

INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA

por JHAN CARLOS APAZA PAYE

Fecha de entrega: 18-sep-2024 07:03a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2457826747

Nombre del archivo: T036_70150891_T.docx (33.01M)

Total de palabras: 21751

Total de caracteres: 106567

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



3
INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE
ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS
PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE
DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE

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

**INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE
ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS
PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE
DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO


PRIMER MIEMBRO

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO

:


Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

:


Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 833-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 16 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 10775 presentado por el (la) Bachiller: JHAN CARLOS APAZA PAYE 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. JHAN CARLOS APAZA PAYE, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

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

ARTÍCULO TERCERO.- APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: JHAN CARLOS APAZA PAYE; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 22 de agosto del 2024
- * **HORA** : 12:00 a.m.
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
MILTON QUISEPÉHUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
DIRECCIÓN
Dr. Eirain Yara Ma Sosa
CIP. 47790
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
intercambio (s)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 557-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 03 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 7661 por el o (la) Bachiller: JHAN CARLOS APAZA PAYE quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 599 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 117 - 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: JHAN CARLOS APAZA PAYE, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA**, 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° 117 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA**, 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: JHAN CARLOS APAZA PAYE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Efraín Pantoja Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (s)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 317-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 22 de mayo del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 5235, presentado el o (la) Bachiller JHAN CARLOS APAZA PAYE solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 359 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 121 -2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el o (la) Bachiller: JHAN CARLOS APAZA PAYE ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA**, 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° 121 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: JHAN CARLOS APAZA PAYE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. MILTHON QUISEP HUANCA
DECANO
CIP. 47790




Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)

Metadatos Complementarios



| Título de la tesis | |
|---|---|
| INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA | |
| Datos de autor | |
| Nombres y apellidos | Jhan Carlos Apaza Paye |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 70150891 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0009-0001-6718-5818 |
| Datos de asesor | |
| Nombres y apellidos | Franz Joseph Barahona Perales |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 02442876 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0000-0001-8509-7224 |
| Datos del jurado | |
| Presidente del jurado | |
| Nombres y apellidos | Leonel Suasaca Pelinco |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 40865558 |
| Miembro del jurado 1 | |
| Nombres y apellidos | Arnaldo Yana Torres |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 41414676 |
| Miembro del jurado 2 | |
| Nombres y apellidos | Fritz Willy Mamani Apaza |

| | |
|--|---|
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 02306659 |
| Datos de investigación | |
| Línea de investigación | Tecnología de la Construcción - P17 |
| Grupo de investigación | No aplica. |
| Agencia de financiamiento | Sin financiamiento |
| Ubicación geográfica de la investigación | <p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Azángaro Distrito: Caminaca Latitud: S 15° 19' 27" Longitud: O 70° 04' 22"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/suKWdcWeiNxus66s9</p> |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación | Mayo 2024 - Agosto 2024 |
| URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería | Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03 Ingeniería estructural y municipal https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.04 |



Dr. Efraín Pirillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JHAN CARLOS APAZA PAYE, identificado con DNI Nro. 70150891, 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:

INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA

Asesorado por: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 06 de setiembre del 2024

Firma del Asesor (obligatoria)

Firma del Estudiante (obligatoria)



Huella

DEDICATORIA

A mis padres, que siempre han creído en mí y me han demostrado su devoción inquebrantable. Por su apoyo inquebrantable y su entrega desinteresada, que han sido esenciales para mis logros

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por darme el valor para seguir adelante en mi trabajo y por su guía y apoyo.

4 ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|-------------------------|------|
| DEDICATORIA..... | 1 |
| AGRADECIMIENTO..... | 2 |
| ÍNDICE GENERAL | 3 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 7 |
| ÍNDICE DE FIGURAS | 9 |
| RESUMEN | 11 |
| ABSTRACT | 12 |
| INTRODUCCIÓN | 13 |

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

| | |
|--|----|
| 1.1. Análisis de la Situación Problemática | 15 |
| 1.2. Planteamiento del Problema..... | 17 |
| 1.2.1. Problema General | 17 |
| 1.2.2. Problemas Específicos | 17 |
| 1.3. Objetivos de la Investigación..... | 17 |
| 1.3.1. Objetivo General | 17 |
| 1.3.2. Objetivos Específicos..... | 18 |
| 1.4. Justificación de la Investigación..... | 18 |
| 1.4.1. Justificación Técnica | 18 |
| 1.4.2. Justificación ambiental..... | 18 |
| 1.4.3. Justificación Económica | 19 |
| 1.4.4. Justificación Social | 19 |
| 1.5. Hipótesis de la Investigación | 19 |
| 1.5.1. Hipótesis General | 19 |
| 1.5.2. Hipótesis Específicas | 20 |
| 1.6. Variables e Indicadores | 20 |
| 1.6.1. Variable Independiente..... | 20 |
| 1.6.2. Variable Dependiente | 20 |
| 1.6.3. Operacionalización de Variables..... | 22 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

| | |
|---|----|
| 2.1. Antecedentes de la Investigación | 23 |
| 2.1.1. Antecedentes Internacionales | 23 |
| 2.1.2. Antecedentes Nacionales..... | 25 |
| 2.1.3. Antecedentes Regionales | 27 |
| 2.2. Marco Teórico | 28 |
| 2.2.1. Pavimentos | 28 |
| 2.2.2. Propiedades de un Suelo..... | 31 |
| 2.2.3. Estabilización de Suelos..... | 38 |
| 2.2.4. Ichu | 41 |
| 2.2.5. Lenteja de agua | 42 |
| 2.3. Marco Conceptual | 43 |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

| | |
|---|----|
| 3.1. Tipo de la Investigación | 46 |
| 3.1.1. Enfoque de la Investigación..... | 47 |
| 3.1.2. Nivel de la Investigación..... | 47 |
| 3.1.3. Diseño de la Investigación | 48 |
| 3.1.4. Método de la Investigación | 49 |
| 3.2. Técnicas e Instrumentos | 49 |
| 3.2.1. Técnicas..... | 49 |
| 3.2.2. Instrumentos..... | 50 |
| 3.3. Población y Muestra..... | 51 |
| 3.3.1. Población | 51 |
| 3.3.2. Muestra | 52 |
| 3.4. Validación y Confiabilidad de los Instrumentos | 53 |
| 3.4.1. Validación de los Instrumentos | 53 |
| 3.4.2. Confiabilidad de los Instrumentos | 54 |
| 3.5. Procedimientos de Recolección de Datos..... | 55 |
| 3.5.1. Zona de estudio | 55 |
| 3.5.2. Selección de Calicatas | 56 |
| 3.5.3. Toma de Muestras de Material..... | 57 |
| 3.5.4. Ensayos de Laboratorio..... | 57 |

| | | |
|------|---|----|
| 3.6. | Procesamiento y Análisis de la Información..... | 66 |
| 3.7. | Matriz de Consistencia | 66 |

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | | |
|--------|---|----|
| 4.1. | Propiedades Físicas y Mecánicas de la Subrasante | 67 |
| 4.1.1. | Humedad Presente | 67 |
| 4.1.2. | Análisis Granulométrico..... | 68 |
| 4.1.3. | Índice de Plasticidad..... | 71 |
| 4.1.4. | Grado de Compactación..... | 71 |
| 4.1.5. | Capacidad de Soporte CBR..... | 74 |
| 4.2. | Efecto de la CI y CLA en el Índice de Plástico..... | 76 |
| 4.2.1. | Índice plástico de SN + 4% de CI | 76 |
| 4.2.2. | Índice de Plasticidad de SN + 6% de CI | 77 |
| 4.2.3. | Índice de Plasticidad de SN + 8% de CI | 78 |
| 4.2.4. | Comparativos de los resultados adquiridos del IP | 79 |
| 4.2.5. | IP de SN + 4% de CLA | 80 |
| 4.2.6. | IP de SN + 6% de CLA | 81 |
| 4.2.7. | Índice de Plasticidad de SN + 8% de CLA | 82 |
| 4.2.8. | Comparación de los Resultados Obtenidos del IP | 83 |
| 4.3. | Efecto de la Ceniza de ichu en el Nivel de Compactación | 84 |
| 4.3.1. | Nivel de Compactación de SN + 4% de CI..... | 84 |
| 4.3.2. | Grado de Compactación de SN + 6% de CI | 85 |
| 4.3.3. | Nivel de Compactación de SN + 8% de CI..... | 86 |
| 4.3.4. | Comparativos de los Resultados Adquiridos de la MDS..... | 87 |
| 4.3.5. | Nivel de Compactación de SN + 4% de CLA | 88 |
| 4.3.6. | Grado de Compactación de SN + 6% de CLA..... | 89 |
| 4.3.7. | Grado de Compactación de SN + 8% de CLA..... | 90 |
| 4.3.8. | Comparativo de los Resultados Adquiridos de la MDS..... | 91 |
| 4.4. | Influencia de CI y CLA en la Capacidad de Soporte CBR | 92 |
| 4.4.1. | CBR de SN + 4% de CI | 92 |
| 4.4.2. | CBR de SN + 6% de CI | 93 |
| 4.4.3. | CBR de SN + 8% de CI | 94 |
| 4.4.4. | Comparación de los Resultados adquiridos de la MDS | 95 |
| 4.4.5. | CBR de SN + 4% de CLA | 96 |

| | | |
|---------|---|------------|
| 4.4.6. | CBR de SN + 6% de CLA | 97 |
| 4.4.7. | CBR de SN + 8% de CLA | 98 |
| 4.4.8. | Comparativos de los Resultados Adquiridos de la MDS..... | 99 |
| 4.4.9. | Comparación General de las propiedades estudiadas con la inclusión de CI 100 | |
| 4.4.10. | Comparación General de las propiedades estudiadas con la adición de CLA 101 | |
| 1 | 4.5. Discusión de Resultados | 102 |
| | CONCLUSIONES | 173 |
| | RECOMENDACIONES | 174 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 175 |
| | ANEXO | 179 |

1 INDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Operacionalización de las variables | 22 |
| Tabla 2 Clasificación de suelos según SUCS | 32 |
| Tabla 3 Categorización del suelo según SUCS y AASHTO | 33 |
| Tabla 4 Intervalos de plástico según SUCS y AASHTO | 37 |
| Tabla 5 Clasificación de subrasante según su valor de CBR | 38 |
| Tabla 6 Número de muestras analizadas..... | 53 |
| Tabla 7 Zona de calicatas realizadas | 56 |
| Tabla 8 Humedad actual de las muestras de las calicatas | 68 |
| Tabla 9 Prueba de granulometría..... | 68 |
| Tabla 10 Prueba del IP..... | 71 |
| Tabla 11 Nivel de compactación del suelo en cada calicata | 71 |
| Tabla 12 Capacidad de soporte CBR..... | 74 |
| Tabla 13 IP del suelo + 4% de CI..... | 76 |
| Tabla 14 IP del suelo + 6% de CI..... | 77 |
| Tabla 15 IP del Suelo + 8% de CI | 78 |
| Tabla 16 IP con la inclusión de CI..... | 79 |
| Tabla 17 IP de Suelo + 4% de CLA | 80 |
| Tabla 18 IP del Suelo + 6% de CLA..... | 81 |
| Tabla 19 IP del Suelo + 8% de CLA..... | 82 |
| Tabla 20 IP con la inclusión de CLA | 83 |
| Tabla 21 Nivel de compactación del suelo + 4% de CI..... | 84 |
| Tabla 22 Nivel de compactación de combinar SN + 6% de CI..... | 85 |
| Tabla 23 Nivel de compactación del suelo + 8% de CI..... | 86 |
| Tabla 24 Nivel de Compactación con la inclusión de CI | 87 |
| Tabla 25 Nivel de compactación de combinar SN + 4% de CLA | 88 |
| Tabla 26 Grados de compactación de SN + 6% de CLA..... | 89 |

| | |
|---|-----|
| Tabla 27 Nivel de compactación de combinar SN + 8% de CLA | 90 |
| Tabla 28 Variabilidad del nivel de compactación con la inclusión de CLA..... | 91 |
| Tabla 29 CBR de SN + 4% de CI | 92 |
| Tabla 30 CBR de SN + 6% de CI | 93 |
| Tabla 31 CBR de SN + 8% de CI | 94 |
| Tabla 32 Variabilidad del CBR con inclusión de CI..... | 95 |
| Tabla 33 CBR de SN + 4% de CLA | 96 |
| Tabla 34 CBR de SN + 6% de CLA | 97 |
| Tabla 35 CBR de SN + 8% de CLA | 98 |
| Tabla 36 Variabilidad del CBR con la inclusión de CLA..... | 99 |
| Tabla 37 Resultados Generales del suelo con CI | 100 |
| Tabla 38 Resultados Generales del suelo con CLA..... | 101 |

1 INDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 Estructura de pavimentos flexibles | 30 |
| Figura 2 Conjunto de tamices para el análisis granulométrico | 36 |
| Figura 3 Planta de ichu | 41 |
| Figura 4 Ceniza de la Planta de Ichu (Stipa) | 42 |
| Figura 5 Lenteja de agua en el lago | 43 |
| Figura 6 Zona de estudio | 55 |
| Figura 7 Zonas longitudinales de calicatas | 56 |
| Figura 8 Prueba del límite plástico utilizando una muestra y una superficie lisa | 59 |
| Figura 9 Prueba del Límite Líquido | 60 |
| Figura 10 Medición del peso de las muestras antes de su secado en horno | 61 |
| Figura 11 Prueba de granulometría en materiales de la subrasante | 62 |
| Figura 12 Prueba de CBR en el material de la subrasante | 65 |
| Figura 13 Calicata 01 | 69 |
| Figura 14 Calicata 02 | 69 |
| Figura 15 Calicata 03 | 70 |
| Figura 16 Calicata 04 | 70 |
| Figura 17 Prueba de grado de compactación C-1 | 72 |
| Figura 18 Prueba de grado de compactación C-2 | 72 |
| Figura 19 Prueba de grado de compactación C-3 | 73 |
| Figura 20 Prueba de grado de compactación C-4 | 73 |
| Figura 21 Capacidad de Soporte (CBR), C-1 | 74 |
| Figura 22 Capacidad de Soporte (CBR), C-2 | 75 |
| Figura 23 Capacidad de Soporte (CBR), C-3 | 75 |
| Figura 24 Capacidad de Soporte (CBR), C-4 | 76 |
| Figura 25 IP del suelo + 4% de CI | 77 |

| | |
|--|-----|
| | 10 |
| Figura 26 IP del Suelo + 6% de CI | 78 |
| Figura 27 IP del Suelo + 8% de CI | 79 |
| Figura 28 Comparativo del IP con la inclusión de CI | 80 |
| Figura 29 IP del Suelo + 4% de CLA | 81 |
| Figura 30 Índice plástico de SN + 6% de CLA | 82 |
| Figura 31 IP del Suelo + 8% de CLA | 83 |
| Figura 32 Variación del Índice Plástico | 84 |
| Figura 33 Nivel de compactación del suelo + 4% de CI | 85 |
| Figura 34 Nivel de compactación del suelo + 6% de CI | 86 |
| Figura 35 Grado de compactación del suelo + 7.5% de CI | 87 |
| Figura 36 Comparativo del nivel de compactación | 88 |
| Figura 37 Grados de compactación del suelo + 4% de CLA | 89 |
| Figura 38 Nivel de compactación de SN + 6% de CLA | 90 |
| Figura 39 Nivel de compactación de SN + 8% de CLA | 91 |
| Figura 40 Variabilidad del nivel de compactación | 92 |
| Figura 41 CBR de SN + 4% de CI | 93 |
| Figura 42 CBR de suelo natural + 6% de CI | 94 |
| Figura 43 CBR de SN + 8% de CI | 95 |
| Figura 44 Variación del CBR | 96 |
| Figura 45 CBR de SN + 4% de CLA | 97 |
| Figura 46 CBR de suelo natural + 6% de CLA | 98 |
| Figura 47 CBR de SN + 8% de CLA | 99 |
| Figura 48 ¹ Variación del CBR | 100 |
| Figura 49 Variación general de resultados según la propiedad estudiada | 101 |
| Figura 50 ¹ Variación general de resultados según la propiedad estudiada | 102 |

RESUMEN

El estudio que se presenta bajo el título "Influencia De La Incorporación De Ceniza De Ichu Y Ceniza De Ichu Y Ceniza De Lenteja De Agua Sobre Las Propiedades De La Capa De Subrasante De La Carretera Caminaca - Arapa", tiene la finalidad de Analizar la influencia de la incorporación de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua sobre las propiedades de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa. La metodología utilizada en este estudio se caracteriza por ser de tipo aplicativo, con un enfoque cuantitativo, un nivel explicativo, un diseño experimental, y siguiendo el método científico, con un total de 66 muestras empleadas para llevar a cabo los ensayos de las propiedades del suelo. Los resultados evidenciaron un nivel de plasticidad promedio de 15.70% en las cuatro calicatas, con una máxima densidad seca de 1.755 gr/cc y un OCH del 8.40%. La capacidad de soporte CBR promedio fue de 4.49% al 95% de la MDS. Al agregar ceniza de ichu en cantidades del 4%, 6% y 8%, se observó una reducción en el IP del 1%, 8% y 3% respectivamente. Por otro lado, la adición de CLA resultó en una reducción del índice plástico del 0%, 6% y 16%. Asimismo, se registraron mayores máximas densidades secas con la adición de ceniza de ichu, con incrementos del 10%, 14% y 16%, mientras que con CLA se registraron incrementos del 11%, 15% y 19%. En cuanto a las capacidades de soporte CBR, se registraron incrementos de hasta 32%, 148% y 185% con la adición de ceniza de ichu, y de hasta 37%, 157% y 204% con CLA al 95% de la MDS. Se concluye que con la inclusión de un 8% de ceniza de lenteja al suelo natural tiende a producir resultados más beneficiosos en sus propiedades

Palabras Clave: Ceniza de ichu, Ceniza de lenteja de agua, Subrasante, Índice de Plasticidad, Grado de Compactación y Capacidad de Soporte CBR.

ABSTRACT

The study presented under the title "Influence of the Incorporation of Ichu Ash and Ichu Ash and Duckweed Ash on the Properties of the Subgrade Layer of the Caminaca - Arapa Highway" aims to analyze the influence of the incorporation of ichu ash and duckweed ash on the properties of the subgrade layer of the Caminaca - Arapa highway. The methodology used in this study is characterized by being of an applicative type, with a quantitative approach, an explanatory level, an experimental design, and following the scientific method, with a total of 66 samples used to carry out the tests of the soil properties. The results showed an average plasticity level of 15.70% in the four test pits, with a maximum dry density of 1.755 gr/cc and an OCH of 8.40%. The average CBR support capacity was 4.49% at 95% of the MDS. By adding ichu ash in quantities of 4%, 6% and 8%, a reduction in the IP of 1%, 8% and 3% respectively was observed. On the other hand, the addition of CLA resulted in a reduction of the plastic index of 0%, 6% and 16%. Likewise, higher maximum dry densities were recorded with the addition of ichu ash, with increases of 10%, 14% and 16%, while with CLA increases of 11%, 15% and 19% were recorded. Regarding the CBR support capacities, increases of up to 32%, 148% and 185% were recorded with the addition of ichu ash, and up to 37%, 157% and 204% with CLA at 95% of the MDS. It is concluded that the inclusion of 8% of lentil ash to natural soil tends to produce more beneficial results in its properties.

Key words: ichu ash, duckweed ash, subgrade, plasticity index, degree of compaction and CBR bearing capacity.

INTRODUCCIÓN

La investigación actual titulada "Influencia de la incorporación de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua sobre las propiedades de la capa de subrasante de la carretera Caminaca - Arapa", se lleva a cabo debido a los constantes problemas en las infraestructuras viales ocasionados por la incapacidad del suelo subyacente para soportar la carga. Es necesario adquirir conocimientos especializados para mejorar la calidad de suelos inapropiados. La vía en cuestión se encuentra sobre un terreno inestable e inadecuado.

Este estudio se enfoca en explorar el uso de materiales de desecho que presentan propiedades beneficiosas para la estabilización del suelo. El material analizado en el estudio vial tiene características adicionales que pueden ser mejoradas, por lo tanto, el análisis de las propiedades del suelo anteriormente y posteriormente de la aplicación de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua proporciona información invaluable y permite determinar los porcentajes ideales. Los objetivos de esta investigación incluyen analizar las características de los suelos existentes, explorar sus cualidades y determinar las proporciones óptimas de CI y CLA a ser añadidas.

El capítulo I, Los objetivos, las razones, las hipótesis, el establecimiento de variables, la dimensión y el indicador del estudio se ven complicados por las circunstancias agravantes que motivaron la iniciativa de elegirlo.

El capítulo II, Además de mencionar los fundamentos teóricos más significativos para una comprensión más profunda del tema desarrollado y la conceptualización de las palabras empleadas en este estudio, éste se guía por los antecedentes y hace referencia a los resultados adquiridos para su posterior comparación.

El capítulo III, La metodología del estudio examinó los medios y técnicas utilizados en cada procedimiento de recogida y análisis de datos.

El capítulo IV amplía los estudios de casos y proporciona tablas y figuras que resumen las conclusiones extraídas del análisis de los datos mencionados.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la Situación Problemática

Durante siglos, se han usado diferentes sustancias naturales, como la cal y las puzolanas, para fortalecer los suelos. A medida que las ciudades crecían y el transporte se volvía más importante, se comenzó a prestar más atención al diseño y construcción de pavimentos, descuidando la investigación sobre la estabilidad del suelo. Sin embargo, tras las guerras mundiales, la necesidad de construir carretera urgente provocó un resurgimiento en la utilización de estabilizantes de suelos debido a la escasez de materiales adecuados para pavimentar. (Ramirez E. R., 2022).

En Perú, se ha estudiado el uso de diversos ¹ materiales, como ceniza de ichu, cal, ceniza de cascarilla de arroz y ceniza de lenteja de agua, con el objetivo de mejorar la estabilización de las subrasantes. La investigación ha demostrado que estos compuestos pueden mejorar las cualidades mecánicas del suelo. Por ejemplo, en comparación con el suelo original, LL, LP e IP se vieron algo alterados cuando se combinaron un 5% de ceniza de ichu y un 5% ³ de ceniza de lenteja de agua. Dado que la estabilización de la subrasante mejora las propiedades técnicas del suelo y su

capacidad portante, es un componente crucial de la construcción de carreteras de asfalto. (Garcia, 2022).

La estabilización de subrasantes en la zona peruana de Puno ha sido objeto de numerosas investigaciones. Este procedimiento se llevó a cabo, por ejemplo, en la carretera de Puno que conduce al ³ Lago Sagrado utilizando ceniza de quinua y cal. Se descubrió que ³ la cal y la ceniza de ichu mejoraban las características mecánicas del suelo, provocando una reducción del contenido ² de humedad ideal y un aumento del coeficiente portante CBR. El índice de flexibilidad disminuyó y la densidad seca aumentó en otro estudio que analizó cómo la ceniza de ichu estabilizaba los suelos arcillosos. Estos hallazgos indican que la estabilización de la subrasante en Puno ha sido abordada con diversos materiales, adquiriendo resultados óptimos en la mejora de las características del suelo. (Castillo, 2020).

En Puno, se observa un crecimiento en la construcción y mantenimiento de carreteras, sin embargo, se han detectado problemas en los parámetros físicos del suelo que requieren el uso de estabilizadores. Por ello, se están investigando diversas técnicas para mejorar la capacidad de carga del suelo. Cabe destacar que Puno es el principal productor de caña de azúcar en el país, con el 56.5% de la producción nacional, por lo que se está considerando el ² uso de caña de azúcar y ceniza de lenteja de agua como materiales ecológicos beneficiosos. Este estudio sugiere utilizar ceniza de lenteja de agua y ⁹ ceniza de ichu como estabilizadores para mejorar el suelo de la subrasante de la ruta Caminaca - Arapa., con el objetivo de analizar la incidencia sobre en las propiedades de la subrasante.

