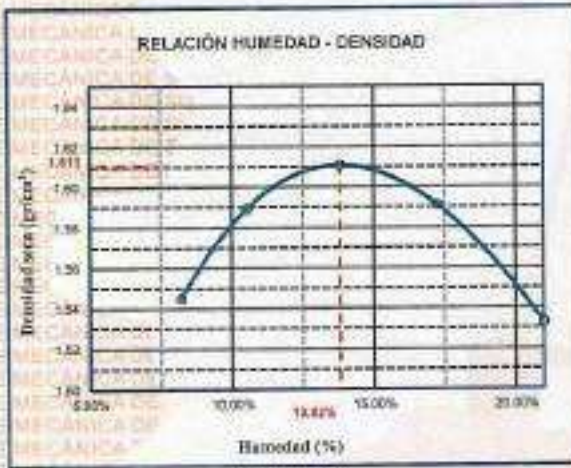
BIE: B006-00301896



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 DEL EFECTO DE GENZA DE TOTORA Y GENZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	
SOLICITADO	Bach. JHON ADERIO QUECARA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.611
UBICACION	AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI	HUMEDAD OPTIMA (%)	13.82%
LUGAR	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	10.85
MUESTRA	CALIGATA 1 - MUESTRA 1 + GENZA DE TOTORA 5%	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	6.52
FECHA	12 DE ABRIL DEL 2024	CLASIFICACION :	CL
		AASHITO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



FIRMA DEL AUTOR
JHON ADERIO QUECARA CHAMBI
10/04/2024

BIE: 8006-00301896



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

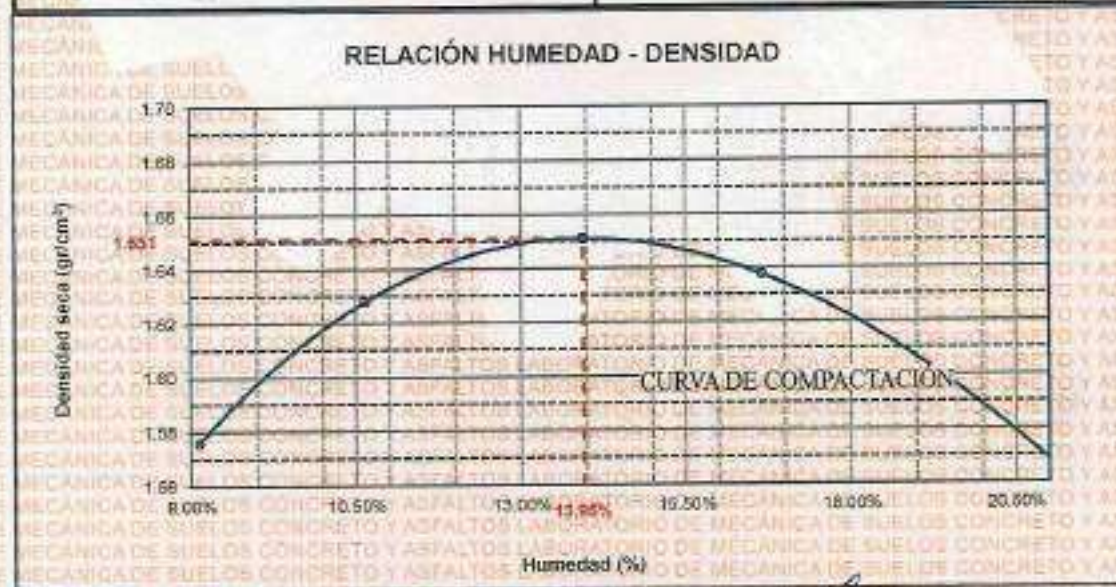
TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAMPA
SOLICITANTE	Bach. JHON ADEIRIO QUECARA CHAMBI
UBICACIÓN	AVENIDA TUPAC AMARU AYAMPA
LUGAR	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA	CAUCATA 1 - MUESTRA 1 - CENIZA DE TOTORA 10%
FECHA	12 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	935 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	5925	5938	5936	5745
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4101	4161
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	1774	1787	1885	1584
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	1.896	1.910	1.801	1.704