⁵ 1.2. Planteamiento del Problema

1.2.1. Problema General

¿De qué manera influye la incorporación de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua sobre las propiedades de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa?

¹ 1.2.2. Problemas Específicos

- a. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa?
- ¹ b. ¿Cuál es el efecto de la aplicación de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables sobre el índice de plasticidad del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa?
- ¹¹ c. ¿Cuál es la influencia de la adición de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables sobre el grado de compactación del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa?
- ² d. ¿Cuál es el impacto del empleo de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables sobre el CBR del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa?

¹ 1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Analizar la influencia de la incorporación de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua sobre las propiedades de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.

1.3.2. Objetivos Específicos

- a. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.
- b. Determinar el efecto de la aplicación de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables sobre el índice de plasticidad del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.
- c. Determinar la influencia de la adición de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables sobre el grado de compactación del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.
- d. Determinar el impacto del empleo de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables sobre el CBR del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.

1.4. Justificación de la Investigación

Para fortalecer los suelos de subrasante pobres y aumentar su estabilidad, en este estudio se utilizarán ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua. El objetivo es mejorar las características de los materiales utilizados para la subrasante de la carretera estudiada.

1.4.1. Justificación Técnica

El estudio previsto contribuirá al desarrollo de nuevas tecnologías de estabilización de suelos que harán más sostenible la conformación de carreteras. Las cenizas de ichu y lenteja de agua pueden añadirse a los materiales naturales del suelo para mejorar sus propiedades.

1.4.2. Justificación ambiental

La creciente contaminación ambiental en el mundo, que también es notable a nivel local, es el fundamento del estudio sugerido. Las actividades de reciclaje y/o

reutilización son cruciales, y sirven de base para poner en marcha esta propuesta de investigación, ya que ayudarán a reducir la cantidad de CI y CLA utilizada en las composiciones del suelo de la subrasante que necesita la ciudad antes de que pueda comenzar la construcción.

1.4.3. Justificación Económica

En el ámbito económico, la meta es reducir los costos vinculados a la estabilización de los suelos naturales, con el fin de prevenir la utilización de métodos más caros como el enrocado o el empleo de geomallas. Nuestra finalidad es eliminar los gastos ¹ de mantenimiento una vez que la carretera se haya convertido en un pavimento flexible, por lo que intentamos reducir los costes asociados a la estabilización de la carretera investigada mediante este análisis.

1.4.4. Justificación Social

A través del uso sustentable y ecológicamente amigable de la CI y la CLA en los suelos de subrasante de vías urbanas y sitios de acceso de población, el estudio busca mejorar la calidad de vida de los locales. También fomenta el reciclaje y ayuda a la economía del sector social. Por último, los materiales se utilizan para mejorar y/o conformar las vías públicas.

¹**1.5. Hipótesis de la Investigación**

1.5.1. Hipótesis General

La influencia de la incorporación ³ de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua mejorará las propiedades de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.

1.5.2. Hipótesis Específicas

- a. Las propiedades físicas y mecánicas de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa, resultarán materiales inestables de baja resistencia.
- b. El efecto de la aplicación de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables disminuirá el índice de plasticidad del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.
- c. La influencia de la adición de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables mejorará el grado de compactación del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.
- d. El impacto del empleo de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables incrementará el CBR del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.

1.6. Variables e Indicadores

1.6.1. Variable Independiente

Ceniza de ichu y Ceniza de lenteja de agua.

Dimensiones

- ✓ Inclusión de 4% de ceniza de ichu
- ✓ Inclusión de 6% de ceniza de ichu.
- ✓ Inclusión de 8% de ceniza de ichu.
- ✓ Inclusión de 4% de ceniza de lenteja de agua.
- ✓ Inclusión de 6% de ceniza de lenteja de agua.
- ✓ Inclusión de 8% de ceniza de lenteja de agua.

1.6.2. Variable Dependiente

Propiedades del material de la capa de subrasante

Dimensiones

- Índice de Plasticidad (IP)

- Grado de Compactación (MDS y OCH)
- (CBR) Capacidad de soporte

5 1.6.3. Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de las variables

| Variable | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | INSTRUMENTO DE MEDICIÓN |
|--|--|---|---|----------------------------------|---|
| <p>Variable Independiente</p> <p>Ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua</p> | <p>El material que nos ocupa suele denominarse solución acuosa. Esta sustancia estabilizadora no se caracteriza por ninguna propiedad en particular, de ahí que pueda encontrarse en diversos estados físicos. Además, como es fácil de manipular y tiene una densidad de 2,40 gramos por centímetro cúbico, es una buena opción porque plantea menos riesgos. Gonzales (2021)</p> | <p>Las cenizas de Ichungu y de lenteja de agua se utilizan según sus dosis y/o niveles de incorporación; en este estudio, se integraron en un 4%, 6% y 8% del total.</p> | <p>Concreto con la adición del 4%, 6% y 8% de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua.</p> | <p>Combinación de materiales</p> | <p>Bandejas y herramientas de laboratorio</p> |
| <p>Variable Dependiente</p> <p>Propiedades del Suelo de Subrasante</p> | <p>La capa más baja de una carretera proyectada se denomina subrasante y está compuesta por arcilla, arena y otros materiales. En esta capa es donde suelen encontrarse los problemas de resistencia. Garzón et al. (2021)</p> | <p>Los índices de plasticidad, los niveles de compactación y la capacidad portante son algunas de las características que definen el suelo de la subrasante y su calidad.</p> | <p>Índice de plasticidad</p> <p>1 Grado de compactación</p> <p>Capacidad de soporte</p> | <p>IP</p> <p>MDS</p> <p>CBR</p> | <p>Equipos y herramientas de laboratorio</p> <p>Fichas de control de calidad de laboratorio</p> |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Además, Lopez & Rivera (2019), en su estudio **denominado** “Análisis de un suelo fino mejorado con ceniza de cáscara de arroz para determinar su resistencia al corte sin drenaje.”, tienen como **finalidad**, Se trató un suelo fino con cantidades variables de ceniza de cáscara de arroz y, a continuación, se midió su resistencia al cizallamiento sin drenaje. **Metodología**, En de diseño experimental, en el que el suelo se trató con proporciones variables de ceniza de cáscara de arroz (4%, 6%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30%). Para adquirir datos y examinar el comportamiento mecánico de cada dosis, se produjeron los especímenes de prueba apropiados para ejecutar la prueba de esfuerzo no confinada como paso final. Los **resultados** indican que la inclusión de ceniza de cáscara de arroz al suelo ha mejorado sus propiedades mecánicas. Se ha comprobado que las mejores combinaciones funcionan mejor en el intervalo del 4% al 10%, y que la resistencia a la compresión no confinada del suelo ha

aumentado una media del 120 al 247% en comparación con su resistencia natural. Se **concluye** que, Se determinó la resistencia al cizallamiento no drenado de un suelo fino después de haberlo tratado con diferentes concentraciones de ceniza de cáscara de arroz. Según las estadísticas, la resistencia a la compresión simple del suelo fue de 5,21 kg/cm² tanto en la dosis del 6% como en la del 10%. 267% más, o 56 golpes,

Según Rincon & Cortes (2020), en su estudio titulado "Estudio de la resistencia CBR y a la compresión libre de un asfalto estabilizado con cal y ceniza de bagazo de caña de azúcar" tiene como fin, evaluar la rentabilidad de la adición de caña de azúcar y álcali en cantidades especificadas midiendo la compresión no confinada y la capacidad portante (CBR). **Metodología**, Este estudio se ajusta a la descripción de una tesis experimental, que es un tipo de investigación en la que se llevaron a cabo una serie de actividades técnicas, metodológicas y de investigación basadas en la manipulación de variables convenientemente controladas para ofrecer una descripción abreviada de la realidad. Los **resultados**, Cuando se agregó 12% de ceniza (S+12%C B C A) al suelo en comparación con el suelo natural, el índice CBR aumentó de 23% a 65%. Esto indica una relación entre la cantidad de ceniza derivada del bagazo de caña de azúcar y el índice. Cuando se agregó 12% de ceniza de bagazo de caña de azúcar (S+12%C B C A) al suelo en comparación con el suelo natural, el índice CBR aumentó de 23% a 65%. Esto indica una relación entre la cantidad de ceniza derivada del bagazo de caña de azúcar y el índice. Se **concluye** que, Para las mezclas con un 5% de cal y porcentajes variables de cenizas, las ecuaciones lineales obtenidas para la resistencia a la compresión no confinada a los 42 días de curado y los valores C.B.R. fueron $(y=0,1772x+1,9218)$ para la resistencia e $(y=1,7714x+65,543)$ para el C.B.R., con valores R² de 0,88 y 0,90,

respectivamente. Del coeficiente de correlación podemos deducir que la dispersión de los datos no es significativa, lo que indica que la tendencia ha sido al alza hasta este momento.

Finalmente, Rai (2021), en su investigación **titulada** "An experimental investigation of the effects of cement and fly ash on the engineering characteristics of stabilized subgrade soil", en su artículo fijaron como **objetivo**, Obtenga una comprensión de cómo el cemento y las cenizas volantes afectan la estabilización del suelo de la subrasante para que el procedimiento de estabilización sea más asequible. Con una **metodología** de diseño experimental. Los **resultados**, El IP del suelo estándar fue del 10%. Cuando se añadió una mezcla de 5% de cenizas volantes (AF) y 2% de cemento (OPC), el índice de plasticidad aumentó a 10,87%. Con la adición de un 10% de AF y un 4% de OPC, el índice de plasticidad disminuyó hasta el 9,13%. Con la adición de un 15% de AF y un 6% de OPC, el índice de plasticidad fue del 9,72%. Se registraron densidades secas máximas de 2,13 g/cm³, 2,21 g/cm³, 2,28 g/cm³, 2,37 g/cm³ y 2,41 g/cm³ para cada una de estas combinaciones, respectivamente. En conjunto, estas combinaciones presentaron valores de CBR de 2,9%, 4,6%, 6,67%, 8,23% y 10,12%. **Concluyendo** que, El valor CBR del suelo aumenta con el incremento de las adiciones de cemento y cenizas volantes. El suelo sin tratar tenía un valor CBR de sólo el 2,9%; sin embargo, una vez añadidos cemento y cenizas volantes, el valor CBR aumentó hasta el 10,12%.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Según Delgado & Mormontoy (2021), en su investigación **titulada** "Estabilización De Suelos Arcillosos Con Adición De Ceniza De Mazorca De Maíz Y Cal", cuyo **objetivo** fue, para averiguar cómo afecta a la estabilización del suelo

la inclusión de cal y ceniza de mazorca de maíz. Consiguió un CBR del 12,84% -un 30% superior al estado inicial del suelo- en su experimento perfecto añadiendo un 3% de MMC y un 5% de cal. La Metodología de investigación, Se tuvo en cuenta el diseño experimental, el nivel descriptivo correlacional y la metodología cuantitativa. En este estudio se examinarán las propiedades físico-mecánicas de los siguientes tipos de suelo: SN, SN + 5% de cal, SN + 5% de cal + 1% de MMC, SN + 5% de cal + 2% de MMC y SN + 5% de cal + 3% de MMC. Las cualidades físico-mecánicas mejoraron de manera constante con la adición de ceniza de mazorca de maíz, como lo demostraron los resultados de 72 ensayos de laboratorio. Resultado, el suelo natural más 5% de cal más 3% de MMC, donde la densidad seca máxima se registró en 1,725 gr/cm³, y la capacidad portante CBR se registró en 12,84%, lo que triplicó el valor del CBR del SN y dio lugar a su reclasificación como subrasante buena (S3) de acuerdo con el Manual de Carreteras (2013). Se concluye que, La composición química de la ceniza de mazorca de maíz, que incluye sílice (41,40%), magnesio (29,30%), calcio (10,20%) y otros minerales que favorecen la estabilidad del suelo, es un factor que afecta estas ventajas.

Asimismo, Galvez & Santoyo (2019), realizó un estudio denominado "Estabilización De Suelos Cohesivos A Nivel De Subrasante Con Ceniza De Cáscara De Arroz, Carretera Yanuyacu Bajo – Señor Cautivo", plantea como objetivo, Examinar las consecuencias de complementar la capa de rodadura con ceniza de cáscara de arroz. La metodología, Los investigadores incluyeron cenizas de cáscara de arroz, que ayudan a estabilizar el suelo, en la fase de laboratorio. Las muestras experimentales y de control se sometieron a pruebas estandarizadas de mecánica de suelos, que incluían análisis granulométrico, límites de Atterberg, Proctor modificado y coeficiente de soporte de California (CBR), con distintas concentraciones de CCA (3%, 10% y 15%). Los resultados, Se registró una

resistividad del 3,92% al 95% de la MDS del suelo natural tras la aplicación del 3% de CCA. Menos del 7% sin CCA, el 10,93% con el 10% de CCA y el 13,77% con el 15% de CCA produjeron resistencia. Se espera que el uso de CCA como ingrediente estabilizador del suelo produzca resultados positivos.

Finalmente, Villalba (2023), en su estudio **titulado** "Adición de cenizas de ichu en el mejoramiento de la subrasante, camino vecinal Chontahuillque - Yanaccacca, Chalhuhhuacho - Apurímac 2022", Se tiene como **finalidad**, Para determinar la prevalencia de ceniza de ichu en el mejoramiento de la ruta Chontahuillque, se emplearán como métodos principales los ensayos CBR, proctor y límites atterberg. Respecto a la **metodología**: El estudio utilizó una técnica cuantitativa y una metodología de investigación aplicada, por lo que se trata de una investigación experimental. Se excavaron tres pozos utilizando combinaciones de 0%, 2%, 4% y 6% de ceniza de ichu a lo largo del camino Chontahuillque - Yanaccacca para realizar la parte experimental del estudio. obteniéndose los **resultados**, La inclusión de ceniza de ichu en una proporción del 2% aumentó el CBR del 95% del 2,09% al 5,44%, cumpliendo los requisitos de la subrasante, y redujo el índice de plasticidad del 16,04% al 8,10%, cumpliendo los requisitos del suelo relativos a los límites de atterberg. En **conclusión**, Tanto las características CBR como el IP de la subrasante mejoraron con la inclusión de ceniza de ichu.

2.1.3. Antecedentes Regionales

Según Almanza & Eros (2022), en su investigación **titulada** "La ceniza de ichu fue utilizada en el proceso de estabilización del suelo de una carretera a nivel de subrasante, según Caracoto 2022. Tiene como **fin**, averiguar cómo la ceniza de Stipa ichu afectará la estabilización en relación a los diversos parámetros establecidos por lo metodos. La **metodología**, Debido a su naturaleza aplicada, su enfoque cuantitativo, su diseño cuasi experimental y su nivel explicativo, este

método también se encuentra entre los más populares en ingeniería. Los resultados se muestran mediante análisis de laboratorio. Los **resultados**, Se registró un CBR del 95% de 5,8, 5,9 y 5,4 en los pozos de prueba de laboratorio 1, 2 y 3, continuamente. Estos pozos idénticos mostraron aumentos en los valores de CBR a 15,9, 14,2 y 13,8, respectivamente, después de aplicar un 4% de ceniza de ichu. Cuando se añadió un 10% de ceniza de ichu a los hoyos 1, 2 y 3, los valores CBR aumentaron a 8,3, 9,9 y 10,9, respectivamente, un aumento del 95%. Los valores de CBR aumentaron a 12,2, 12,6 y 13,8, consecutivamente, cuando se añadió un 7% de ceniza de ichu a las mismas fosas. En **conclusión**, El mayor efecto beneficioso sobre el CBR al 95% se produjo con una inclusión de ceniza de ichu al 4%; sin embargo, estos valores disminuyeron progresivamente con inclusiones de ceniza de ichu al 7% y al 10%.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Pavimentos

Según Santos (2022), Los pavimentos son estructuras construidas en la superficie del suelo con el propósito de proporcionar una base firme y nivelada para caminar, conducir u operar maquinaria. Están compuestos por una capa de material resistente y duradero, como concreto, asfalto, adoquines o grava, que se coloca sobre una base de suelo compactado y nivelado. Los pavimentos son fundamentales para la movilidad y la accesibilidad en áreas urbanas y rurales, ya que permiten el tránsito de vehículos y peatones de manera segura y eficiente.

2.2.1.1. Estructura de un pavimento flexible

Según Zarate (2020), Para acomodar tanto el tráfico de vehículos como el de peatones, un pavimento flexible se construye con muchas capas de materiales extendidas sobre una base de tierra. Estos pavimentos se utilizan

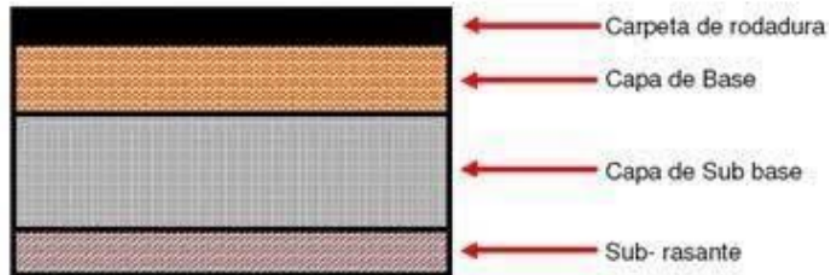
comúnmente en carreteras, calles y caminos debido a su capacidad para distribuir las cargas de manera uniforme, absorber las deformaciones del terreno y resistir los impactos del tráfico.

La construcción de un pavimento flexible consta de varias capas principales, que pueden variar en número y composición dependiendo de las condiciones del terreno y el tráfico al que estará expuesto el pavimento. (Zarate, 2020).

²⁰ La capa superior de un pavimento flexible se denomina capa de rodadura y está hecha para soportar el desgaste y la abrasión del tráfico, ³³ ya que es la zona de la carretera que está en contacto directo con los automóviles en movimiento. Por lo general, esta capa se compone de mezclas asfálticas o concreto asfáltico que se colocan y compactan en varias capas para alcanzar la resistencia y flexibilidad necesarias.

En medio de ² la capa de rodadura y capa base, se pueden añadir capas intermedias de refuerzo o drenaje, dependiendo de las condiciones del terreno y del clima. Estas capas adicionales contribuyen a mejorar la durabilidad y resistencia del pavimento flexible. (Santos, 2022).

En pocas palabras, la estructura de un pavimento flexible está pensada para repartir de forma efectiva las cargas del tráfico, resistir la deformación y prolongar la vida útil del pavimento. Este diseño es común en carreteras y autopistas con alto tráfico y necesidad de flexibilidad para soportar vehículos pesados. (Ramos, 2020).

Figura 1*Estructura de pavimentos flexibles*

La imagen que muestra la estructura de pavimentos flexibles puede interpretarse como la representación visual de un sistema de construcción de carreteras en el que se utiliza una capa de asfalto sobre una base de material flexible, como grava o concreto compactado, para crear una superficie duradera y resistente a la erosión y al tráfico vehicular.

30

2.2.1.2. Subrasante

La subrasante es la capa de terreno natural existente en un proyecto de construcción de infraestructuras, como carreteras, ferrocarriles, pistas de aterrizaje, entre otros. Es la capa de terreno sobre la cual se colocan y construyen las capas. La subrasante debe cumplir con ciertas especificaciones de compactación y resistencia para garantizar la estabilidad de la infraestructura construida sobre ella. La construcción de la subrasante generalmente implica la excavación y nivelación del terreno natural, la eliminación de materiales inadecuados, la compactación del suelo para obtener la densidad y capacidad de soporte requerida, y en algunos casos la adición de materiales. Garantizar la longevidad y el funcionamiento adecuado de las infraestructuras construidas depende de la calidad y la correcta construcción del subsuelo. Un deficiente diseño o construcción de la subrasante puede causar asentamientos, deformaciones y fallas prematuras en la infraestructura, lo que puede resultar en costosas reparaciones y mantenimientos

adicionales. Por lo tanto, es importante realizar un adecuado estudio del suelo y seguir las recomendaciones de diseño y construcción para asegurar una subrasante adecuada y duradera. (Calderon & Lopez, 2022).

Es indispensable una correcta preparación de la capa inferior para la construcción de una vía resistente y duradera. Se requiere realizar un análisis detallado del suelo para conocer sus propiedades y determinar si es preciso realizar mejoras en la subrasante, como añadir material de relleno o estabilizar el terreno. Asimismo, es crucial evitar la acumulación de agua en la subrasante, ya que la humedad puede debilitar la estructura del pavimento y provocar hundimientos. (Zarate, 2020).

El Manual de Carreteras del MTC (2019) Esta capa constituye la base del suelo que sustenta la estructura completa de un pavimento. La subrasante juega un papel fundamental en la transferencia de las cargas al pavimento y debe cumplir con ciertas características como la ausencia de materia orgánica, residuos o compuestos inestables, además de contar con una adecuada compactación. La resistencia, la relación de Poisson y la capacidad portante del suelo son sólo algunos ejemplos de las características técnicas y físicas del material que deben probarse.

1

2.2.2. Propiedades de un Suelo

2.2.2.1. Clasificación de Suelos

Según Guzman (2022), La práctica de clasificar los diversos tipos de suelo en relación de sus características físicas, químicas y biológicas se conoce como clasificación de suelos. Esta clasificación ayuda a los científicos, ingenieros y agricultores a comprender mejor la composición y calidad de los suelos, así como a determinar su idoneidad para diversos usos, como la agricultura, la construcción y la protección del medio ambiente. Los suelos se pueden clasificar en diferentes

categorías, como arcillosos, arenosos, limosos, orgánicos, entre otros, en función de su textura, estructura, contenido de materia orgánica y otros factores.

¹ 2.2.2.2. Clasificación de Suelos (SUCS)

El Sistema de Clasificación de Suelos (SUCS) caracteriza y clasifica los suelos. Utilizando diversos criterios, como la cantidad de limo, arena y arcilla presente, así como ¹⁰ el tamaño de las partículas y la plasticidad, este método divide los suelos en muchos grupos y clasificaciones. Gracias a la clasificación SUCS, los ingenieros y especialistas en geotecnia pueden comprender de manera más precisa el comportamiento del suelo y tomar decisiones fundamentadas en el diseño de estructuras y cimentaciones. (Ramirez E. R., 2022).

²⁶ La primera letra del nombre en inglés del tipo de suelo marca su comienzo, mientras que la segunda letra actúa como adjetivo calificativo. Las letras se utilizan en la categorización para ayudar a identificar el tipo de suelo.

Tabla 2

¹³ *Clasificación de suelos según SUCS*

| Tipo de suelo | Prefijo | Subgrupo | Sufijo |
|---------------|---------|--------------------------|--------|
| Gravas | G | Bien gradadas | W |
| Arenas | S | Pobrementemente gradadas | P |
| Limos | M | Limosos | M |
| Arcillas | C | Arcillosos | C |
| Orgánicos | O | LL alto (>50) | L |
| Turbas | Pt | LL bajo (<50) | H |

Se muestran el prefijo, el subgrupo y los sufijos asociados a la categorización del suelo.

Tomado de La tabla de clasificación muestra la categoría a la que pertenece cada tipo de suelo, lo cual es útil para determinar sus propiedades y su comportamiento en diferentes condiciones. Por ejemplo, los suelos clasificados como arcilla suelen tener alta

plasticidad y compresibilidad, lo cual puede afectar la estabilidad de una estructura construida sobre ellos. Garrido (2021).

2.2.2.3. Sistema de Clasificación AASHTO

Según Davila (2022), Cuando se trata de la clasificación de suelos, le ofrece cobertura desde 1929. Utilizan pruebas que incluyen el tamaño del grano, el LL, el LP y el IP. El suelo se clasifica utilizando este enfoque en siete clases primarias, de la A-1 a la A-7.