Capítulo No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capazula	gr.	291.34	272.43	321.55	204.29	170.05	173.05	200.88	190.16
Peso del Suelo Seco + Capazula	gr.	252.03	227.11	195.06	180.36	157.26	158.77	188.77	178.79
Peso del Agua	gr.	39.41	39.32	26.49	23.93	12.79	14.28	12.12	11.40
Peso de la Capazula	gr.	71.12	70.14	36.98	35.80	38.09	36.06	30.79	28.41
Peso del Suelo Seco	gr.	181.83	166.97	158.01	143.47	121.17	123.71	142.98	144.38
% de Humedad	%	21.15%	21.15%	16.64%	16.88%	10.56%	9.73%	8.14%	8.12%
Promedio de Humedad	%	21.14%		16.86%		10.65%		8.15%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.565		1.637		1.628		1.576	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.651 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	13.95%



Jhon Adirio Quecará Chambi
 12/04/2024

BIE: 8006-00301896



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

Table with 2 columns: Field (TESIS, SOLICITANTE, UBICACION, LUGAR, MUESTRA, FECHA) and Value (ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI, Bach. JHONADERO QUICARA CHAMEI, AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI, LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS, CALCATA 1 - MUESTRA 1 + GENZA DE TOTORA 10%, 12 DE ABRIL DEL 2024)

Table with 7 columns: Molde No, No. de Capas, Número de Golpes por Capa, and Condiciones de la Muestra (SATURADO, SIN SATURAR) for three different mold configurations.

Table with 8 columns: Variable (Peso Suelo Humedo + Molde, Peso del Molde, etc.) and values for three saturation conditions.

Table with 8 columns: Variable (Capas, Suelo Humedo + Capas, etc.) and values for three saturation conditions.

EXPANSION

Table with 10 columns: Date, Hour, Time, Dial, Expansion (mm, %).

PENETRACION

Table with 14 columns: Penetration (mm), Time, Carga Est., and 12/25/56 Golpes (Dial, Kg, Kg/cm2, Círculo).

Handwritten signature and official stamp of the laboratory.

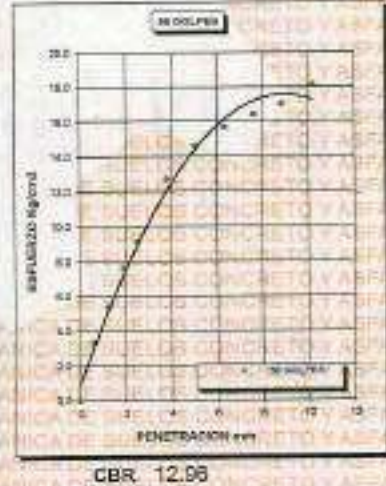
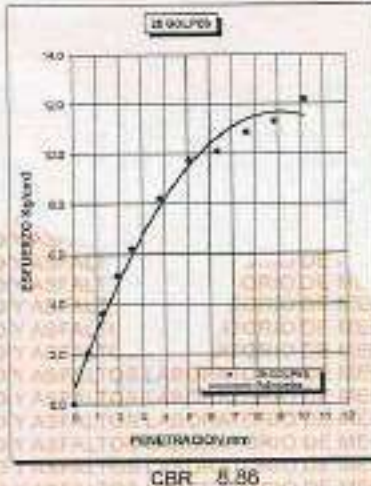
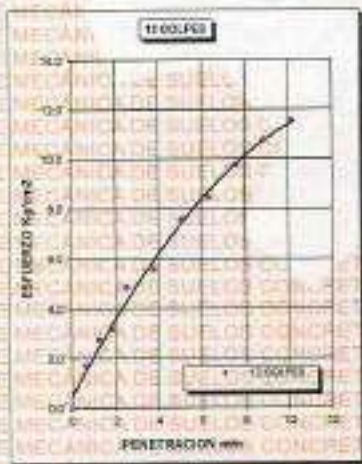
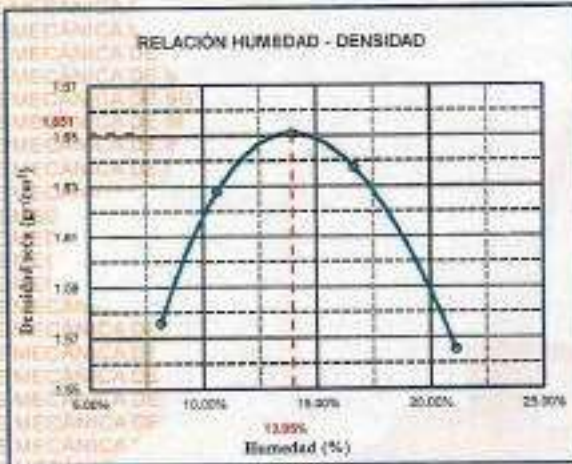
BIE: B006-00301896