- Las partículas que atraviesan el tamiz n° 200 con menos del 35% del total se clasifican como granulares y pertenecen a las categorías A-1, A-2 y A-3.
- En caso de que más del 35% de las partículas de un material categorizado como arcilla o limo pasen a través del tamiz #200, el material entra en las categorías A-4 y A-5. A-6 y A-7

Tabla 3

Categorización del suelo ¹ según SUCS y AASHTO

| AASHTO M-145 | ASTM-D-2487 |
|--------------|------------------------|
| A-1-a | GM, SW, SP, GW, GP, SM |
| A-1-b | GM, GP, SM, SP |
| A-2 | SM, SC, GM, GC |
| A-3 | SP |
| A-4 | CL, ML |
| A-5 | ML, MH, CH |
| A-6 | CL, CH |
| A-7 | OH, MH, CH |

Basándose en las clasificaciones SUCS y AASHTO, se presenta una comparación de los tipos de suelo. Tomado de Garrido (2021).

2.2.2.4. Contenido de Humedad

Según Calderon & Lopez (2022), Es el grado en que el agua compone un material como porcentaje de su masa total. Esta evaluación es crucial en muchas situaciones diferentes, porque el contenido de humedad de un material tiene un gran impacto en sus características químicas y físicas, así como en su comportamiento en determinadas aplicaciones. Por ejemplo, en agricultura, encontrar las circunstancias ideales para el desarrollo de los cultivos son dependientes de una medida del contenido de humedad del suelo. Un suelo con demasiada humedad puede provocar la enfermedad de las plantas, mientras que un suelo demasiado seco puede impedir el crecimiento de las raíces. Por lo tanto, mantener el éxito de la agricultura depende de comprender y gestionar el ⁴³ contenido de humedad del suelo. En el sector industrial, el contenido de humedad es crucial para la producción de bienes como productos químicos, alimentos y materiales de construcción. Por ejemplo, en la industria de alimentos, el contenido de humedad de un producto puede afectar su vida útil y su sabor. La resistencia y longevidad de los materiales de construcción pueden verse afectadas por su contenido de humedad durante la construcción.

Una muestra puede secarse en un horno o medirse con un equipo especializado, entre otros métodos, para definir el CH de un material. Conocer el CH de una sustancia permite realizar ajustes, como añadir agua o secar el material para adecuarlo al uso previsto. En conclusión, el contenido de humedad es una medida vital que afecta a una mayor parte de las facetas de nuestra vida cotidiana y es necesaria para garantizar que diversos procesos y aplicaciones funcionen según lo previsto. (Calderon & Lopez, 2022).

2.2.2.5. Análisis Granulométrico

El reparto del tamaño de partículas en sedimentos, suelos y otros materiales geológicos puede determinarse mediante el análisis granulométrico, una técnica empleada en geología y edafología. Para llevar a cabo esta operación, se hace pasar una muestra del material en cuestión por medio de una sucesión de tamices con diferentes tamaños de malla. Los tamices más grandes

retienen las partículas más grandes, mientras que los más pequeños permiten el paso de las partículas más pequeñas. Dado que la distribución del tamaño de un material puede influir en varias características físicas y químicas, como la estabilidad, la porosidad, la permeabilidad y la capacidad de retener agua y nutrientes, la medición del tamaño de las partículas es crucial. Además, esta información es fundamental en la clasificación y caracterización de suelos y sedimentos para su uso en ingeniería civil, agricultura, geología, geotecnia, entre otros campos. Una curva granulométrica, que traza el % de material retenido en cada tamiz en función del tamaño de las partículas, es una forma estándar de expresar los resultados del estudio granulométrico. Esta curva permite conocer datos como el diámetro medio de las partículas y comprender la repartición de tamaños de partículas dentro del material., la uniformidad y la curva de distribución granulométrica, que son importantes para la evaluación y el diseño de obras civiles, la geotecnia, la agricultura y otras aplicaciones. (Enriquez & Sanchez, 2002).

El análisis granulométrico es útil para clasificar las partículas de un agregado según su tamaño, mediante un proceso que puede ser realizado manualmente o con ayuda de maquinaria. Las partículas se separan en función del tamaño utilizando tamices con distintas aberturas. La curva granulométrica se elabora y la uniformidad y el coeficiente de curvatura se determinan en el laboratorio pesando las muestras que se mantienen en los tamices. (Enriquez & Sanchez, 2002).

Figura 2

Conjunto de tamices para el análisis granulométrico



Al observar esta imagen, podemos inferir que el conjunto de tamices incluye una variedad de tamaños de mallas, lo que sugiere que se utilizarán para realizar un análisis detallado de las partículas presentes en el material a estudiar. La disposición ordenada y organizada de los tamices nos indica que se llevará a cabo un proceso riguroso y meticuloso de separación y clasificación de las partículas.

2.2.2.6. Índice de Plasticidad

Según (MTC M. , 2019), En geología y geotecnia, el IP -que se determina restando el LL del LP del suelo- se utiliza para evaluar la plasticidad de un suelo. Cuando se somete a tensión, un suelo con un IP alto tiene más probabilidades de deformarse y cambiar de forma, mientras que un suelo con un IP bajo suele ser más resistente y mantiene su forma original.

1
Tabla 4

Intervalos de plastico según SUCS y AASHTO

| IP | Plasticidades | Características |
|---------|------------------|-------------------|
| IP>20 | Alto | muy arcillosos |
| 7<IP<20 | Medio | arcillosos |
| IP<7 | Bajo | poco arcillosos |
| IP=0 | No Plástico (NP) | libres de arcilla |

Las propiedades del suelo se presentan de acuerdo con su rango IP.

1
2.2.2.7. Máxima Densidad Seca

Según a Ordoñez (2019), La máxima densidad seca se refiere a la máxima cantidad de masa que puede ser comprimida en un determinado volumen de un material sin que haya presencia de aire ni humedad. En pocas palabras, es la mayor densidad que puede alcanzar una sustancia después de haberse secado completamente y compactado al máximo. No se puede exagerar la importancia de la densidad máxima en seco en la ingeniería civil y la construcción. Evalúa la estabilidad y resistencia de los materiales y suelos utilizados para crear carreteras, edificios y otras estructuras.. Para determinar la densidad seca máxima de un material se utilizan procedimientos de laboratorio que implican la compactación del material en un molde con un peso y un número de golpes controlados determinados. La capacidad de un material para soportar tensiones y compresiones es crucial para el desarrollo de estructuras robustas y seguras, y esto es precisamente lo que revelan estas pruebas. Conocer esta cifra es fundamental para garantizar que los edificios construidos con estos materiales sean estables y seguros.

2.2.2.8. Capacidad de Soporte CBR

Capacidad portante **EI** California Bearing Ratio (CBR), una estadística utilizada en ingeniería civil, se usa para calcular el esfuerzo de compresión de un suelo. En otras palabras, describe la capacidad de un suelo para soportar pesos sin deformarse excesivamente. Esta medida se utiliza en el diseño de cimentaciones, pavimentos y otras estructuras para garantizar su estabilidad y seguridad. Para evaluar la capacidad portante del CBR, se realizan mediciones convencionales de penetración puntual de la resistencia del suelo en configuraciones controladas en el laboratorio o en el campo. Los resultados obtenidos se utilizan para determinar la adecuación del terreno para soportar la carga prevista y para diseñar las estructuras de manera segura. (Rodríguez, 2019).

Tabla 5

Clasificación de subrasante según su valor de CBR

| Categoría de Subrasante | CBR |
|-------------------------|------------------|
| inadecuadas | CBR. < 3% |
| Pobres | 3% ≤ CBR. < 5% |
| Regulares | 5% ≤ CBR. < 10% |
| Buenas | 10% ≤ CBR. < 20% |
| Buenas | 20% ≤ CBR. < 30% |
| Excelentes | CBR. ≥ 30% |

Obtenido de **MTC** (2019).

2.2.3. Estabilización de Suelos

El proceso de alterar la composición física y química de un suelo para incrementar su resistencia a la tracción, su durabilidad y su capacidad para soportar peso se conoce como «estabilización del suelo. Durante este proceso pueden

añadirse cemento, cal, asfalto y otros estabilizantes químicos para mejorar las cualidades del suelo y aumentar su idoneidad para su uso en vertederos, cimientos de edificios y construcción de carreteras, entre otras aplicaciones. La estabilidad del suelo puede ayudar a prevenir la erosión, además de reducir la deformación y el asentamiento, mejorar ²⁴ la capacidad de drenaje del suelo y aumentar su capacidad de carga. Este procedimiento, que es un componente esencial de la ingeniería del suelo, se aplica en muy diversos proyectos de obras civiles y de edificación. (Lupaca, 2022).

Dependiendo de los materiales y las características del suelo, existen varias formas de estabilizar los suelos. Algunas técnicas comunes son la estabilización química, que implica el uso de productos químicos para alterar las características del suelo, y la estabilización mecánica, que implica la compactación del suelo con maquinaria especializada. En conclusión, uno de los procesos más cruciales de la ingeniería civil es la estabilización del suelo. (Zarate & Gonzales, 2019).

2.2.3.1. Estabilización mecánica de suelos

El proceso de "estabilización mecánica del suelo", puede detener la deformación y el asentamiento del material. Este proceso puede incluir la mezcla de materiales como cemento, cal, yeso o cenizas volantes con el suelo existente, así como la compactación y nivelación del terreno. Para respaldar la estabilidad y el operación adecuada de carreteras, pavimentos, cimientos y otras estructuras a lo largo del tiempo, se utiliza la estabilización mecánica del suelo durante la construcción.. (Rivera & Ramos, 2019).

⁶

2.2.3.2. Estabilización por combinación de suelos

La combinación de diferentes elementos con el suelo nativo para reforzar y mejorar sus cualidades mecánicas, como cenizas volantes, cemento y cal, se

conoce como «estabilización de suelos por combinación». Los terraplenes, las carreteras y los cimientos son sólo algunos de los muchos lugares en los que puede emplearse para incrementar dicha capacidad de su carga, la durabilidad y la impermeabilidad del suelo. Los materiales estabilizantes reaccionan químicamente con el suelo, formando enlaces entre las partículas y creando una estructura más compacta y resistente. Además, puede reducir la compresibilidad y mejorar el drenaje del suelo. Los beneficios incluyen la reducción de costos, aceleración de la consolidación del suelo y mayor resistencia a la erosión. Es crucial contar con personal especializado y seguir las normativas para obtener resultados óptimos. MTC (2019).

5

2.2.3.3. Estabilización por sustitución de suelos

La estabilización del suelo por sustitución consiste en cambiar el suelo de un terreno por material estabilizado para mejorar sus propiedades y aumentar su resistencia. Para suelos blandos o inestables que necesitan una mayor capacidad portante, se aplica este enfoque. Las características mecánicas del suelo se pueden mejorar mezclando cenizas volantes, cemento o cal con el material estabilizado. Con este método se mejoran la compactación del suelo, la capacidad de drenaje, la resistencia a la deformación y la resistencia a la compresión. La estabilización por sustitución es efectiva para mejorar la estabilidad del terreno y reducir los riesgos de asentamientos o fallas en la infraestructura construida. Además, puede ser más económica que otras opciones como la construcción de cimentaciones profundas. (Ticona, 2021).

En pocas palabras, la estabilización por sustitución de suelos es un método que se emplea para fortalecer las características mecánicas de un terreno al sustituir el suelo original por material estabilizado, lo que resulta en un aumento de su capacidad de carga y resistencia. MTC (2019).

2.2.3.4. Suelos estabilizados con cemento

Los suelos a los que se ha aplicado cemento u otros agentes estabilizadores para mejorar sus cualidades mecánicas y su longevidad se conocen como suelos estabilizados con cemento. La cantidad correcta de cemento se mezcla con el suelo durante este procedimiento de estabilización, y la mezcla se compacta a continuación para formar una capa resistente. La con cemento es utilizada comúnmente en la construcción de carreteras, pistas de aterrizaje, plataformas industriales, entre otros tipos de infraestructuras, debido a su alta resistencia y capacidad de soportar cargas pesadas.(Ticona, 2021).

2.2.4. Ichu

Según Vidal (2019), ⁸ El ichu, paja brava o paja ichu es una gramínea de las tierras altas andinas de Sudamérica, México y Guatemala que se utiliza para alimentar al ganado, principalmente camélidos.

2.2.4.1 Características del ichu

Según Vidal (2019), Esta planta crece rápidamente y tiene un tallo recto. Sus hojas lisas, de 1 metro de largo y en ocasiones de 1 milímetro de ancho, miden hasta 1 mm.

Figura 3

Planta de ichu



2.2.4.2 ² Ceniza de ichu

La ceniza de ichu es un tipo de ceniza vegetal seca que se ha calcinado a 400°C.

Su composición incluye caolinita, sanidina y NaClO₃, y tiene un alto contenido en puzolana. (Vidal, 2019).

Figura 4

⁸ Ceniza de la *Planta de Ichu (Stipa)*



Ceniza de ichu luego de ser quemado

2.2.5. Lenteja de agua

Sólo hay un sexo presente en las flores de las especies de plantas de lenteja de agua; un carpelo forma el pistilo en la flor femenina, y un estambre está presente en la flor masculina. Esta especie es inusual entre las aráceas porque carece de perianto y obtiene sus flores de una fisura en la espata, una bráctea que cubre el exterior de las hojas. Normalmente, el fruto contiene ² de una a cuatro semillas. (Ramos, 2020).

Figura 5

Lenteja de agua en el lago



2.3. Marco Conceptual

- a. **CBR.** – Se trata de la resistencia del suelo que se suele utilizar para clasificar los distintos tipos de suelos compactados, así como para evaluar su capacidad portante en aplicaciones como terraplenes, capas de pavimento y subrasantes.
- b. **Contenido de humedad.** – Influye significativamente en el comportamiento del suelo, lo que incluye cambios en el volumen, la cohesividad, la estabilidad mecánica y otras propiedades.
- c. **Estabilización.** – Cuando se añaden diversos elementos al suelo, el proceso de estabilización mejora sus propiedades físicas y químicas. Se realiza cuando el suelo presenta características inadecuadas.
- d. **Granulometría.** – La palabra «granulometría» describe el método utilizado para contar los granos de un yacimiento sedimentario según su tamaño determinado en una escala granulométrica.
- e. **Ceniza de lenteja de agua.** - La ceniza de lenteja de agua es el subproducto sólido de quemar plantas de lenteja de agua, que son plantas acuáticas que prosperan en aguas estancadas y se conocen científicamente como Lemna minor. Por su alto contenido mineral y nutritivo, esta ceniza puede aplicarse como fertilizante

orgánico para mejorar la calidad del suelo y favorecer el desarrollo de las plantas.

Además, puede utilizarse en la producción de productos de limpieza y cosméticos.

- f. Ceniza de ichu.** - La ceniza de ichu es un tipo de ceniza que se obtiene a partir de la quema de la planta de ichu, una especie de gramínea que se encuentra en zonas de altura en América del Sur. Esta ceniza se caracteriza por ser rica en nutrientes y minerales, como potasio, fósforo y calcio, por lo que es utilizada como fertilizante orgánico en la agricultura. Además, la ceniza de ichu también se puede utilizar en la fabricación de productos artesanales y en la medicina tradicional.
- g. Índice plástico.** - Una forma de describir la plasticidad del suelo es observando su índice de plasticidad, que muestra a qué porcentaje de humedad pueden mantener su fluidez las arcillas.
- h. Límites de consistencia.** - Tres límites, denominados límites de Atterberg, caracterizan los distintos estados de consistencia de los suelos de grano fino con respecto a su contenido de humedad. En esta situación se aplican las restricciones de líquido, plástico y contracción.
- i. Proctor modificado.** - el porcentaje que separa la idoneidad de un material para nivelación o pavimentación en función de su contenido de humedad de compactación y densidad seca. Además, es una gran herramienta para comprobar la calidad de la compactación in situ.
- j. Subrasante.** - La capa de suelo natural que forma la base del pavimento se conoce como subrasante. Sus propiedades distintivas dictan la composición de los componentes de la subrasante, que la distinguen.
- k. Suelos arcillosos.** - Los suelos mayoritariamente arcillosos incluyen una concentración relativamente alta de partículas de arcilla en relación con otros tipos y tamaños de partículas, incluidos el limo y la arena. Son propensos al encharcamiento debido a su gran capacidad de retención de agua..

- l. Suelos blandos.** – La baja resistencia y la considerable flexibilidad de los suelos los caracterizan como blandos. Su baja capacidad portante y su excesivo contenido de humedad se deben a que en su mayoría están compuestos por arcilla o limo muy blandos.
- m. Suelo natural.** – Las partículas orgánicas y mineralógicamente cohesivas que componen el suelo natural pueden descomponerse mecánicamente con poca energía o simplemente agitándolas en agua.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología usada en este estudio detalla los varios pasos detallados y metódicos que se emplearon para llevar a cabo la investigación. Para abordar el tema en cuestión, esta metodología incluye la recolección de datos mediante diferentes métodos, así como el análisis de los mismos y la derivación de conclusiones. El propósito de este capítulo es resumir de manera concisa la investigación, asegurando que se alcanzan los objetivos planteados y que las conclusiones son exactas y confiables.

3.1. Tipo de la Investigación

Según Ojeda & Ramos (2022), El tipo de estudio se refiere a la clasificación de estudios de acuerdo con su enfoque, propósito y metodología. Algunos de los tipos de investigación más comunes incluyen la investigación descriptiva, correlacional, experimental, exploratoria, de campo, cualitativa y cuantitativa. El análisis de datos y los métodos de investigación se guían por los objetivos y características distintos de cada tipo de estudio.

El presente estudio, es de tipo **aplicativo**, Por tanto, las muestras suelen incluir procedimientos prácticos, experimentos de laboratorio y un análisis inicial de los datos recopilados, utilizando los hallazgos de investigaciones previas.

41

3.1.1. Enfoque de la Investigación

Según Martínez (2021), **Un enfoque** de investigación **se refiere a** una estrategia global diseñada para abordar un determinado tema de investigación. Todo el proceso de estudio, incluida la metodología, la recopilación de datos, el análisis y la interpretación, está guiado por esta estrategia. El método cualitativo se ocupa de comprender e investigar fenómenos sociales intrincados mediante la observación y la interpretación de datos no numéricos; el método cuantitativo se ocupa de recopilar y analizar datos numéricos para determinar conclusiones objetivas y generalizables; y el método mixto incorpora aspectos de ambos métodos.

La investigación ejecutada es de un enfoque **cuantitativo**, La expresión «enfoque del estudio» describe los aspectos específicos de la investigación y abarca todo el procedimiento de ejecución del estudio. La delimitación del tema de investigación, la identificación y caracterización del problema que se va a examinar, la selección del enfoque metodológico y ²³ la **recopilación**, procesamiento e **interpretación de los datos** forman parte de la metodología.

5

3.1.2. Nivel de la Investigación

Conforme a Martínez (2021), El nivel de estudio es la intensidad y la complejidad de una investigación sobre un tema concreto. La amplitud de la información necesaria para comprender completamente un tema, así como su profundidad y amplitud de estudio, son a lo que alude este término. Existen varios niveles de investigación, que van desde investigaciones exploratorias y

descriptivas, que se centran en la observación y recopilación de datos para identificar patrones y tendencias, hasta investigaciones explicativas y experimentales, que buscan establecer relaciones causales entre variables y probar hipótesis.

En el actual estudio realizado, tenemos un **nivel explicativo**, ³⁶ El propósito de este estudio es determinar los efectos del tratamiento intencionado de las cenizas de ichu y lenteja de agua sobre ¹⁵ las propiedades mecánicas y físicas de la subrasante de la carretera, ya que estas cenizas no se encuentran de forma natural en el suelo.

¹ 3.1.3. Diseño de la Investigación

Según Ojeda (2022), El término «diseño de la investigación» describe los pasos utilizados para organizar y disponer una investigación científica con el fin de abordar temas de investigación predeterminados. Este proceso implica establecer una serie de normas sobre cómo recopilar, evaluar e interpretar los datos de forma rigurosa y objetiva. En primer lugar, los investigadores deben establecer lo que esperan conseguir con su estudio, después elegir una población y una muestra, a continuación decidir qué variables examinar, después elegir un diseño metodológico adecuado, después decidir dónde y cómo recopilar los datos, después trazar cómo analizarlos y, por último, crear una estrategia global para supervisar y llevar a cabo la investigación.

Para el actual estudio de investigación realizada se empleó el **diseño experimental**, Los resultados del estudio se presentan porque la variable independiente ⁸ -una combinación de proporciones variables de ichu y ceniza de lenteja de agua- se modificó intencionadamente. Esto posibilitó la presentación de los resultados. Estos ingredientes se encuentran en combinaciones que son mezcladas con el suelo empleado para la subrasante.

3.1.4. Método de la Investigación

Según Velarde (2021), El proceso metódico y riguroso conocido como técnica de investigación se emplea para reunir información nueva y fiable sobre un tema de interés. Este procedimiento implica definir un problema de investigación, desarrollar una hipótesis o un conjunto de preguntas de investigación, recopilar y analizar datos e interpretar los resultados. El método de la investigación se utiliza en diversas disciplinas y campos del conocimiento, incluyendo las ciencias naturales, sociales y humanas. Su objetivo es proporcionar evidencia empírica que sustente o refute las teorías existentes, o que genere nuevas teorías o conocimientos.

Para el actual estudio realizado se utilizará el método **científico**, Posibilitará realizar un estudio organizado, regulado, basado en la observación y crítico de las hipótesis relacionadas con diversos fenómenos que se considera que están interconectados. Dado que se lleva a cabo de manera disciplinada, se considera sistémico ya que no deja nada al azar. El adjetivo "empírico" se refiere al proceso de recopilación e interpretación de datos provenientes del mundo real.

3.2. Técnicas e Instrumentos

3.2.1. Técnicas

Conforme a Perez (2021), Las herramientas y procesos empleados para realizar la documentación e investigación necesarias para preparar una tesis se conocen como técnicas para una tesis. Estas técnicas pueden incluir la revisión bibliográfica, la recopilación y análisis de datos, la observación, la entrevista, la encuesta, la experimentación, entre otras. Además, las técnicas también pueden

abarcando la organización y estructuración del trabajo, la redacción y revisión del contenido, y la presentación del documento final de la tesis.

Es fundamental recordar que los métodos utilizados para la realización de una tesis pueden diferir según la especialidad en la que se esté enfocando y los criterios particulares de cada institución académica. Se aconseja seguir un procedimiento organizado y metódico que abarque la fase de planificación, realización y evaluación de cada parte del proyecto de investigación. (Sosa, 2020)

- **Técnica de Observación:** Se determinó que se puede utilizar un enfoque de observación para examinar las cualidades del suelo de la subrasante en consideración. Este método considera la recopilación y medición de una amplia variedad de datos.
- **Técnica de procesamiento y análisis de información:** Para analizar los datos recopilados en el estudio presencial y de laboratorio, se emplearon métodos de síntesis.
- **Análisis e interpretación de resultados:** El plan de acción propuesto debe revisarse para analizar y comprender la información recopilada.

3.2.2. Instrumentos

Sánchez Perez (2021), Los instrumentos para una tesis se refieren a las herramientas y métodos utilizados para recopilar datos con el fin de analizarlos y fundamentar las conclusiones de un estudio de investigación. Estos instrumentos pueden adoptar diversas formas, como pruebas, escalas de medición, observaciones, entrevistas y cuestionarios. El diseño de la tesis y la selección de los instrumentos desempeñan un papel fundamental para garantizar la validez y fin de los datos obtenidos. Los instrumentos deben ser exactos y bien estructurados,

capaces de recoger los datos necesarios de forma fácil de entender y suficientes para abordar ¹⁶ los objetivos de la investigación.