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 DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	
SOLICITADO	Ench. JHON ADERIO QUECARA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.651
UBICACION	AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI	HUMEDAD OPTIMA (%)	13.95%
LUGAR	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	12.96
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CENIZA DE TOTORA 10%	CBR AL 95 DE M.D.S. (%)	7.50
FECHA	12 DE ABRIL DEL 2024	CLASIFICACION :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	6 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Ing. *[Firma]*
M.Sc.A.
CIV 102257

BIE - 8006-00301896



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

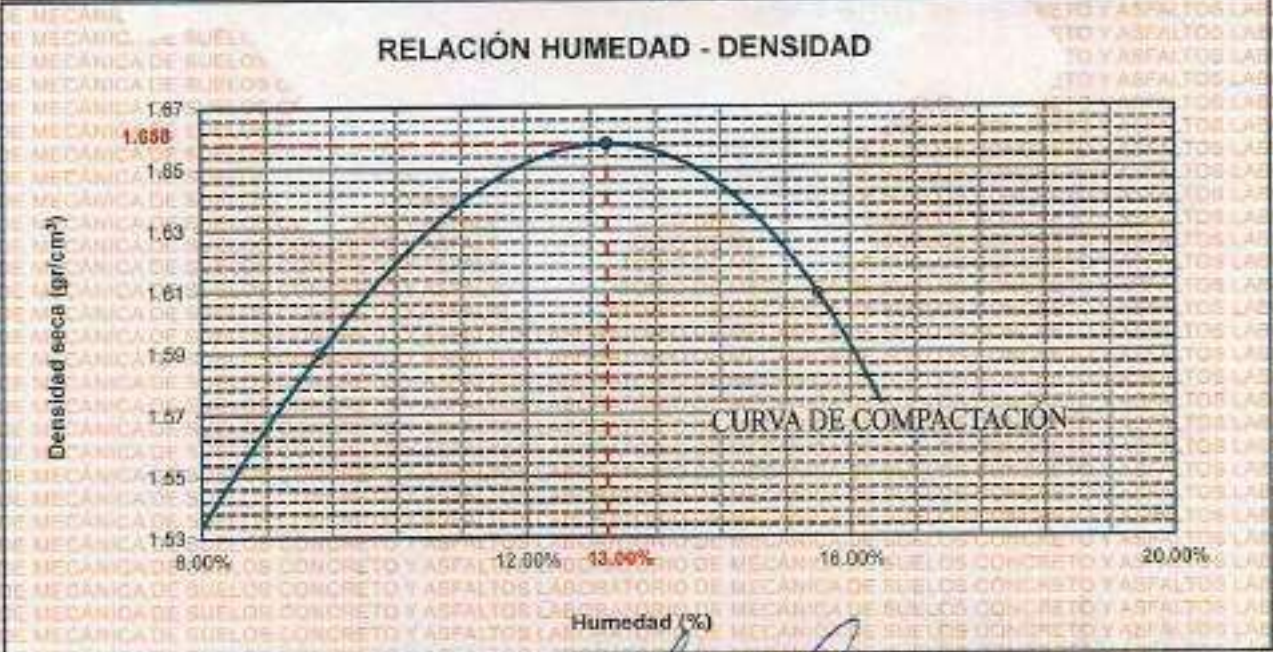
TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI
SOLICITANTE	: Bsch. JHON ADERIO QUECARA CHAMBI
UBICACIÓN	: AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI
LUGAR	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA	: CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CENIZA DE TOTORA 15%
FECHA	: 15 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	5858	5891	5779	5681
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	1707	1740	1628	1530
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	1.825	1.860	1.740	1.638