3.3. Población y Muestra

3.3.1. Población

Según Mucha & Chamorro (2021), En términos técnicos, la población denota el conjunto completo de componentes de investigación que se van a examinar y que tienen una característica común. El universo de individuos, objetos, eventos o sucesos que se deben examinar para reunir información sobre un determinado tema o sujeto de estudio se denomina población en la investigación científica. Las poblaciones finitas tienen un número determinado de elementos, mientras que las poblaciones infinitas tienen un número infinito de elementos. Estas dos poblaciones son instancias de tipos de población distintos. Además, puede tratarse de una población conceptual que se define teóricamente o de una población real que existe en el mundo real. ²¹ Desde el punto de vista técnico, la elección de la población es una etapa importante, ya que determinará la validez y la generalizabilidad de los resultados. Es importante que la población sea claramente definida y delimitada para poder extrapolar los resultados de la muestra al conjunto total de elementos.

Además, el estudio de la población completa suele ser poco práctico en investigación; en su lugar, se trabaja con una muestra representativa, que es una porción de la población seleccionada al azar o de acuerdo con criterios predeterminados. ⁴⁰ Las inferencias sobre las características de la población total se estiman estadísticamente a partir de la muestra. En términos metodológicos, la población es el grupo de componentes de la investigación que van a ser examinados en una investigación científica y tienen una característica similar. Esta

idea fundamental facilita la capacidad de generalizar los resultados de una muestra representativa. (Mucha & Chamorro, 2021).

3.3.2. Muestra

Según Mucha & Chamorro (2021), La selección de la muestra es un paso crucial en el proceso de investigación ya que la representatividad de la muestra seleccionada tiene una gran influencia en el calibre de los hallazgos generados. Para que una muestra se considere representativa de una población, es fundamental utilizar métodos de muestreo que minimicen el sesgo y ofrezcan a todos los miembros de ese grupo las mismas oportunidades de formar parte de la muestra. Existen varios métodos de muestreo utilizados en investigación. Uno de ellos es la muestra probabilística, en la que se conocen las probabilidades de seleccionar a un determinado individuo de una población, y las muestras no probabilísticas, en las que los elementos se eligen de forma no aleatoria. Asimismo, la muestra puede ser de tipo aleatoria simple, estratificada, por conglomerados, entre otros. Es importante señalar que el tamaño de la muestra también es un factor relevante a tener en cuenta, ya que este afecta ³² la precisión de las estimaciones obtenidas a partir de la muestra y la validez de las conclusiones alcanzadas. En términos generales, ⁴⁴ el tamaño de la muestra debe ser suficiente para producir resultados representativos, pero también lo suficientemente pequeño como para no incurrir en costos excesivos o en un estudio imposible de llevar a cabo. En términos sencillos, una muestra en metodología de investigación es una parte de una población más amplia que es representativa y ha sido seleccionada para su análisis con el fin de extraer conclusiones sobre ese grupo. Un tamaño de muestra y unos procedimientos de selección adecuados son fundamentales para obtener resultados fiables.

1
Tabla 6

Número de muestras analizadas

| Descripción | IP | Grado Compactación | CBR | |
|----------------------|----|--------------------|--------------|-----------|
| SN | 4 | 4 | 4 | 12 |
| SN + 4% CI | 3 | 3 | 3 | 9 |
| SN + 4% CI | 3 | 3 | 3 | 9 |
| SN + 6% CI | 3 | 3 | 3 | 9 |
| 1 SN + 4% CLA | 3 | 3 | 3 | 9 |
| SN + 6% CLA | 3 | 3 | 3 | 9 |
| SN + 8% CLA | 3 | 3 | 3 | 9 |
| | | | TOTAL | 66 |

El gráfico muestra la cantidad de muestras de prueba obtenidas de los materiales extraídos de cada uno de los pozos de prueba del lugar de estudio.

Además, cabe mencionar que los porcentajes de CI y CLA que se incorporaron a la estructura se determinaron mediante el promedio de OCH que se obtuvo de la prueba Proctor modificada.

1 **3.4. Validación y Confiabilidad de los Instrumentos**

3.4.1. Validación de los Instrumentos

Según Perez (2021), La validez de una herramienta de medición viene determinada por la fiabilidad y precisión con que capta los datos que pretende. Es decir, se trata de la capacidad del instrumento para evaluar de forma correcta el fenómeno o variable que se está estudiando. Se considera que una medida es

válida cuando capta con exactitud el tema que debe evaluar, es decir, cuando está libre de sesgos o distorsiones que puedan sesgar los resultados. Para establecer la validez de un instrumento, es necesario realizar una serie de pruebas e investigaciones para determinar si los datos recogidos por él son exactos. Algunos de los métodos más populares para evaluar la validez de un instrumento incluyen el análisis de contenido, la opinión de expertos, la comparación con otras medidas validadas y la correlación con factores externos.

3.4.2. Confiabilidad de los Instrumentos

Según (Perez, 2021), La estabilidad y coherencia de las mediciones que genera un instrumento se denominan fiabilidad. Dicho de otro modo, todo se reduce a la capacidad del dispositivo para proporcionar lecturas precisas de forma constante, independientemente de las circunstancias o la hora del día. Una forma de fiabilidad es la fiabilidad test-retest, que describe el rendimiento del mismo instrumento cuando se administra en distintos momentos. Otro concepto es la fiabilidad de equivalencia, que describe hasta qué punto coinciden los resultados de varias iteraciones del mismo instrumento. La confiabilidad de un instrumento es crucial para garantizar que las mediciones que produce sean válidas y útiles para la toma de decisiones. Un instrumento poco confiable puede llevar a conclusiones erróneas y a una toma de decisiones inadecuada. Por lo tanto, es importante realizar pruebas de confiabilidad para asegurarse de que un instrumento sea confiable antes de utilizarlo en estudios o evaluaciones.

6

3.5. Procedimientos de Recolección de Datos

3.5.1. Zona de estudio

Lugar de estudio tiene una distancia de 20 kilómetros, el cual se encuentra ubicado en la carretera Caminaca - Arapa, donde se realizaron 4 calicatas a cada 500 metros de distancia, de donde se extrajeron las muestras para la realización de los ensayos.

Figura 6

Zona de estudio



La imagen muestra el lugar de estudio en donde se realizaron las calicatas para la extracción del material para la elaboración de los ensayos de suelos.

3.5.2. Selección de Calicatas

La ubicación y el rendimiento de los pozos de prueba dependían en gran medida del tipo de carretera; el MTC (2019) informa de que suministra el número de pozos de prueba necesarios para las investigaciones del suelo de cimentación según el IMDA.

En este sentido, sugiere que, para carreteras con bajos volúmenes de tráfico, se debe excavar un pozo de prueba de 1,30 metros de profundidad cada 5 kilómetros. ⁴⁶ Por lo tanto, en la presente investigación se examinó un estudio de 20 kilómetros con cuatro pozos de prueba, seleccionados a conveniencia del investigador.

Figura 7

¹ Zonas longitudinales de calicatas

| | | | | | | |
|------------|--|-------------|--|-------------|--|-------------|
| C - 1 | | C - 2 | | C - 3 | | C - 4 |
| Km 5 + 000 | | Km 10 + 000 | | Km 15 + 000 | | Km 20 + 000 |

La imagen ilustra dónde se encuentran los pozos de sondeo, y la tabla que figura a continuación ofrece información sobre su progresión individual:

Tabla 7

¹ Zona de calicatas realizadas

| Calicata | Tramo | Km | Margen |
|----------|---------------------|----------|-----------|
| 1 | 0 + 000 – 5 + 000 | 5 + 000 | Derecho |
| 2 | 5 + 000 – 10 + 000 | 10 + 000 | Izquierdo |
| 3 | 10 + 000 – 15 + 000 | 15 + 000 | Derecho |
| 4 | 15 + 000 – 20 + 000 | 20 + 000 | Izquierdo |

Según puntos de ubicación designados, se procedió a abrir las excavaciones para extraer muestras representativas del suelo de base de la carretera en estudio.

3.5.3. Toma de Muestras de Material

Se utilizaron bolsas herméticas para asegurar que la humedad original de las muestras no se evaporara durante la selección de una muestra representativa, con el propósito de protegerlas de la deshidratación.

Equipos y/o herramientas:

- Bolsas herméticas
- Pala
- Marcador de progresivas
- Cuaderno de apuntes

3.5.4. Ensayos de Laboratorio

Seguidamente, se enumeran las pruebas de laboratorio realizadas con las combinaciones de polímeros acrílicos y las muestras extraídas:

- ² **Contenido de humedad.** El objetivo del ensayo es conocer el contenido de humedad del árido ensayado o retirado, de acuerdo con ASTM D-2216 y MTC E 108.

Procedimiento:

- Si quiere que sus resultados sean precisos, utilice una muestra que sea típica de la población en general.
- Antes de pesar la muestra húmeda, introdúzcala en una bolsa y anote su peso.
- Se recomienda secar la muestra en un horno a 110 ± 5 °C.
- La sustancia ⁵ se saca del horno y se deja bajar a temperatura ambiente después de que se haya secado.

- Una vez terminado todo, pesamos la muestra seca y tomamos las notas necesarias.

Cálculo:

Para saber cuánta humedad hay en las muestras, utilizamos la siguiente fórmula:

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

- b. Ensayo de límites de consistencia.** Si los componentes líquidos y plásticos del material superan las pruebas establecidas por ASTM D4318, MTC E 111 y MTC E 110, el siguiente paso es averiguar qué fracción del material puede pasar por un tamiz de malla nº 40 como plástico.

Procedimientos de LP:

- La muestra se conforma primero en forma elipsoidal y luego se transforma en cilíndrica mediante el proceso de laminado a mano.
- Si el cilindro se resiste a romperse a los 3,2 mm de diámetro, se repite la operación hasta alcanzar los diámetros necesarios en los que se reconoce el colapso.
- El proceso de pesaje se facilita transfiriendo delicadamente la muestra fracturada a un vaso o recipiente.
- Para este proceso se necesitan al menos 6 gramos de muestra.
- A continuación, se lleva a cabo de nuevo la determinación del porcentaje de humedad.

Figura 8

Prueba del límite plástico utilizando una muestra y una superficie lisa



La imagen nos muestra la importancia de este ensayo en la ingeniería civil, ya que permite conocer la capacidad de deformación ¹⁴ de un suelo bajo diferentes condiciones de humedad. Es fundamental para la planificación y diseño de estructuras como cimentaciones, carreteras y edificaciones, ya que un suelo con alto límite de plasticidad puede sufrir asentamientos y sufrir daños estructurales.

- Una vez seca la muestra, se pesa y se registran los resultados.

Cálculo:

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

Proceso del LL:

- La muestra se acomoda con cuidado en una bandeja y luego se combina con una cantidad específica de licor destilado (entre 0,015 y 0,020 litros).
- La humedad se introduce gradualmente y bajo supervisión.

- Una vez terminado de mezclar, vierta con cuidado un poquito de la mezcla en la cacerola, asegurándose de que llegue al fondo.
- A continuación, se aplasta la mezcla y se iguala con una espátula.
- Una vez ¹ que la mezcla ha alcanzado un espesor máximo de 1 cm en su punto más alto, se realiza una operación denominada nivelación.
- Posteriormente, la mezcla se esparce uniformemente en el vaso de bronce acariciando cuidadosamente todo el diámetro de la probeta con la máquina ranuradora.

Figura 9

Prueba del Límite Líquido



Prueba de LL desarrollado en el laboratorio

- A continuación, el recipiente se sube y se baja girando la palanca, lo que hace que caiga a un ritmo de dos veces por segundo. Como resultado, las dos porciones de la mezcla de tierra se encuentran en el fondo del agujero.
- Para cerrar el surco, que tiene unos 13 mm de ancho, el objetivo es registrar ¹⁴ el número de golpes que se necesitan.

- Se tomó una muestra de tierra del lugar exacto donde se produjo la interacción. Tras colocar meticulosamente la muestra de tierra en una tara, la pesamos y luego la secamos en el horno.

Figura 10

Medición del peso de las muestras antes de su secado en horno



- Utilizando la tara para medir la muestra seca y registrar los resultados, finalmente se determina ¹ el contenido de humedad.

Cálculo:

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

Proceso del índice plástico:

$$IP = LL - LP$$

- c. Prueba de análisis granulométrico.** La granulometría del suelo, definida por las fracciones de partículas que pasan por cada tamiz, puede determinarse con este ensayo, que sigue las directrices establecidas por ASTM D-422.

Proceso:

- La consideración del material que se va a tamizar es el primer paso en el análisis granulométrico. Se da un peso creciente a los suelos gruesos y un peso decreciente a los suelos finos.
- Antes de colocar la muestra de material sobre los tamices, debe determinarse la masa de la muestra como parte del método experimental.
- Los materiales experimentan un movimiento constante sobre la malla en el procedimiento de tamizado manual, que implica mover metódicamente los tamices alrededor de circunferencias y de lado a lado.

Figura 11

Prueba de granulometría en materiales de la subrasante



En el ensayo de granulometría realizados en el laboratorio

- A continuación, podemos determinar cuánto material queda en cada filtro observando su peso.

Cálculo:

Las cantidades de material inyectado y pasado, así como las cantidades retenidas en cada tamiz, se pueden encontrar haciendo un análisis de tamiz basado en porcentajes. Estos números se derivan de operaciones matemáticas básicas en un orden determinado.

- d. **Prueba de Proctor modificado.** Utilizando ASTM D-1557 y MTC E 115 como pautas, determine la densidad seca más alta permitida para el contenido de humedad ideal. Este es el objetivo del ensayo.

1

Procedimiento:

- Se elige una muestra que pesa entre 2,5 y 3 kg aplicando el proceso de selección. Es fundamental que la muestra esté seca.
- Cualquier partícula más grande que el tamiz n° 4 se elimina durante el procedimiento de tamizado, que se aplica a la muestra.
- La muestra se humedece un poco cuando la sustancia se mezcla con agua. Con el tiempo, el contenido de agua de las distintas muestras aumenta.
- El peso del molde proctor se determina utilizando la placa base.
- Cinco segmentos casi idénticos componen la muestra.
- Se utilizan moldes junto con collares o extensiones adicionales para minimizar la pérdida de suelo durante la compactación.
- Para cada capa de la muestra, el proceso de compactación comienza con 56 golpes desde una altura de 0,45 m.
- Una vez compactadas todas las capas, se quita el collarín y se corta con la regla la muestra comprimida que sobresale del molde.
- Se mide el peso del molde después de mezclarlo con la tierra húmeda y se anotan los resultados.

- A continuación, se extraen 100 gramos de cada muestra de las mitades superior e inferior del molde, respectivamente. Antes de pesarlas, estas muestras se colocan en un recipiente especial.
 - Luego de que la muestra se seca en un horno, toda la información pertinente se documenta meticulosamente.
- e. **CBR.** En concreto, según los requisitos de MTC E 132 y ASTM D-1883, esta prueba determinará la capacidad relativa de carga CBR de los materiales del suelo al 95% y 100% del MDS, respectivamente.

Procedimiento:

- Asegurarse de que la muestra esté seca y tenga un peso típico de alrededor de 5,5 kg es el primer paso en el proceso de selección de la muestra.
- La muestra se tamiza utilizando tres tamaños diferentes de tamices: $\frac{3}{4}$ «, $\frac{3}{8}$ » y n.º 4. Una vez extraída la muestra de la malla de $\frac{3}{4}$ », se utiliza el tamiz n.º 4 para sustituirla por una cantidad igual de material.
- Las medidas de grado de compactación (MDS y OCH) se obtienen a partir de los datos probados.
- Se determina el peso del molde y de la base.
- Una vez alcanzada la humedad adecuada, se presionan los tubos de ensayo en el molde y se ajusta el nivel del agua. Para ello, cada capa se acaricia 12, 25 y 56 veces.
- Una vez aplicadas las cargas, se retira el collarín y se enrasa el material para asegurarse de que la superficie es lisa y no presenta imperfecciones.
- Una vez retirado el disco separador, se retira el molde de la placa base. La etapa siguiente consiste en tomar una lectura del peso mientras el molde se da la vuelta y se vuelve a colocar en la placa base.

- Una placa perforada con un vástago y un anillo de sobrecarga, con un valor mínimo de 10 lb, se coloca encima de la probeta después de haber tomado sus medidas. Esta placa reproduce las tensiones de todos los estratos de apoyo.
- Para medir el primer hinchamiento, se pesan la muestra y el molde justo antes de colocarlos en el agua. El trípode se coloca alrededor del borde del molde y el vástago de la esfera se coloca de forma que toque la placa perforada. Después, se registran las estadísticas de hinchamiento.
- Asegúrese de que el molde de material está completamente sumergido en agua por todos los lados sumergiéndolo en un tanque de agua. Este procedimiento de saturación durará un total de 96 horas (o cuatro días).
- Los datos de hinchamiento se obtienen una vez transcurrido el período de saturación designado. Estos datos cuantifican la expansión ¹ calculando el cambio en la altura de la muestra.
- Retiramos el molde del depósito y dejamos escurrir el agua durante 15 minutos una vez que alcanza la saturación. Los pesos de sobrecarga y la placa perforada se mantienen fijos durante este período.
- Una vez seca la muestra, se retiran las placas y los anillos perforados y se determina la masa de la muestra dentro de los moldes.

Figura 12

Prueba de CBR en el material de la subrasante



- Se garantiza un intervalo de tiempo mínimo entre el pesaje de las muestras y su introducción en el dispositivo de penetración cuando las muestras se exponen a penetraciones, a fin de minimizar los retrasos excesivos.
- El ariete está listo para la penetración una vez que se le ha aplicado una nueva capa. Los diales de deformación y carga se ponen a cero cuando se aplica una fuerza de 44 N.
- Aplique cargas al pistón de penetración dentro de un rango regulado de 0,05 pulgadas por minuto mientras controla el tiempo con un temporizador.
- Se observan los valores de carga para diferentes penetraciones, en particular para 0,1« y 0,2».
- Después del proceso anterior, se recupera la pieza de prueba y se sacan los moldes del equipo CBR en las proximidades del lugar de penetración.
- Por último, además del valor del peso, se define y registra **el contenido de humedad de la** pieza de prueba.

3.6. Procesamiento y Análisis de la Información

Una vez presentados los datos en tablas, se evaluarán mediante programas informáticos de cálculo y producción gráfica para mejorar su comprensión e interpretación. Los procesos se llevarán a cabo mediante exámenes para llegar a las conclusiones. Para facilitar la comprensión de las conclusiones, se aplicarán procesos fiables.

3.7. Matriz de Consistencia

Los anexos ofrecen una explicación completa de la matriz de coherencia de la investigación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de un examen cuidadoso de los resultados de las pruebas de laboratorio, en esta parte se presentan los datos de manera progresiva según la información requerida. El objetivo principal es examinar las propiedades mecánicas y físicas de los suelos de la subrasante de la Avenida Andrés Avelino Cáceres. Luego se examinan las consecuencias de la incorporación de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua al suelo en porcentajes de 4%, 6% y 8%. En última instancia, los mejores resultados mecánicos y físicos se obtienen cuando se agregan las cantidades adecuadas de CI y CLA al suelo. Estos hallazgos, que constituyen el objetivo principal de la investigación, son el tema de este estudio.

4.1. Propiedades Físicas y Mecánicas de la Subrasante

4.1.1. Humedad Presente

En la siguiente sección se detalla el % de humedad de los materiales ensayados, y los resultados medios.

Tabla 8

Humedad actual de las muestras de las calicatas

| Humedad Presente (%) | |
|----------------------|--------------|
| Calicata | Humedad (%) |
| C – 1 | 21.06 |
| C – 2 | 21.20 |
| C – 3 | 21.14 |
| C – 4 | 21.02 |
| Promedio | 21.11 |

Este cuadro muestra que el promedio de humedad de las muestras recolectadas en las cuatro fosas es del 21.11%.

4.1.2. Análisis Granulométrico

Se muestra la granulometría de las muestras de laboratorio:

Tabla 9

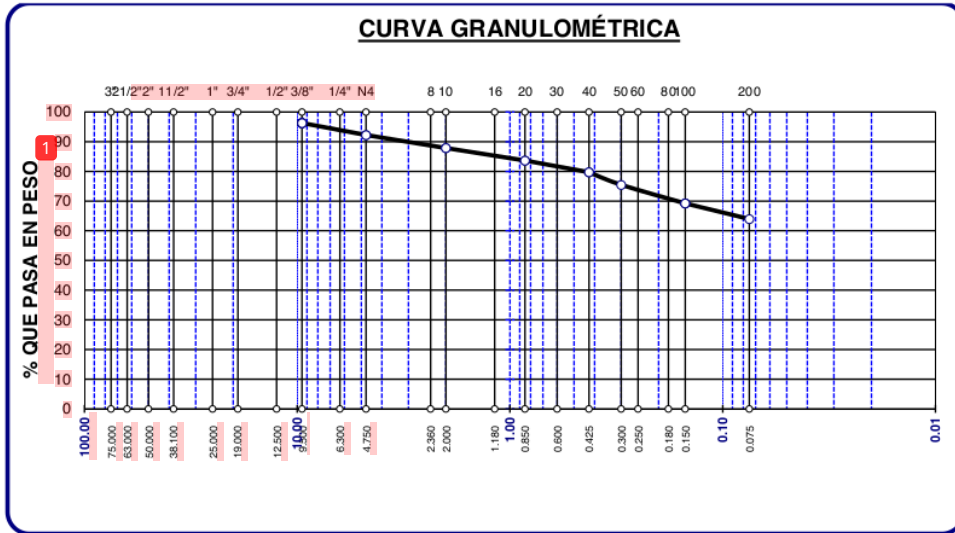
Prueba de granulometría

| Tamices | Tamizado – ¹ Suelo de Subrasante | | | |
|---------|---|-------|-------|-------|
| | % pasante | | | |
| | C_1 | C_2 | C_3 | C_4 |
| 1/2" | - | - | - | - |
| 3/8" | 96.30 | 95.95 | 96.05 | 95.79 |
| N° 4 | 92.25 | 91.69 | 91.80 | 91.86 |
| N° 10 | 87.86 | 87.74 | 87.18 | 87.48 |
| N° 20 | 83.65 | 82.97 | 83.13 | 82.91 |
| N° 40 | 79.72 | 78.72 | 79.22 | 77.88 |
| N° 50 | 75.46 | 74.74 | 74.29 | 73.63 |
| N° 100 | 69.21 | 69.56 | 69.28 | 68.49 |
| N° 200 | 63.96 | 64.94 | 64.53 | 64.14 |

La tabla muestra la clasificación de los materiales obtenida al tamizar las muestras, empezando desde ²⁴el tamiz de 3/8" y llegando hasta el tamiz número 200.

Figura 13

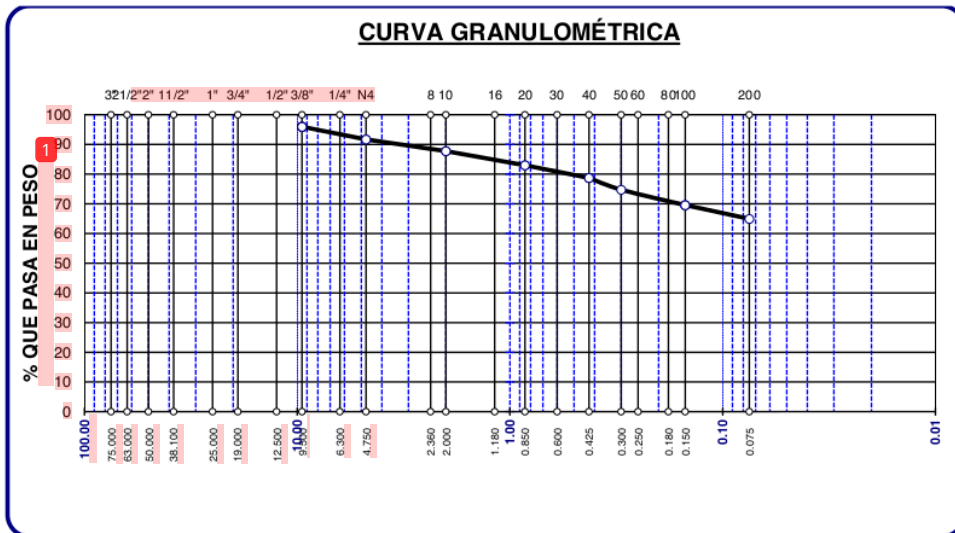
Calicata 01.



La figura representa la curva granulométrica de la M1

Figura 14

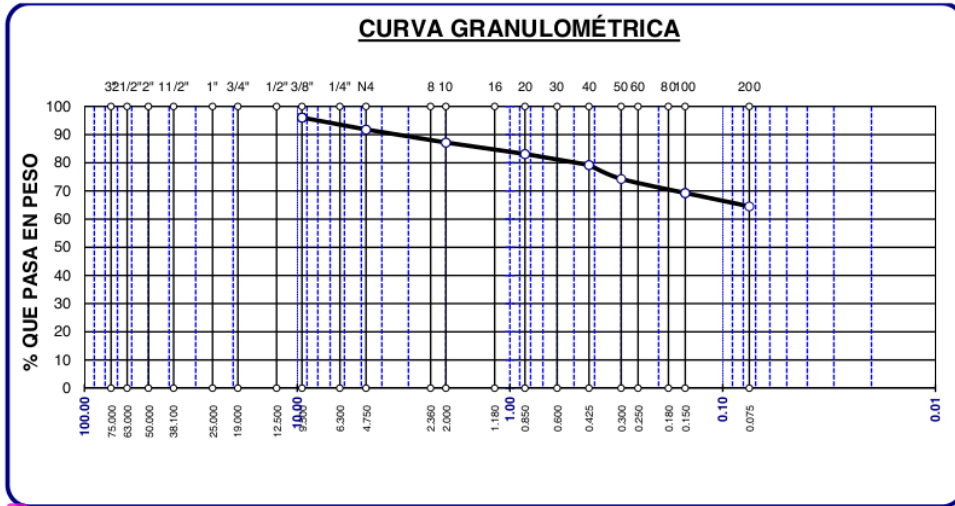
Calicata 02



La figura representa la curva granulométrica de la M2

Figura 15

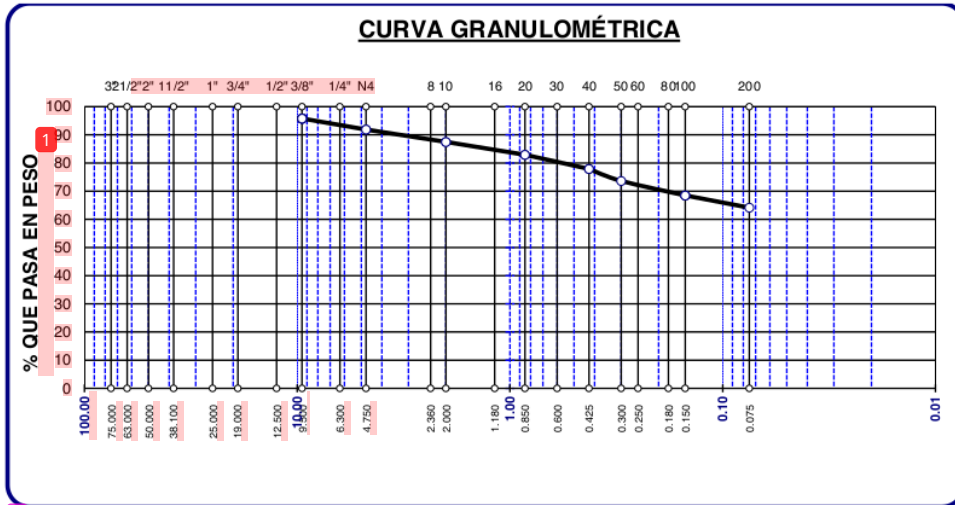
Calicata 03



La figura representa la curva granulométrica de la M3

Figura 16

Calicata 04



La figura representa la curva granulométrica de la M4

4.1.3. Índice de Plasticidad.

A continuación se resumen las medias experimentales de este parámetro, que surge de la disparidad entre los límites plástico y líquido:

Tabla 10

Prueba del IP

| Muestras | Límites – Suelo de Subrasante | | |
|----------|-------------------------------|--------|--------------|
| | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
| C – 1 | 32.30 | 16.74 | 15.56 |
| C – 2 | 32.48 | 16.86 | 15.62 |
| C – 3 | 32.41 | 16.69 | 15.72 |
| C – 4 | 32.50 | 16.61 | 15.89 |
| | - | - | 15.70 |

La información recolectada en los ensayos realizados se muestra en el cuadro. La media del índice plástico es del 15.70%, lo que sugiere que el IP es alto.

4.1.4. Grado de Compactación

Para determinar el grado de compactación se requiere un contenido de humedad ideal y regulado, que se establece mediante el MDS de la muestra.

Tabla 11

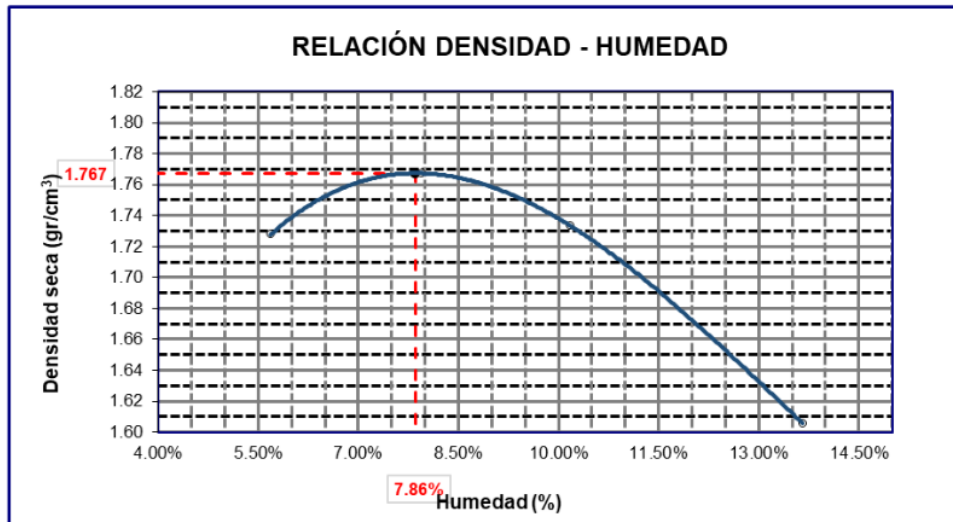
Nivel de compactación del suelo en cada calicata

| Muestras | Nivel de compactación – Suelo de Subrasante | |
|----------|---|--------------|
| | MDS (gr/cc) | OCH (%) |
| C – 1 | 1.767 | 7.86% |
| C – 2 | 1.744 | 9.10% |
| C – 3 | 1.764 | 7.99% |
| C – 4 | 1.743 | 8.65% |
| | 1.755 | 8.40% |

Se muestran los promedios de MDS y OCH de las muestras, con un promedio de 1.755 gr/cc para MDS y de 8.40% para OCH en todas las muestras.

Figura 17

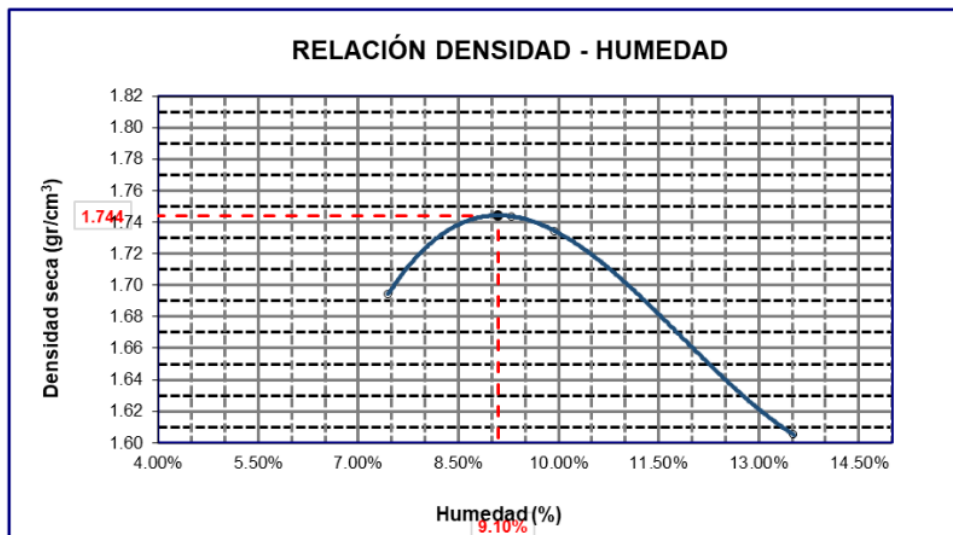
Prueba de grado de compactación C-1



Para el pozo de prueba 1, con un MDS de 1.767 g/cc y un OCH de 7,86%, el gráfico muestra la conexión entre densidad y CH.

Figura 18

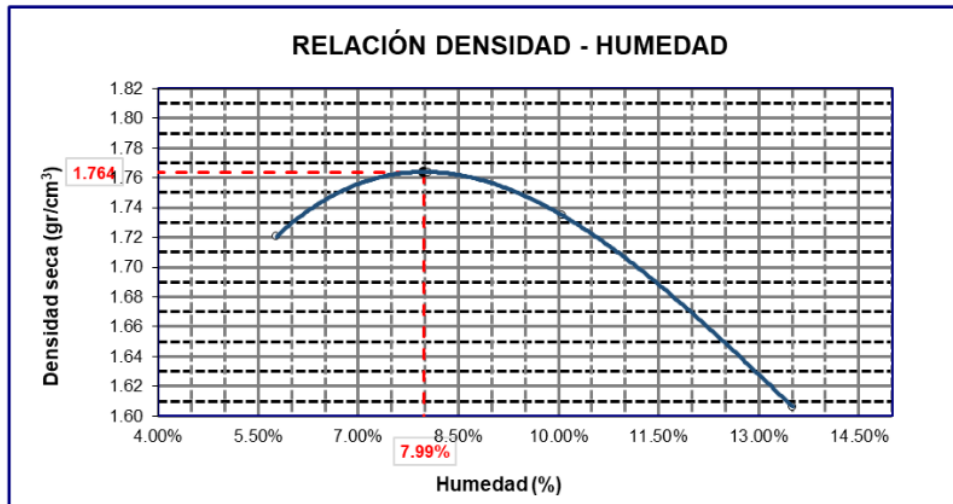
Prueba de grado de compactación C-2



Para el pozo de prueba 1, con un MDS de 1.744 g/cc y un OCH de 9,10%, el gráfico muestra la conexión entre densidad y CH.

Figura 19

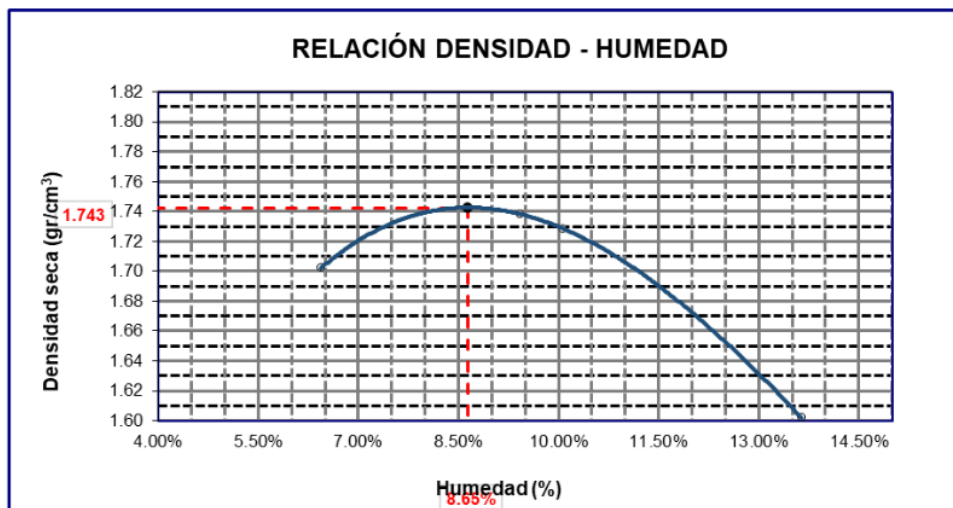
Prueba de grado de compactación C-3



Para el pozo de prueba 1, con un MDS de 1.764 g/cc y un OCH de 7,99%, el gráfico muestra la conexión entre densidad y CH.

Figura 20

Prueba de grado de compactación C-4



El gráfico ilustra la relación entre la densidad y el CH de Prueba 1, que tiene un OCH de 8,65% y un MDS de 1,743 g/cc.

4.1.5. Capacidad de Soporte CBR

Después del salto, aparecerá una tabla que muestra los valores CBR para suelos de subrasante natural al 95% MDS:

Tabla 12

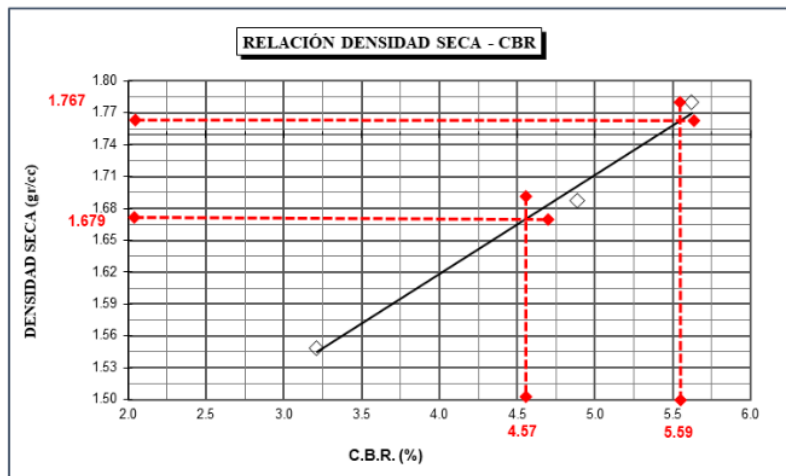
Capacidad de soporte CBR

| Calicata | CBR – Subrasante | |
|-----------------|------------------|----------------|
| | CBR al 100% MDS | CBR al 95% MDS |
| C – 1 | 5.59 | 4.57 |
| C – 2 | 5.62 | 4.27 |
| C – 3 | 5.69 | 4.72 |
| C – 4 | 5.27 | 4.38 |
| Promedio | 5.54 | 4.49 |

Se observa que las muestras tienen una capacidad de carga CBR media del 5,53% cuando están al 100% MDS y del 4,50% cuando están al 95 MDS.

Figura 21

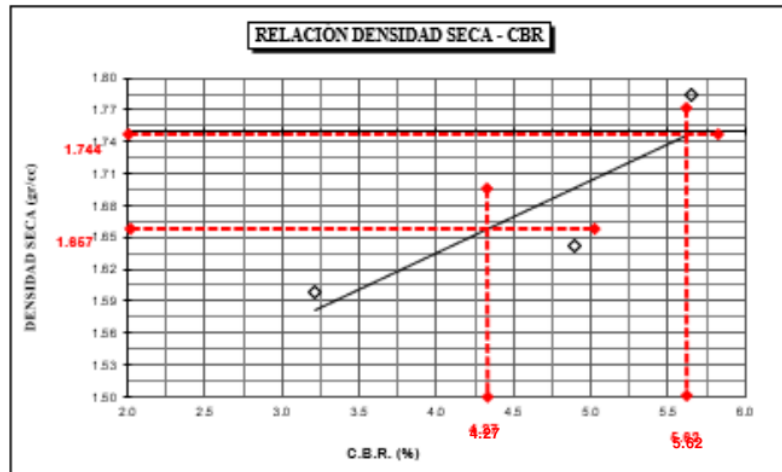
Capacidad de Soporte (CBR), C-1



La muestra del pozo de prueba 1 tiene un CBR de 4,57% al 95% y de 5,59% al 100% del MDS, como se muestra en la figura junto con las densidades.

Figura 22

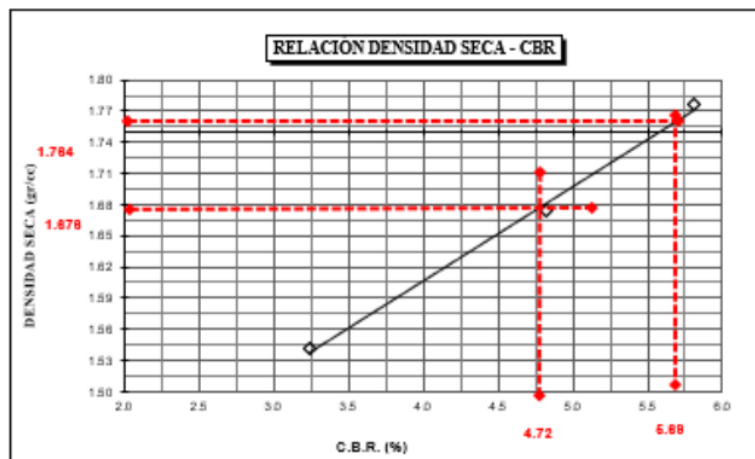
Capacidad de Soporte (CBR), C-2



En el pozo de prueba 2, el CBR fue de 4,27% al 95% del MDS y de 5,62% al 100% del MDS, como se muestra en la figura junto con las densidades de las muestras.

Figura 23

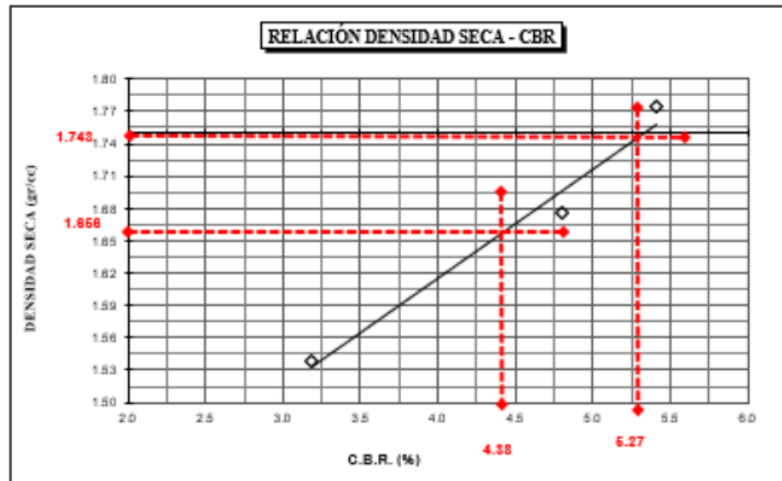
Capacidad de Soporte (CBR), C-3



La muestra del pozo de prueba 3 tiene un CBR de 4,72% al 95% del MDS y de 5,69% al 100% del MDS, como se indica en la figura junto con sus densidades.

7
Figura 24

9
Capacidad de Soporte (CBR), C-4



El CBR al 95% y al 100% del MDS es de 4,38% y 5,27%, respectivamente, como se muestra en la figura, que también indica las densidades de la muestra de la tubería de ensayo 4.

4.2. Efecto de la CI y CLA en el Índice de Plástico

4.2.1. Índice plástico de SN + 4% de CI

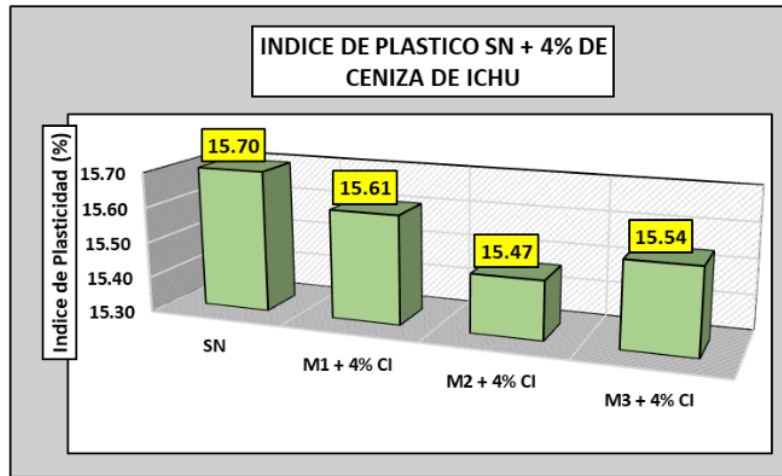
Lo que sigue son los valores que salieron del PI después de añadir un 2,5% de ceniza de ichu.

Tabla 13

IP del suelo + 4% de CI

| Composición | IP – SN + 4% de CI | | |
|-------------|--------------------|-----------|---------------|
| | IP (%) | Media (%) | Variación (%) |
| SN | 15.70 | - | - |
| M1 + 4% CI | 15.61 | | |
| M2 + 4% CI | 15.47 | 15.54 | -1% |
| M3 + 4% CI | 15.54 | | |

Se contempla el PI de la muestra más un 4% de ceniza de ichu, lo que da como resultado una media del 15,54% y un descenso del 1% en el índice del plástico.

Figura 25*IP del suelo + 4% de CI*

La figura 1 ilustra el índice plástico (IP) del suelo nativo de la subrasante antes y después de añadir CI; con un 4%, el IP desciende un 1%.

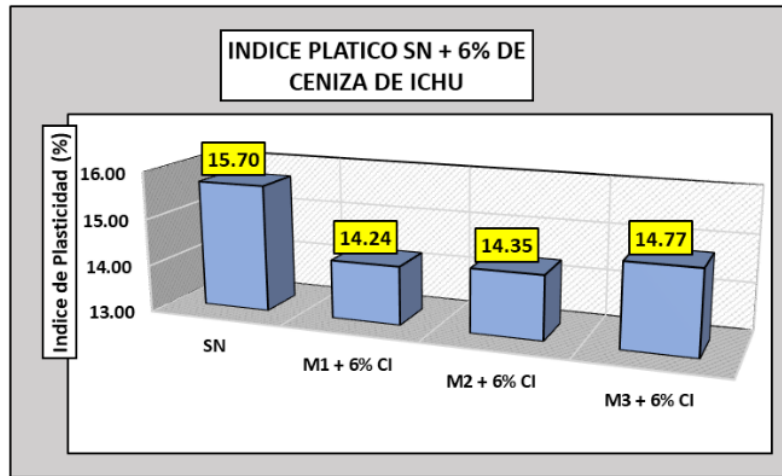
4.2.2. Índice de Plasticidad de SN + 6% de CI

Esta sección presenta los valores que se obtuvieron del IP tras añadir un 6% de CI

Tabla 14*IP del suelo + 6% de CI*

| Composición | IP – SN +6% de Ceniza de Ichu | | |
|-------------|-------------------------------|-----------|---------------|
| | IP (%) | Media (%) | Variación (%) |
| SN | 15.70 | - | - |
| M1 + 6% CI | 14.24 | | |
| M2 + 6% CI | 14.35 | 14.46 | -8% |
| M3 + 6% CI | 14.77 | | |

Se contempla el IP de la muestra más un 6% de ceniza de ichu, con una media del 14,46% y un descenso del 8% en el índice de plástico.

Figura 26*IP del Suelo + 6% de CI*

Según la figura, se observó una reducción del 8% en el índice plástico al agregar un 6% de CI al suelo de la subrasante nativa.