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	295.84	266.44	200.55	203.20	164.22	168.95	199.56	189.25
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	247.71	232.11	175.29	179.05	161.75	154.27	167.02	177.95
Peso del Agua	gr.	47.63	34.33	24.26	24.23	12.47	12.69	12.54	11.30
Peso de la Capsula	gr.	19.07	24.43	19.75	24.79	21.61	18.12	22.80	22.11
Peso del Suelo Seco	gr.	228.54	207.68	155.54	154.27	130.14	136.15	144.33	155.24
% de Humedad	%	15.46%	16.53%	15.50%	15.71%	9.58%	9.32%	7.03%	7.28%
Promedio de Humedad	%	16.49%		15.60%		9.45%		7.68%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.566		1.609		1.590		1.518	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.658 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 13.00%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 Jhon Aderio Quecará Chambi
 CIP: 193257

BIE : 8006-00301896



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE GENIZA DE TÓTORA Y GENIZA DE CAFE SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI
SOLICITANTE	Bach. JHONADERIO GUECARRA GUAMBI
UBICACIÓN	AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI
LUGAR	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + GENIZA DE TÓTORA 15%
FECHA	15 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE N°		II		II		II
N° DE CAPAS		5		5		5
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25		56
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

Peso Suelo-Humedo + Molde	gr.	10322	11305	10975	11790	10482	11018
Peso del Molde	gr.	5790	6795	7295	7295	6612	6512
Peso del Suelo-Humedo	gr.	4524	4507	3679	4494	3870	4495
Volumen del Suelo	cc	2104.81	2104.81	2104.81	2104.81	2098.50	2098.50
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cc	1.874	2.141	1.760	2.138	1.846	2.102

Capacete No		SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Suelo-Humedo + Capacete	gr.	324.30	373.15	340.93	403.33	227.87	303.88
Peso del Suelo Seco + Capacete	gr.	201.58	310.77	218.12	341.72	211.30	330.70
Peso del Agua	gr.	122.74	162.38	122.81	61.61	16.57	73.18
Peso de la Capacete	gr.	37.41	69.92	39.94	70.11	38.99	67.47
Peso del Suelo Seco	gr.	164.17	240.85	178.18	271.61	172.31	263.23
% de Humedad	%	13.85%	24.87%	19.91%	22.68%	9.89%	20.28%
Promedio de Humedad	%	13.85%	24.87%	19.91%	22.68%	9.89%	20.28%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc	1.471	1.715	1.587	1.743	1.684	1.740

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25 a.m.	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0	0.000	0	0
19/09/2023	08:25 a.m.	24:00:00	0.146	3.708	2.95	0.102	2.501	2.05	0.078	1.981	1.57
20/09/2023	08:25 a.m.	48:00:00	0.282	5.863	4.68	0.225	5.715	4.54	0.145	3.650	2.83
21/09/2023	08:25 a.m.	72:00:00	0.313	7.950	6.32	0.287	7.280	5.79	0.160	4.054	3.23
22/09/2023	08:25 a.m.	96:00:00	0.336	8.534	6.78	0.298	7.318	5.87	0.202	5.531	4.09

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	30:30		1.25	30.44	1.67		15.82	31.43	4.79		12.65	78.62	4.67	
1.27	01:00		1.65	61.65	3.23		22.66	121.37	6.27		25.66	133.79	6.62	
1.91	01:30		19.05	194.29	9.39		35.62	138.12	7.14		34.25	178.69	9.25	
2.54	02:00	70.31	21.56	117.09	6.05	6.92	33.62	163.69	6.45	13.09	48.63	278.79	11.31	16.00
3.81	03:00		32.65	183.71	8.46		45.62	219.76	11.31		49.92	265.94	14.97	
5.08	04:00	195.30	40.50	198.37	10.15	9.84	56.32	264.18	13.66	15.01	75.02	346.09	17.89	17.01
6.36	05:00		44.65	214.93	11.30		66.62	278.18	14.38		78.95	390.47	18.12	
7.62	06:00		49.89	236.34	12.35		65.62	303.55	15.70		81.02	371.50	19.21	
8.84	07:00		54.65	257.35	13.25		66.62	320.03	16.57		86.62	388.94	20.68	
10.16	08:00		58.71	274.32	14.18		72.62	335.26	17.23		90.21	405.02	21.68	