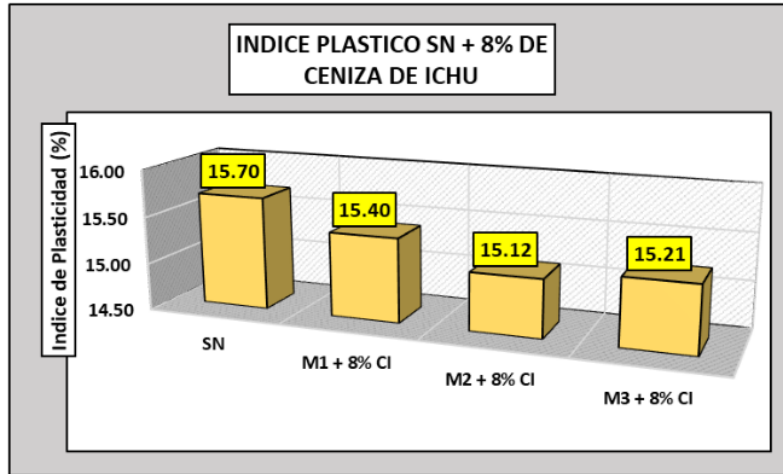
4.2.3. Índice de Plasticidad de SN + 8% de CI

Esta sección presenta los valores que se obtuvieron del PI tras añadir un 8% de CI

Tabla 15*IP del Suelo + 8% de CI*

| Composición | IP – SN + 8% de Ceniza de Ichu | | |
|-------------|--------------------------------|-----------|---------------|
| | IP (%) | Media (%) | Variación (%) |
| SN | 15.70 | - | - |
| M1 + 8% CI | 15.40 | | |
| M2 + 8% CI | 15.12 | 15.24 | -3% |
| M3 + 8% CI | 15.21 | | |

Se contempla el PI de la muestra más un 8% de ceniza de ichu; la media es del 15,24%; y el índice plástico disminuye un 3%.

Figura 27*IP del Suelo + 8% de CI*

Como puede verse en la imagen, el índice plástico (IP) del suelo nativo de la subrasante disminuye un 3% cuando se añade un 8% de ceniza de ichu.

4.2.4. Comparativos de los resultados adquiridos del IP

Se muestran los datos adquiridos de la inclusión de CI y cómo afectó el índice plástico.

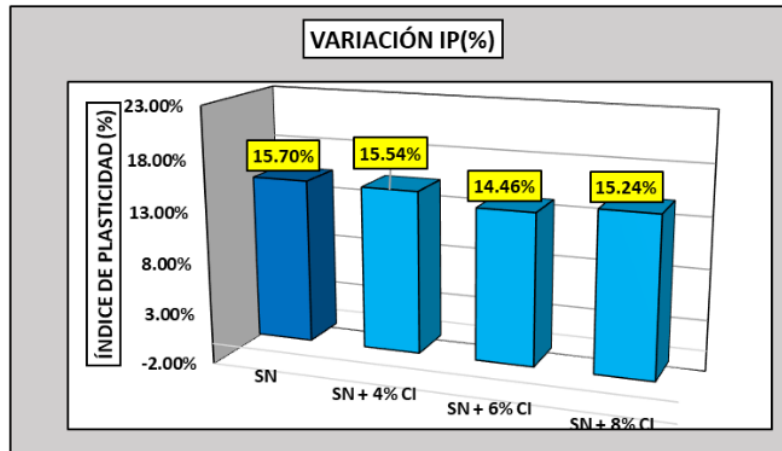
Tabla 16*IP con la inclusión de CI*

| Composición | Variación IP | |
|-------------|--------------|---------------|
| | IP (%) | Variación (%) |
| SN | 15.70% | - |
| SN + 4% CI | 15.54% | -1% |
| SN + 6% CI | 14.46% | -8% |
| SN + 8% CI | 15.24% | -3% |

Los datos adquiridos del índice de plasticidad; revelan que el IP medio del SN es de 15,70% y que la ceniza de ichu reduce este valor.

Figura 28

Comparativo del IP con la inclusión de CI



Se puede observar que la mezcla de SN + 6% de ceniza de ichu da la mayor caída en el índice de plasticidad con 14,46% en la figura, lo que ilustra las diferencias en el IP de los SN y las combinaciones con ceniza de ichu.

4.2.5. IP de SN + 4% de CLA

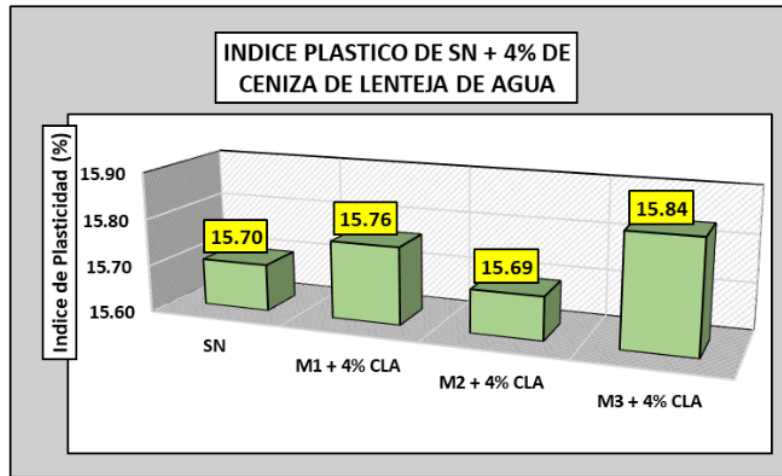
Aquí se presentan los valores que surgieron del IP tras añadir un 4% de CLA

Tabla 17

IP de Suelo + 4% de CLA

| Composición | IP – SN + 4% de CLA | | |
|-------------|---------------------|-----------|---------------|
| | IP (%) | Media (%) | Variación (%) |
| SN | 15.70 | - | - |
| M1 + 4% CLA | 15.76 | | |
| M2 + 4% CLA | 15.69 | 15.76 | 0% |
| M3 + 4% CLA | 15.84 | | |

El (IP) de la muestra más 4% de ceniza de lenteja de agua es de 15,76% en promedio, como se muestra en la tabla; no hay ningún cambio en relación con la muestra del suelo natural

Figura 29*IP del Suelo + 4% de CLA*

En la imagen, podemos ver el IP del suelo nativo de la subrasante antes y después de añadir un 4% de CLA. Podemos ver que el índice plástico permanece constante en comparación con el suelo original.

4.2.6. IP de SN + 6% de CLA

Se presentan los datos que surgieron del IP después de aplicar un 6% de CLA

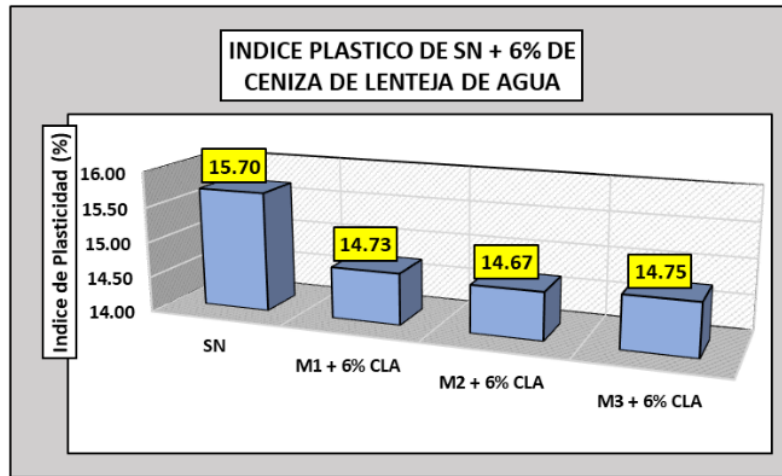
Tabla 18*IP del Suelo + 6% de CLA*

| Composición | IP – SN +6% de CLA | | |
|-------------|--------------------|-----------|---------------|
| | IP (%) | Media (%) | Variación (%) |
| SN | 15.70 | - | - |
| M1 + 6% CLA | 14.73 | | |
| M2 + 6% CLA | 14.67 | 14.72 | -6% |
| M3 + 6% CLA | 14.75 | | |

Se denota el IP de la muestra + 6% de CLA, adquiriendo una de 14.72% con una disminución de -6% en el IP en relación al SN.

Figura 30

Índice plástico de SN + 6% de CLA



Se muestra que el (IP) del suelo nativo de la subrasante disminuye un 6% cuando se añade un 5% de CLA.

4.2.7. Índice de Plasticidad de SN + 8% de CLA

Como puede ver aquí, se muestran los datos obtenidos del IP tras añadir un 8% de CLA.

Tabla 19

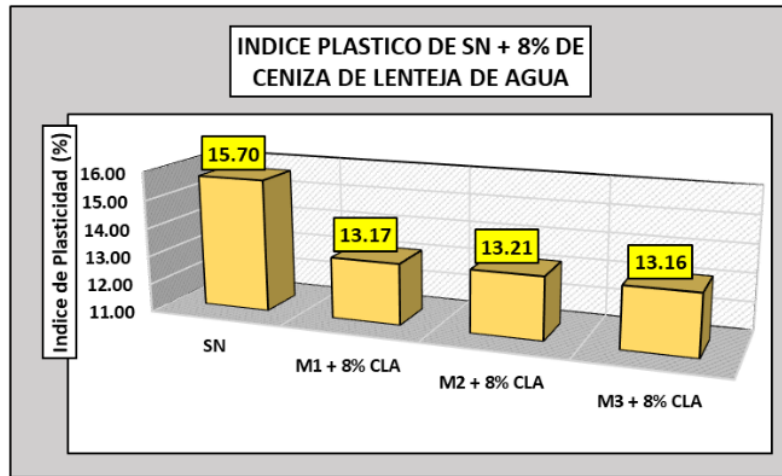
IP del Suelo + 8% de CLA

| Composición | IP – SN + 8% de CLA | | |
|-------------|---------------------|-----------|---------------|
| | IP (%) | Media (%) | Variación (%) |
| SN | 15.70 | - | - |
| M1 + 8% CLA | 13.17 | | |
| M2 + 8% CLA | 13.21 | 13.18 | -16% |
| M3 + 8% CLA | 13.16 | | |

El (IP) de la muestra con un 8% de CLA arrojó una media del 13,18% y una reducción del 16% en relación con el suelo natural.

Figura 31

IP del Suelo + 8% de CLA



Se denota el IP del suelo después de añadir CLA. La inclusión de un 8% de CLA reduce el índice plástico en un 16%.

4.2.8. Comparación de los Resultados Obtenidos del IP

Se presentan los datos adquiridos del índice plástico como consecuencia de la incorporación de cenizas de lenteja:

Tabla 20

IP con la inclusión de CLA

| Composición | Variación IP | |
|-------------|--------------|---------------|
| | IP (%) | Variación (%) |
| SN | 15.70% | - |
| SN + 4% CLA | 15.76% | 0% |
| SN + 6% CLA | 14.72% | -6% |
| SN + 8% CLA | 13.18% | -16% |

Las estadísticas sobre el (IP) se muestran en la tabla; el uso de CLA da como resultado una reducción media del IP del 15,70% para el suelo de partida.

Figura 32

Variación del Índice Plástico

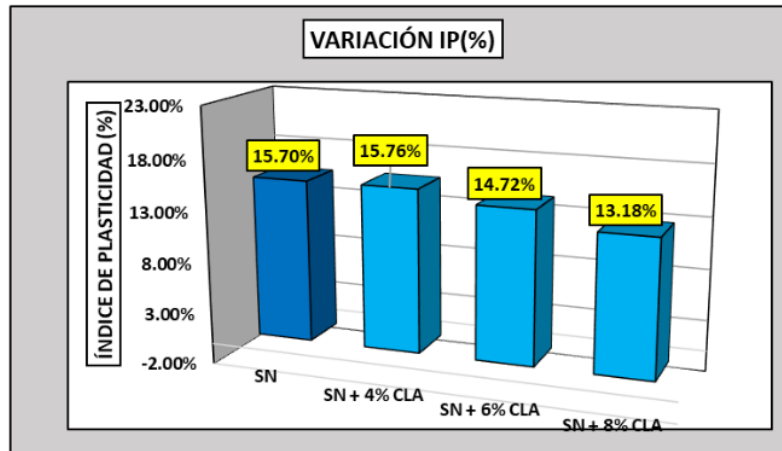


Figura que muestra los cambios en el PI de los suelos nativos y las combinaciones con CLA; la combinación de SN + 8% de CLA presenta una caída del 16% en la plasticidad, la mayor disminución observada.

4.3. Efecto de la Ceniza de ichu ¹ en el Nivel de Compactación

4.3.1. Nivel de Compactación de SN + 4% de CI

Como puede verse a continuación, añadimos un 4% de ceniza de ichu y medimos el nivel de compactación.

Tabla 21

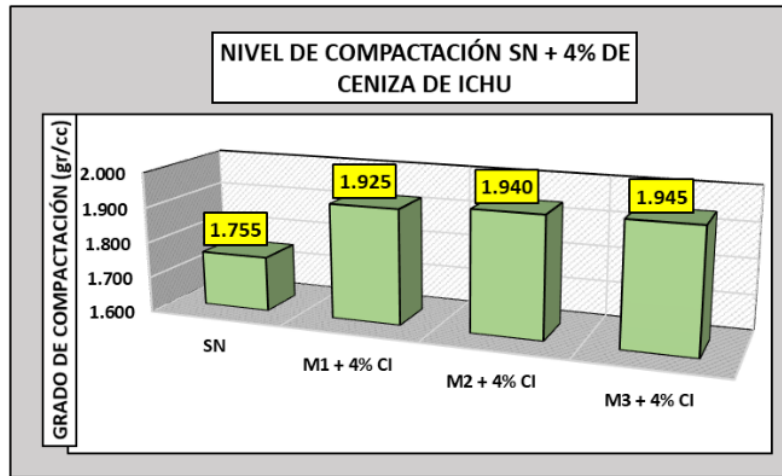
Nivel de compactación del suelo + 4% de CI

| Nivel de Compactación – SN + 4% de Ceniza de Ichu | | | |
|---|-------------|---------------|---------------|
| Composición | MDS (gr/cc) | Media (gr/cc) | Variación (%) |
| SN | 1.755 | - | - |
| M1 + 4% CI | 1.925 | | |
| M2 + 4% CI | 1.940 | 1.937 | 10% |
| M3 + 4% CI | 1.945 | | |

Se observa que la muestra de GC más 4% de ceniza de ichu tenía una densidad media de 1.937 g/cc y un aumento del 10% en el grado de compactación.

Figura 33

Nivel de compactación del suelo + 4% de CI



El gráfico muestra la variación en la densidad aparente (GC) del suelo de subrasante no tratado tras añadir ceniza de ichu; la inclusión de un 4% de CI aumenta el grado de compactación en un 10%.

4.3.2. Grado de Compactación de SN + 6% de CI

Como puede verse a continuación, añadimos un 6% de CI y medimos el nivel de compactación.

Tabla 22

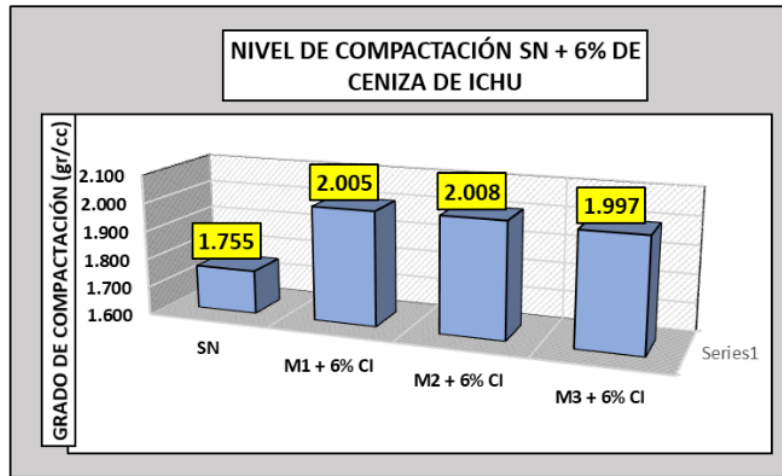
Nivel de compactación de combinar SN + 6% de CI

| Nivel de Compactación – SN + 6% de Ceniza de Ichu | | | |
|---|-------------|---------------|---------------|
| Composición | MDS (gr/cc) | Media (gr/cc) | Variación (%) |
| SN | 1.755 | - | - |
| M-1 + 6% CI | 2.005 | | |
| M-2 + 6% CI | 2.008 | 2.003 | 14% |
| M-3 + 6% CI | 1.997 | | |

Se observa la muestra más un 6% de ceniza de ichu, lo que da como resultado un promedio de 2,003 gr/cc y un aumento del 14% en el grado de compactación.

Figura 34

Nivel de compactación del suelo + 6% de CI



La imagen ilustra el GC del suelo de subrasante natural tras añadir ceniza de ichu. Es evidente que una aplicación del 6% de ceniza de ichu produce un aumento del 14% en el nivel de compactación.

4.3.3. Nivel de Compactación de SN + 8% de CI

Como puede verse a continuación, añadimos un 8% de CI y medimos el nivel de compactación.

Tabla 23

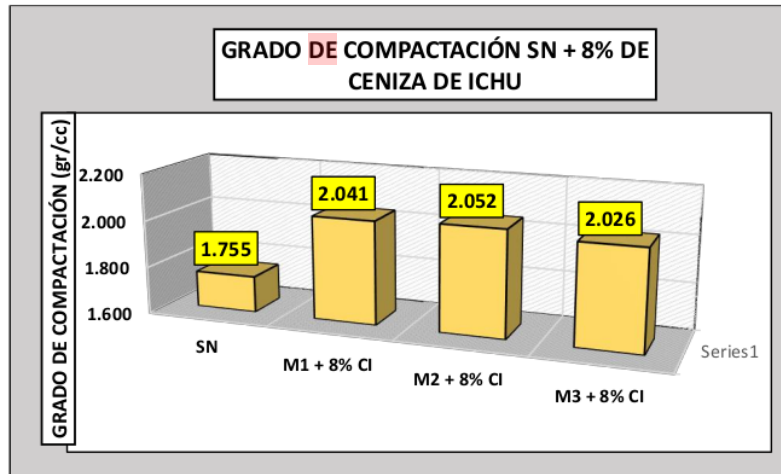
Nivel de compactación del suelo + 8% de CI

| Nivel de Compactación – SN + 8% de Ceniza de Ichu | | | |
|---|-------------|---------------|---------------|
| Composición | MDS (gr/cc) | Media (gr/cc) | Variación (%) |
| SN | 1.755 | - | - |
| M1 + 8% CI | 2.041 | | |
| M2 + 8% CI | 2.052 | 2.040 | 16% |
| M3 + 8% CI | 2.026 | | |

En la tabla, podemos ver que el GC de la muestra fue de +8% de CI, lo que dio como resultado una media de 2.040gr/cc y una mejora del 16% en el grado de compactación.

Figura 35

Grado de compactación del suelo + 7.5% de CI



Si añadimos un 8% de ceniza de ichu al SN de la subrasante, como se muestra en el CG, podemos ver que el grado de compactación aumenta un 16%.

18

4.3.4. Comparativos de los Resultados Adquiridos de la MDS

Se denotan los valores medios de las densidades más altas observadas con aumentos controlados de la humedad:

Tabla 24

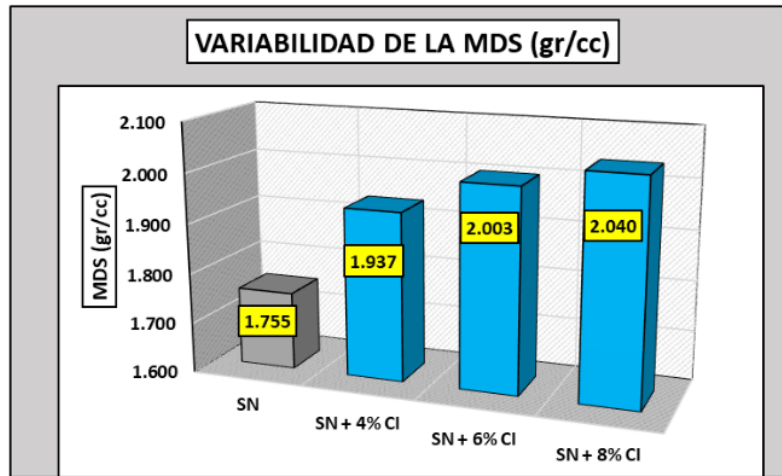
Nivel de Compactación con la inclusión de CI

| Composición | Variación – MDS | | |
|-------------|-----------------|-------------|---------------|
| | OCH (%) | MDS (gr/cc) | Variación (%) |
| S.N | 7.87 | 1.755 | - |
| S.N + 4% CI | 7.50 | 1.937 | 10% |
| S.N + 6% CI | 8.27 | 2.003 | 14% |
| S.N + 8% CI | 9.15 | 2.040 | 16% |

Mientras que las densidades máximas en seco (MDS) aumentan con la inclusión de ceniza de ichu, las medias de estas MDS se muestran en la tabla.

Figura 36

Comparativo del nivel de compactación



La figura muestra los promedios y las variaciones del MDS tanto del SN como de las mezclas con ceniza de ichu. De todas las mezclas, la que contiene SN + 8% de ceniza de ichu presenta el aumento más significativo del 16% en el MDS.

4.3.5. Nivel de Compactación de SN + 4% de CLA

Como puede verse aquí, añadimos un 4% de CLA y medimos el nivel de compactación.

Tabla 25

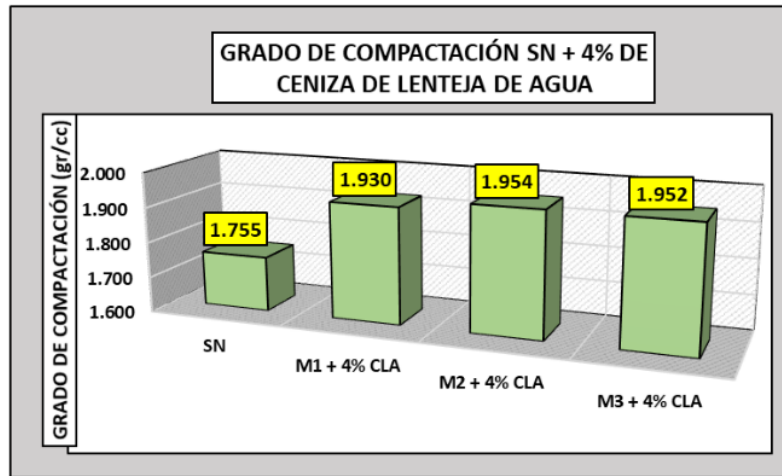
Nivel de compactación de combinar SN + 4% de CLA

| Nivel de Compactación – SN + 4% de Ceniza de Lenteja de Agua | | | |
|--|-------------|---------------|---------------|
| Composición | MDS (gr/cc) | Media (gr/cc) | Variación (%) |
| SN | 1.755 | - | - |
| M-1 + 4% CLA | 1.930 | | |
| M-2 + 4% CLA | 1.954 | 1.945 | 11% |
| M-3 + 4% CLA | 1.952 | | |

Según los datos de la tabla, el GC de la muestra más un 4% de ceniza de lenteja de agua aumentó el grado de compactación en un 11% y dio como resultado una media de 1.945 g/cc.

Figura 37

Grados de compactación del suelo + 4% de CLA



En el gráfico puede verse el aumento del 11% en el grado de compactación con sólo añadir un 4% de CLA a la densidad aparente (GC) del suelo de la subrasante sin tratar.

4.3.6. Grado de Compactación de SN + 6% de CLA

Tras añadir un 6% de CLA, los resultados del grado de compactación se muestran a continuación.

Tabla 26

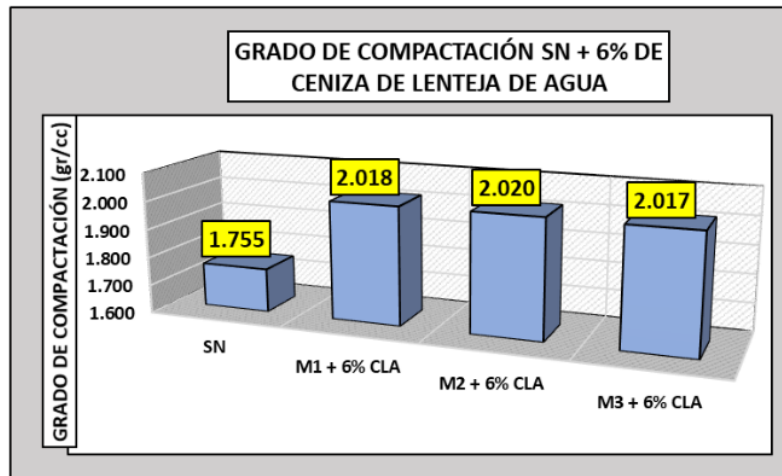
Grados de compactación de SN + 6% de CLA

| Nivel de Compactación – SN + 6% de Ceniza de Lenteja de Agua | | | |
|---|-------------|---------------|---------------|
| Composición | MDS (gr/cc) | Media (gr/cc) | Variación (%) |
| SN | 1.755 | - | - |
| M1 + 6% CLA | 2.018 | | |
| M2 + 6% CLA | 2.020 | 2.019 | 15% |
| M3 + 6% CLA | 2.017 | | |

Se presenta el nivel de compactación de la muestra más un 6% de CLA. La densidad media es de 2.019 g/cc, y el grado de compactación aumenta un 15%.

Figura 38

Nivel de compactación de SN + 6% de CLA



El gráfico muestra el cambio en la densidad aparente del suelo de la subrasante sin tratar después de la adición de CLA; agregar un 6 % de ceniza de lenteja de agua da como resultado un aumento del 15 % en la compactación.

4.3.7. Grado de Compactación de SN + 8% de CLA

Como puede verse aquí, añadimos un 8% de CLA y medimos el nivel de compactación.

Tabla 27

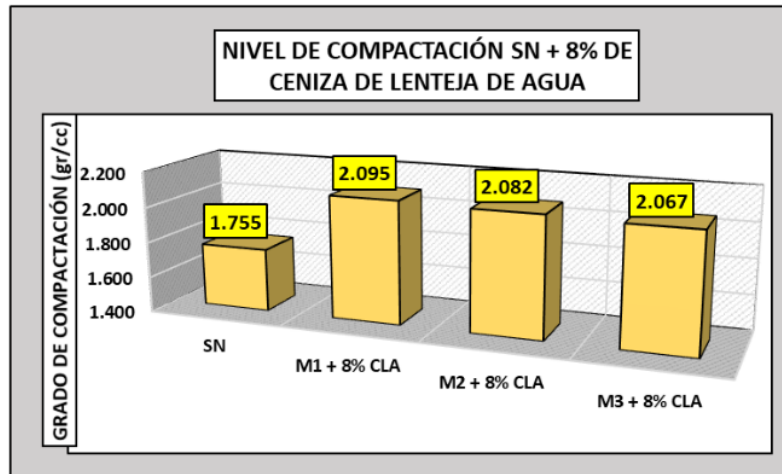
Nivel de compactación de combinar SN + 8% de CLA

| Nivel de Compactación – SN + 8% de Ceniza de Lenteja de Agua | | | |
|--|-------------|---------------|---------------|
| Composición | MDS (gr/cc) | Media (gr/cc) | Variación (%) |
| SN | 1.755 | - | - |
| M1 + 8% CLA | 2.095 | | |
| M2 + 8% CLA | 2.082 | 2.082 | 19% |
| M3 + 8% CLA | 2.067 | | |

Se observa el GC de la muestra más un 8% de CLA. La densidad media es de 2.082 g/cc, y el grado de compactación aumenta un 19%.

Figura 39

Nivel de compactación de SN + 8% de CLA



El gráfico ilustra cómo agregar un 8% de CLA al suelo nativo del subsuelo provoca un aumento del 19% en el nivel de compactación.

18

4.3.8. Comparativo de los Resultados Adquiridos de la MDS

Se indican los valores medios de las densidades más altas registradas con distintos niveles de humedad controlada:

Tabla 28

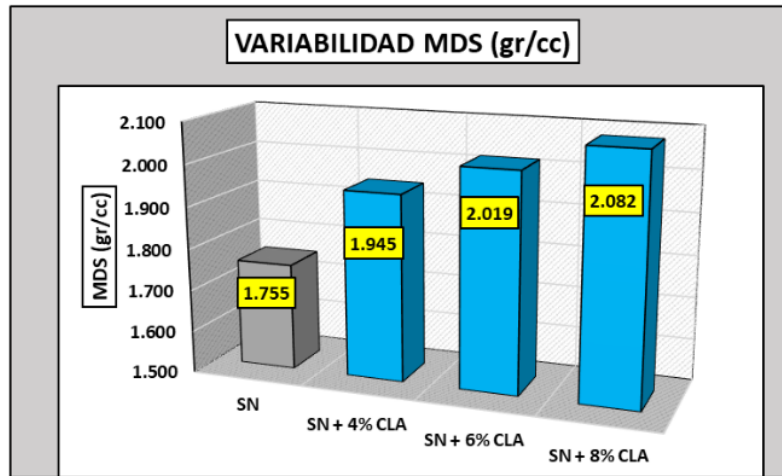
Variabilidad del nivel de compactación con la inclusión de CLA

| Composición | Variabilidad MDS | | |
|-------------|------------------|-------------|---------------|
| | OCH (%) | MDS (gr/cc) | Variación (%) |
| SN | 7.87 | 1.755 | - |
| SN + 4% CLA | 7.48 | 1.945 | 11% |
| SN + 6% CLA | 8.21 | 2.019 | 15% |
| SN + 8% CLA | 9.45 | 2.082 | 19% |

La tabla muestra los resultados medios, que demuestran que las densidades máximas en seco (MDS) aumentan con la inclusión de CLA.

Figura 40

Variabilidad del nivel de compactación



De la figura se desprende claramente que la combinación SN + 8% de ceniza de lenteja de agua da lugar a un mayor aumento del MDS del 19% en relación con el SN y mezclado con CLA, tanto en términos de media como de varianza.

4.4. Influencia de CI y CLA en la Capacidad de Soporte CBR

4.4.1. CBR de SN + 4% de CI

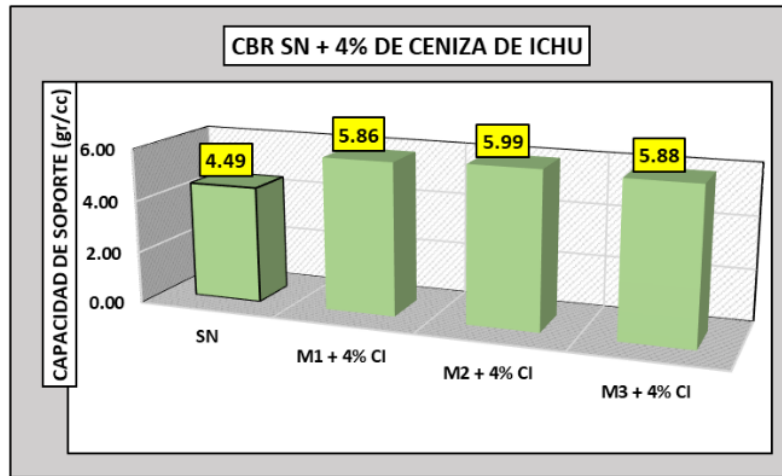
Como puede verse a continuación, añadimos un 4% de ceniza de ichu y medimos el grado de compactación.

Tabla 29

CBR de SN + 4% de CI

| CBR al 95% MDS – SN + 4% de Ceniza de Ichu | | | |
|--|---------|-----------|---------------|
| Composición | CBR (%) | Media (%) | Variación (%) |
| SN | 4.49 | - | - |
| M1 + 4% CI | 5.86 | | |
| M2 + 4% CI | 5.99 | 5.91 | 32% |
| M3 + 4% CI | 5.88 | | |

El CBR de la muestra + 4% de CI como la tabla o muestra. Al 95% del SDM, el CBR medio es del 5,91%.

Figura 41*CBR de SN + 4% de CI*

La inclusión de un 4% de CI al suelo nativo de la subrasante aumentó su capacidad portante en un 32%, como muestra el CBR del material compuesto.

4.4.2. CBR de SN + 6% de CI

Como puede verse a continuación, añadimos un 6% de ceniza de ichu y medimos el grado de compactación.

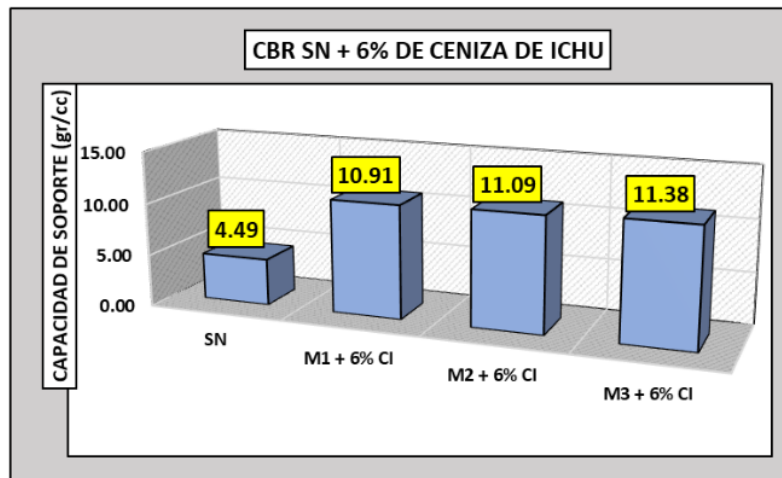
Tabla 30*CBR de SN + 6% de CI*

| CBR al 95% MDS – SN + 6% de Ceniza de Ichu | | | |
|--|---------|-----------|---------------|
| Composición | CBR (%) | Media (%) | Variación (%) |
| SN | 4.49 | - | - |
| M1 + 6% CI | 10.91 | | |
| M2 + 6% CI | 11.09 | 11.13 | 148% |
| M3 + 6% CI | 11.38 | | |

Al 95% SDM, la muestra tenía un CBR medio del 11,13%, como se muestra en la tabla, que incluye un 6% de CI.

Figura 42

CBR de suelo natural + 6% de CI



La inclusión de un 6% de CI al natural nativo de la subrasante aumentó su capacidad portante en un 148%, como muestra el CBR del suelo en la figura.

4.4.3. CBR de SN + 8% de CI

Como puede verse a continuación, añadimos un 8% de ceniza de ichu y medimos el grado de compactación.

Tabla 31

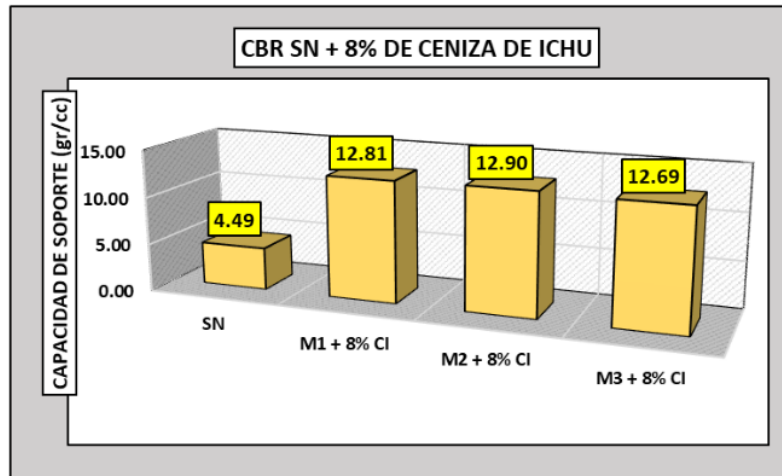
CBR de SN + 8% de CI

| CBR al 95% MDS – SN + 8% de Ceniza de Ichu | | | |
|---|---------|-----------|---------------|
| Composición | CBR (%) | Media (%) | Variación (%) |
| SN | 4.49 | - | - |
| M-1 + 8% CI | 12.81 | | |
| M-2 + 8% CI | 12.90 | 12.80 | 185% |
| M-3 + 8% CI | 12.69 | | |

Al 95% de SDM, la muestra tenía un CBR medio del 12,80%, como se muestra en la tabla, que incluye un 8% de CI.

Figura 43

CBR de SN + 8% de CI



Cuando se aplicó un 8% de ceniza de ichu, el CBR del suelo nativo aumentó en un 185%, según mediciones tomadas antes y después de la aplicación.

4.4.4. Comparación de los Resultados adquiridos de la MDS

He aquí los datos adquiridos de la inclusión de la CI y cómo afectó al CBR:

Tabla 32

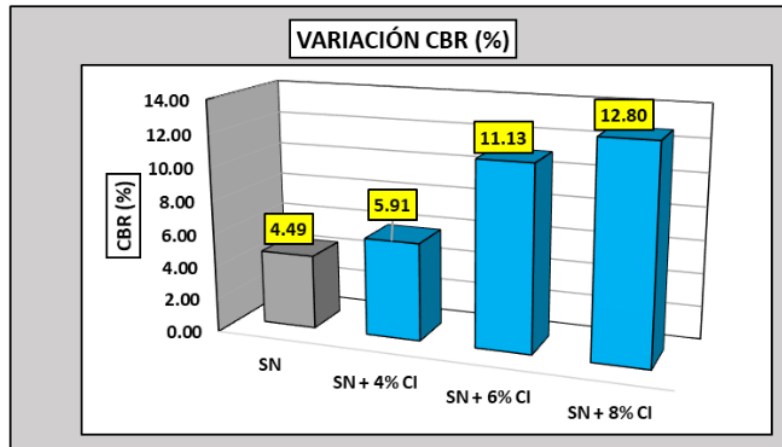
Variabilidad del CBR con inclusión de CI

| Combinaciones | Variabilidad del IP | |
|---------------|---------------------|---------------|
| | CBR 95%MDS | Variación (%) |
| 22 S.N | 4.49 | - |
| S.N + 4% CI | 5.91 | 32% |
| S.N + 6% CI | 11.13 | 148% |
| S.N + 8% CI | 12.80 | 185% |

En los suelos no tratados y en los enmendados con ceniza de ichu, los valores medios de CBR se muestran en la tabla; tienden a aumentar por encima de un cierto umbral.

Figura 44

Variación del CBR



En relación con el suelo natural, la mezcla de SN y 8% de ceniza de ichu aumenta el CBR en un 185% al 95% SDM, como se indica en la figura que muestra el cambio de CBR con combinaciones de ceniza de ichu.

4.4.5. CBR de SN + 4% de CLA

Como puede verse aquí, añadimos un 4% de CLA y medimos el grado de compactación.

Tabla 33

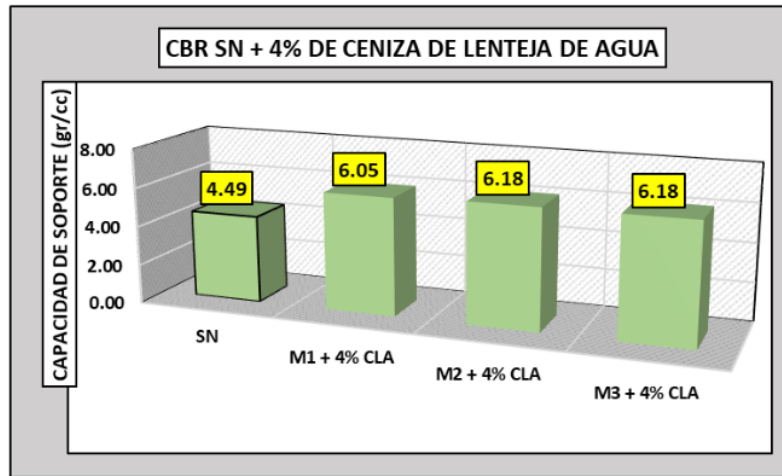
CBR de SN + 4% de CLA

| CBR al 95% MDS – SN + 4% de CLA | | | |
|---------------------------------|---------|-----------|---------------|
| Combinación | CBR (%) | Media (%) | Variación (%) |
| SN | 4.49 | - | - |
| M1 + 4% CLA | 6.05 | | |
| M2 + 4% CLA | 6.18 | 6.14 | 37% |
| M3 + 4% CLA | 6.18 | | |

Al 95% del MDS, la muestra tenía un CBR medio del 6,14%, como se muestra en la tabla, que también incluía un 4% de CLA

Figura 45

CBR de SN + 4% de CLA



De los datos de la figura se desprende claramente que al añadir un 4% de CLA se aumentó el CBR del suelo de la subrasante nativa en un 37%.

4.4.6. CBR de SN + 6% de CLA

Como puede verse aquí, añadimos un 6% de CLA y medimos el grado de compactación.

Tabla 34

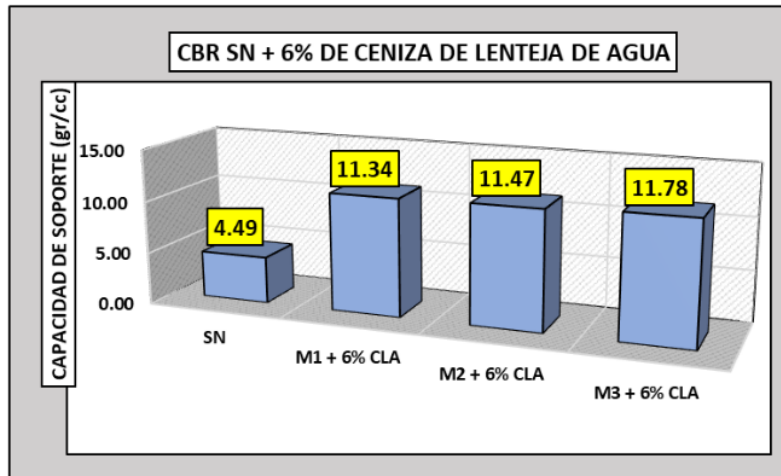
CBR de SN + 6% de CLA

| CBR al 95% MDS – SN + 6% de CLA | | | |
|---------------------------------|---------|-----------|---------------|
| Composición | CBR (%) | Media (%) | Variación (%) |
| SN | 4.49 | - | - |
| M1 + 6% CLA | 11.34 | | |
| M2 + 6% CLA | 11.47 | 11.53 | 157% |
| M3 + 6% CLA | 11.78 | | |

Al 95% del MDS, la muestra tenía un CBR medio del 11,53%, como se muestra en la tabla, que también incluía un 6% de CLA

Figura 46

CBR de suelo natural + 6% de CLA



La inclusión de un 6% de CLA al suelo original de la subrasante muestra un aumento de la capacidad portante del 157%, como nos indica en la figura, que muestra el CBR del suelo.

4.4.7. CBR de SN + 8% de CLA

Como puede verse aquí, añadimos un 8% de CLA y medimos el grado de compactación.

Tabla 35

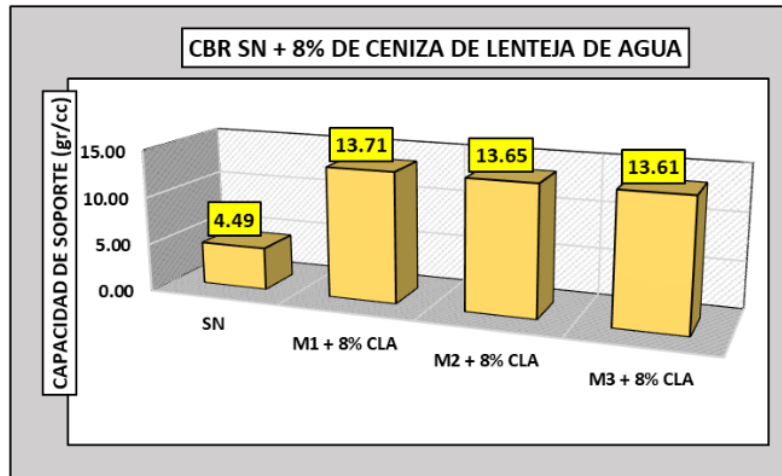
CBR de SN + 8% de CLA

| CBR al 95% MDS – SN + 8% de CLA | | | |
|---------------------------------|---------|-----------|---------------|
| Composición | CBR (%) | Media (%) | Variación (%) |
| SN | 4.49 | - | - |
| M1 + 8% CLA | 13.71 | | |
| M2 + 8% CLA | 13.65 | 13.66 | 204% |
| M3 + 8% CLA | 13.61 | | |

Al 95% del MDS, la muestra tenía un CBR medio del 13,66%, como se muestra en la tabla, que también incluía un 8% de CLA.

Figura 47

CBR de SN + 8% de CLA



Puede observarse que el CBR del suelo nativo de la subrasante aumentó un 204% después de añadir un 8% de CLA.

4.4.8. Comparativos de los Resultados Adquiridos de la MDS

La inclusión de CLA y su impacto en el CBR se ilustran a continuación:

Tabla 36

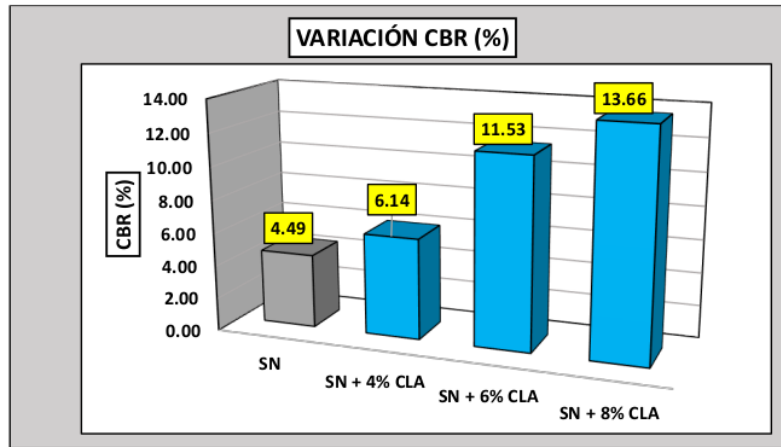
Variabilidad del CBR con la inclusión de CLA

| Combinaciones | Variabilidad del IP | |
|---------------|---------------------|---------------|
| | CBR 95%MDS | Variación (%) |
| SN | 4.49 | - |
| SN + 4% CLA | 6.14 | 37% |
| SN + 6% CLA | 11.53 | 157% |
| SN + 8% CLA | 13.66 | 204% |

Se observas el CBR medio tanto del SN como de las combinaciones que incluyen ceniza de lenteja de agua tiende a crecer hasta un punto específico.

Figura 48

Variación del CBR



La figura denota el CBR del suelo natural varía con diferentes combinaciones de CLA, con la combinación de SN y 8% de CLA mostrando el mayor incremento de 204% a 95% SDM.

4.4.9. Comparación General de las propiedades estudiadas con la inclusión de CI

A continuación, se detalla un resumen de las características analizadas al agregar ceniza de ichu, como el IP, nivel de compactación y capacidad de carga.