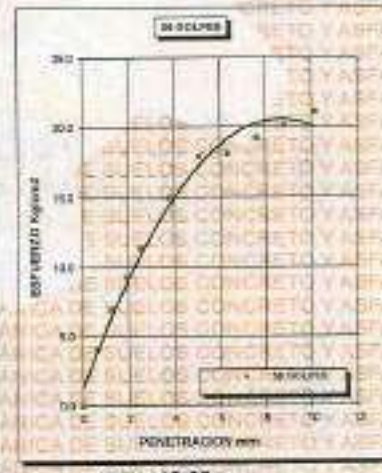
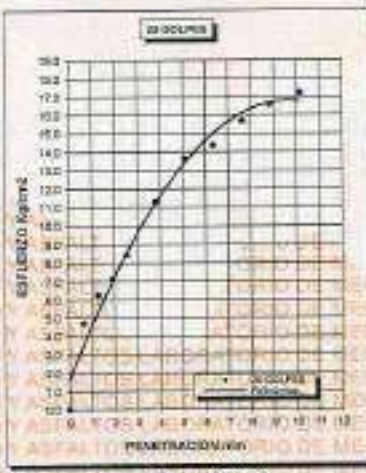
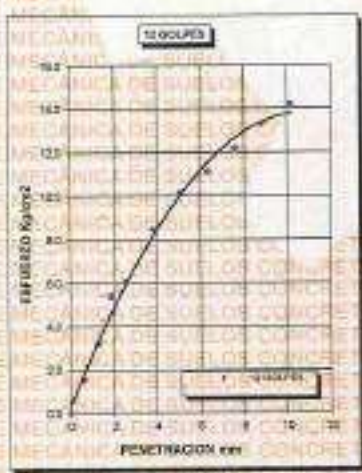
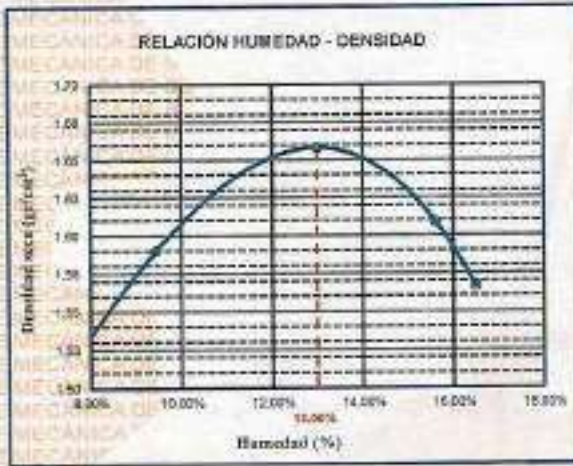
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C. A. MESTURA
Ing. Aracely Yano Torres
CIP: 1013207



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 DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBGRANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI	METODO DE COMPACTACIÓN-ASTM D1557-91	
SOLICITADO	Ing. JHON ABERIO GUECARA CHAMBI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³ .)	1.658
UBICACIÓN	AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI	HUMEDAD OPTIMA (%)	13.00%
LUGAR :	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	16.08
MUESTRA	CALIGATA 1 - MUESTRA 1+ CENIZA DE TOTORA 10%	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	12.75
FECHA	15 DE ABRIL DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



INGENIERO CIVIL
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Ing. Jhon Aberio Guecará Chambi
C.P. 103257

B/E: B006-00301896



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 27-09-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JHON ADERIO QUECARA CHAMBI

Dirección: PARCIALIDAD JASANA

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 78887757

Teléfono: 963 775 355 email: jhonaderioquecarac1998.2@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: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CÁSCARA

DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA

TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI

Palabras claves, (3 a 5 términos): CENIZA DE TOTORA, CENIZA DE CAFÉ, SUBRASANTE, ÍNDICE DE PLASTICIDAD, GRADO DE COMPACTACIÓN Y CAPACIDAD DE SOPORTE

¿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

27-09-2024

Fecha