Tabla 37

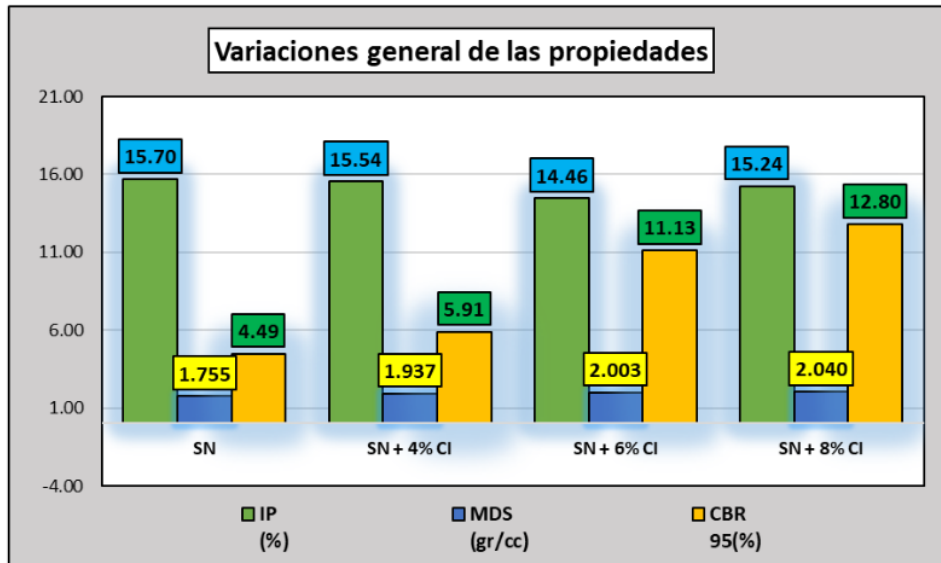
Resultados Generales del suelo con CI

| Resultados de las propiedades del suelo | | | |
|---|--------|-------------|-----------|
| Combinaciones | IP (%) | MDS (gr/cc) | CBR 95(%) |
| SN | 15.70 | 1.755 | 4.49 |
| SN + 4% CI | 15.54 | 1.937 | 5.91 |
| SN + 6% CI | 14.46 | 2.003 | 11.13 |
| SN + 8% CI | 15.24 | 2.040 | 12.80 |

Se denotan promedios de los valores de las propiedades evaluadas al añadir ceniza de ichu, mostrando resultados positivos en función de cada propiedad analizada.

Figura 49

Variación general de resultados según la propiedad estudiada



En la ilustración se pueden ver los cambios globales en el IP, el nivel de compactación y la capacidad portante (CBR). Destacamos que alrededor de un 8% de concentración de ceniza de ichu produce la mezcla óptima con el SN.

4.4.10. Comparación General de las propiedades estudiadas con la adición de CLA

En este informe se ofrece un resumen de las características analizadas al incorporar CLA, como la plasticidad, compactación y resistencia del suelo.

Tabla 38

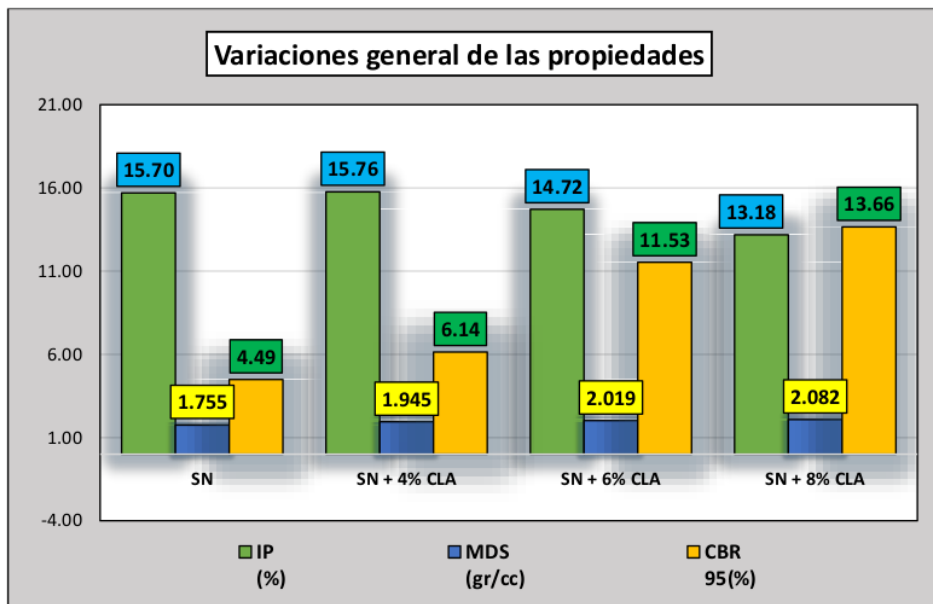
Resultados Generales del suelo con CLA

| Resultado de las propiedades del suelo | | | |
|--|--------|-------------|-----------|
| Muestra | IP (%) | MDS (gr/cc) | CBR 95(%) |
| SN | 15.70 | 1.755 | 4.49 |
| SN + 4% CLA | 15.76 | 1.945 | 6.14 |
| SN + 6% CLA | 14.72 | 2.019 | 11.53 |
| SN + 8% CLA | 13.18 | 2.082 | 13.66 |

Se indican los promedios de los valores de ciertas propiedades después de haber sido estudiadas con la inclusión de ceniza de lenteja de agua. Los resultados obtenidos indican que, en general, se observan mejoras significativas en las propiedades estudiadas cuando se añade la CLA.

Figura 50

Variación general de resultados según la propiedad estudiada



En la representación gráfica se pueden observar las fluctuaciones generales del IP, el nivel de compactación (MDS) y la capacidad portante (CBR).

4.5. Discusión de Resultados

A continuación, en este estudio se analizarán los resultados adquiridos y se contrastarán con investigaciones previas para evaluar y discutir los hallazgos.

Primera, El estudio actual reveló que el suelo de la vía analizada tiene un índice de plasticidad promedio del 15.70%. Se encontró que la MDS es de 1.755 gr/cc, con una humedad óptima del 8.40%. Asimismo, se determinó que la capacidad portante CBR media es del 4.49% al 95% del MDS. A nivel nacional, (Cotrado, 2022), Se nos ha

informado de que los suelos naturales suelen tener las siguientes propiedades: un IP del 10,97%, una MDS de 1,875 g/cm³, ¹ un contenido de humedad del 10,45% y una capacidad portante CBR del 4,57% al 95% de la MDS

Segunda, la incidencia de diferentes concentraciones (6%, 6% y 8%) de CI sobre el IP del suelo en la subrasante de la carretera. Los resultados mostraron un índice de plasticidad de 15.54%, 14.46% y 15.24% para las concentraciones con CI, y para el IP con la inclusión de CLA tu como resultado: 15.76%, 14.72% y 13.18%. A nivel nacional (Villalba, 2023), Los resultados muestran que el límite líquido desciende del 27,57% al 22,19% cuando se añade ceniza de ichu al suelo natural, y que el 6% de ceniza de ichu arroja los mejores resultados. Se ha determinado que la inclusión de un 6% de CI al suelo no tratado eleva el LP del 11,53% al 14,09%. Se ha determinado que el IP del suelo natural se reduce sustancialmente del 16,04% al 8,10% mediante la adición de CI. Los resultados más favorables se obtienen con una adición del 6%.

Tercera, Este estudio analizó cómo el nivel de compactación del suelo utilizado como subrasante de la carretera se vio afectado por la CI y la CLA en tres concentraciones diferentes (4 %, 6 % y 8 %). La inclusión de CLA produjo densidades secas máximas de 1945 g/cc, 2019 g/cc y 2082 g/cc, junto con contenidos de humedad óptimos correspondientes de 7,48 %, 8,21 % y 9,45 %, secuencialmente. La investigación con la inclusión de ceniza de ichu produjo densidades secas máximas de 1937 g/cc, 2003 g/cc y 2040 g/cc, junto con contenidos de humedad óptimos correspondientes de 7,50 %, 8,27 % y 9,15 %, respectivamente. A nivel nacional (Villalba, 2023), Mientras que el aumento de la concentración de CDI en un 2% eleva la MDS ² de 1,982 kg/cc a 1,991 kg/cc, el aumento de la concentración en un 4% y un 6% la reduce. Como ya ha señalado

Cuarta, El estudio analizó el impacto de diferentes concentraciones (4%, 6% y 8%) de CI y CLA en la ² subrasante de la vía Caminaca - Arapa. Los resultados con la inclusión de ceniza de ichu indican que las capacidades portantes CBR al 95% del MDS fueron del 5.91%, 11.13% y 12.80% para las respectivas concentraciones, y con la inclusión de CLA indican que las capacidades portantes CBR al 95% del MDS fueron del 6.14%, 11.53% y 13.66% para las respectivas concentraciones . A nivel nacional (Mamani & Mamani, 2023), Impacto de la inclusión de 3%, 6% y 9% de CI en el CBR de la subrasante. Se probaron las siguientes muestras: M0, M1, M2, M3 y todas las demás a las que se añadió ceniza de ichu al 0%, 3%, 6% y 9%. Los resultados de CBR en el pozo de prueba C1 1 fueron 3.6%, 7.4%, 10.1%, y 14.3%, respectivamente. Según Cotrado (2022), El suelo de la subrasante puede soportar más peso cuando se agrega una mezcla de cemento y CLA agua. Debido a esto, el suelo convencional tuvo un CBR de 4,40 % con 95 % de MDS; pero, los datos del valor de carga de California alcanzaron 7,63 %, 9,4 % y 15,37 %.

CONCLUSIONES

Primera, Datos recopilados a partir de experimentos realizados en la subrasante del suelo natural de la carretera Caminaca-Arapa, indican un índice de plasticidad promedio del 15.70%, una MDS de 1.755 gr/cc, un OCH del 8.40% y una capacidad portante CBR del 95% de MDS de 4.49%. Se concluye que el valor de CBR obtenido es satisfactorio, cumpliendo con las especificaciones necesarias para la carretera.

Segunda, Se puede concluir que la inclusión ⁹ de ceniza de ichu y de lenteja de agua en diferentes proporciones resultó en una reducción en el IP del suelo natural. En el caso de la ceniza de ichu, se observó una reducción del 1%, 8% y 3% al agregar 4%, 6% y 8% respectivamente, mientras que la CLA mostró una reducción del 0%, 6% y 16% al incorporar las mismas cantidades. En general, ambas adiciones tuvieron un impacto desfavorable en las propiedades del suelo.

Tercera, Se determina que al compactar la subrasante de un SN ² obtuvo una MDS de 1.755 gr/cc. De acuerdo con el estudio realizado, al agregar un porcentaje de CI al suelo natural (4%, 6% y 8%), se lograron aumentos del 10%, 14% y 16% respectivamente en relación con el suelo natural. De manera similar, al incorporar CLA en porcentajes de 4%, 6% y 8%, se observaron incrementos del 11%, 15% y 19% respectivamente ³ con respecto al suelo natural. Ambas adiciones parecen ³ mejorar la compactación del suelo, sin embargo, se obtuvieron mejores resultados al emplear CLA..

Cuarta, En el estudio de CBR de la subrasante de un suelo natural, se encontró que el CBR a un 95% MDS era del 4.49%. Tras añadir ceniza de ichu en cantidades de 4%, 6% y 8% al suelo natural, se registró un incremento del 32%, 148% y 185% respectivamente. Del mismo modo, al agregar CLA en porcentajes de 4%, 6% y 8%, se observó un aumento del 37%, 157% y 204% en comparación con el suelo natural. Estos resultados demuestran que tanto ⁸ la ceniza de ichu como la ceniza de lenteja de agua tienen ² un impacto positivo en las propiedades de la subrasante del suelo de la vía Caminaca – Arapa.

RECOMENDACIONES

Primera, Es sumamente recomendable realizar una exhaustiva investigación preliminar antes de proceder a analizar y utilizar los diversos materiales adicionales, tales como la CI, de lenteja de agua, la cal, la ceniza de retama vegetal, la ceniza de cáscara de coco, entre otros, y determinar las proporciones adecuadas de cada uno de ellos con el objetivo de la adquisición de mejores resultados.

Segunda, Es recomendable una previa investigación para la inclusión de CI y CLA en las propiedades de agua, ya que este tiende a reducir la plasticidad del suelo.

Tercera, Se recomienda llevar a cabo estudios más detallados sobre la composición del suelo con el objetivo de mejorar su calidad utilizando materiales reciclados, lo que tendrá un efecto favorable en las propiedades del suelo y generará ahorros en los costos de construcción de futuras carreteras.

Cuarto, Se recomienda emplear una mezcla equilibrada de CLA y ceniza de ichu en las proporciones óptimas al realizar la prueba CBR 95% MDS. Estas adiciones pueden mejorar en gran medida las cualidades mecánicas y físicas del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Abanto, e. L., & salinas, s. E. (2021). Analisis de la estabilizacion de subrasantes con uso de ceniza de bagazo de caña de azucar y cal en el Perú. Trujillo-perú: universidad
- Almanza, c. J., & eros, q. E. (2022). Cenizas de ichu en la estabilización del suelo de una trocha carrozable a nivel de subrasante, caracoto 2022. Lima - Perú: universidad cesar vallejo.
- Almonacid, r. I. (2019). Estabilización de subrasante mediante cal y ceniza de quinua en suelos del centro poblado viñas, tayacaja, huancavelica. Huancayo-perú: universidad peruana los andes .
- Braja, m. (2019). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. Cengage learning. Doi:987-607-481-823-9
- Calderon, b. J., & lopez, r. M. (2022). Estabilización de suelos con ceniza de bagazo de caña de azucar en la subrasante de la carretera sapillica-naranjo, ayabaca - Piura. Piura-perú: universidad privada antenor orrego.
- Castillo, p. F. (2020). Evaluación de las propiedades de la subrasante con baja capacidad portante adicionando ceniza de tusa de maíz y cascara de mani, vmt 2019. Lima-perú: universidad cesar vallejo.
- Chávez, a. (2021). Silicato de sodio para la estabilización de suelos en la trocha la menta km 00+000 - garabato km 1+430 distrito de las lomas-provincia y departamento de Piura. Piura: universidad nacional de Piura.
- Condo, b. I., & cusco, c. L. (2023). Influencia de la melaza de caña de azucar en la permeabilidad de muestras de suelo arenoso de una subrasante. Riobamba-ecuador: universidad nacional de chimborazo .
- Cotrado, t. H. (2022). Mejoramiento de subrasante con adición de cenizas de lenteja de agua y cemento en la avenida la huayrana, juliaca 2022 . Lima - Perú: universidad cesar vallejo.
- Daramola, t. S. (2021). Experimental study on the geotechnical properties of soils treated with banana leaf ash. New york science journal. Department of civil engineering, obafemi awolowo university, ile-ife, nigeria.
- Delgado, r. C., & mormontoy, p. V. (2021). "estabilización de suelos arcillosos con adición de ceniza de mazorca de maíz y cal". Cusco-perú: universidad andina del cusco.
- Enriquez, g., & sanchez, c. (2002). Mecánica de suelos. Manizales: universidad nacional de colombia.
- Galindo, j., & avellaneda, e. (2016). Análisis técnico del uso de silicato de sodio para estabilización química de suelos. Bogotá d.c.: universidad distrital francisco José de caldas.
- Galvez, r. P., & santoyo, v. J. (2019). "estabilización de suelos cohesivos a nivel de subrasante con ceniza de cáscara de arroz, carretera yanuyacu bajo – señor cautivo". Jaén – Perú: universidad nacional de Jaen.
- Garcia, p. R. (2022). Estabilización de subrasante con adición de ceniza de tusa de maíz y cáscara de maní en la carretera ic-1110171, ica-2022. Ica.perú: universidad cesar vallejo.
- Gonzales, m., & hidalgo, c. (2021). Clasificación de un suelo según sucs.

- Guzmán montenegro, m. (2019). Evaluación de resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la victoria - 2019. Chiclayo: universidad particular de chiclayo.
- Guzman, c. B. (2022). Evaluación de las propiedades físico-mecánicas de la subrasante al adicionar ceniza de bagazo de uva en el distrito de san vicente de cañete, cañete, lima - 2022. Lima-perú: universidad tecnologica del peru.
- Lopez, m. Y., & rivera, b. E. (2019). Evaluación de la resistencia al corte no drenada de un suelo fino mejorado con ceniza de cascarilla de arroz. Ibagué-colombia: universidad de ibagué.
- Lupaca, r. R. (2022). Estabilizacion de la subrasante incorporando cenizas de tallos de quinua en la carretera checca-mazocruz, puno - 2022. Lima-perú: universidad cesar vallejo.
- Mamani, a. M., & mamani, r. W. (2023). Influencia de la adición de ceniza de ichu y ceniza de hoja de coca en las propiedades mecánicas de la subrasante, puno 2022. Lima - Perú: universidad cesar vallejo.
- Martinez, r., osada, a., & ramos, n. (2021). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). Revista científica mundo de la investigacion y el conocimiento, 163-173. Doi:10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173
- Mtc. (2019). Manual de carreteras - suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Ministerio de transportes y comunicaciones.
- Mtc, .. (2019). Manual de carreteras - suelos geología, geotecnia y pavimentos. Lima: ministerio de transportes y comunicaciones.
- Mtc, m. (2019). Manual de carreteras - suelos, geología, geotecnia y pavimentos- sección suelos y pavimentos. Lima: mtc.
- Mtc. (2019). Manual de carreteras: suelo, geología, geotécnica y pavimentos. Lima: ministerio de transportes y comunicaciones.
- Mucha, h. L., & chamorro, m. R. (2021). Evaluación de procedimientos empleados para determinar la población y muestra en trabajos de investigación de posgrado. Huancayo - Perú: revista científica de ciencias sociales y humanidades.
- Nel, i. (2019). Metodología de la investigación. Lima: editorial macro.
- Ojeda, j., & ramos, c. (2022). 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
- Ortega, k., & villafuerte, i. (2015). Evaluación estructural de pavimento flexible para suelos de tipo limo arenoso. Evaluación estructural de pavimento flexible para suelos de tipo limo arenoso. Quito: pontificia universidad católica del ecuador.
- Paquita, e. (2015). Evaluación geológica y geotécnica de la carretera del circuito turístico lago sagrado de los incas, tramo km. 00+000 al km. 10+000 cota-charcas-puno. Puno: universidad nacional del altiplano.
- Perez, s. R. (2021). Mejoramiento de subrasante mediante la adición de ceniza de quinua en la carretera pe-38, provincia chucuito, puno, 2021. Lima-perú: universidad cesar vallejo.

- Quispe, c., & tarifa, y. W. (2022). Estabilización de suelos arcillosos con cal y cenizas de cáscara de castaña para la subrasante en la av. Circunvalación, tambopata 2022. Lima-perú: universidad cesar vallejo.
- Rai, p. W. (2021). Effect of fly ash and cement on the engineering characteristic of stabilized subgrade soil: an experimental study.
- Ramírez, e. R. (2022). Estudio del efecto de la ceniza de cascara de arroz en las propiedades físico-mecánicas en suelos finos de subrasante. Ambato-ecuador: universidad técnica de ambato.
- Ramírez, j. I. (2019). Estabilización de suelos de la avenida 2 el caserío de pueblo libre nuevo, adicionando 3% y 5% de la ceniza de schinus molle de horno artesanal, distrito de pueblo libre-huaylas-ancash. Caraz-perú: universidad san pedro.
- Ramírez, w., & zavaleta, r. (2017). Estudio comparativo del diseño del pavimento rígido, semirrígido con adoquines de concreto y flexible para las calles del sector vi c- el milagro - trujillo - la libertad. Trujillo: universidad privada anterior orrego.
- Ramos, c. M. (2020). "estabilización de subrasante mediante el uso de aceite reciclado en carretera, circuito cruz de paz palian - el tambo – huancayo 2017". Huncayo-perú: universidad alas peruanas.
- Rincon, h. L., & cortes, c. A. (2020). Analisis de la resistencia a la compresion inconfiada y cbr de un adirmado estabilizado con ceniza de bagazo de caña de azucar y cal. Bogotá d.c.: universidad de la salle.
- Rivera, e., & ramos, m. (2019). Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – pet en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la av. Micaela bastidas, tamburco - abancay, 2018. Universidad tecnológica de los andes.
- Rodriguez, m. S. (2019). Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados pet en el distrito la encantada, provincia de morropón – piura 2019. Universidad nacional de piura.
- Sánchez, m. J., fernández, m., & diaz, j. C. (2021). Técnicas e instrumentos de recolección de información: análisis y procesamiento realizado por el investigador cualitativo. Scielo, uisrael, 8(1), 113-128.
- Santos, g. D. (2022). La adición del aceite residual automotriz mejora la estabilización de subrasante de la carretera afirmada dv. Chirinos – chirinos,cajamarca, 2021. Lima-perú: universidad ricardo palma.
- Solis, q. M. (2022). Incorporación de polímero acrílico de estireno y comportamiento mecánico de la subrasante en la carretera negromayo - espinar 2022. Lima-perú: universidad cesar vallejo.
- Sosa, f. J. (2020). Metodología de la investigación científica. Lima: san marcos.
- Ticona, a. J. (2021). "estabilización de suelo arcilloso con adición de cal para el mejoramiento de la subrasante, vía de evitamiento, abancay – apurímac, 2021". Lima-perú: universidad cesar vallejo.
- Velarde, r. R. (2021). La investigación social: introducción a los métodos y técnicas. Escuela superior de relaciones públicas, ppu.
- Vidal, t. P. (2019). Resistencia de concreto con sustitución del cemento en 5%, 7.5% y 10% por la combinación de ceniza de ichu y cascara de huevo. Huaraz - Perú: universidad san pedro.

Villalba, v. J. (2023). Adición de cenizas de ichu en el mejoramiento de la subrasante, camino vecinal chontahuillque - yanaccacca, chalhuhhuacho - apurímac 2022. Lima - Perú: universidad cesar vallejo.

Zarate, b. D. (2020). Diseño de la estructura de pavimento flexible en la vía lenguazaque-villapinzón en el departamento de cundinamarca. Bogota d. C.: universidad militar nueva granada.

Zarate, p. I., & gonzales, r. R. (2019). Estabilización de suelos con adición de ceniza de cáscara de coco al 0.5%, 1.5%, 3%, 5% y 8%, a nivel de subrasante en el sector de lampanin distrito de CÁCERES del Perú provincia del Santa, Ancash. Chimbote-Perú: universidad cesar vallejo.

ANEXO

Anexo A. Matriz de Consistencia

| Problemas | Objetivos | Hipótesis | VARIABLES | Inst. de Medición |
|---|--|--|---|---|
| <p>Problema General: ¿De qué manera influye la incorporación de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua sobre las propiedades de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa?</p> <p>¿Cuáles el efecto de la aplicación de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables sobre el índice de plasticidad del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa?</p> <p>¿Cuál es la influencia de la adición de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables sobre el grado de compactación del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa?</p> <p>¿Cuál es el impacto del empleo de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables sobre el CBR del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa?</p> | <p>Objetivo General: Analizar la influencia de la incorporación de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua sobre las propiedades de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.</p> <p>Determinar el efecto de la aplicación de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables sobre el índice de plasticidad del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.</p> <p>Determinar la influencia de la adición de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables sobre el grado de compactación del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.</p> <p>Determinar el impacto del empleo de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables sobre el CBR del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.</p> | <p>Hipótesis General: La influencia de la incorporación de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua mejorará las propiedades de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.</p> <p>Hipótesis Específicas</p> <p>Las propiedades físicas y mecánicas de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa, resultarán materiales inestables de baja resistencia.</p> <p>El efecto de la aplicación de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables disminuirá el índice de plasticidad del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.</p> <p>La influencia de la adición de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables mejorará el grado de compactación del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.</p> <p>El impacto del empleo de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua en proporciones variables incrementará el CBR del material de la capa de subrasante de la carretera Caminaca – Arapa.</p> | <p>Variable Independiente Ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua</p> <p>Dimensiones: Adición del 4%, 6% y 8% de ceniza de ichu y ceniza de lenteja de agua</p> <p>Variable Dependiente Propiedades del material de la capa de subrasante</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Índice de plasticidad • Grado de compactación • Capacidad de soporte | <p>Fichas y formatos de campo</p> <p>Equipos y herramientas de campo.</p> |

Anexo B. Panel Fotográfico

Fotografía 1. Pesaje de muestra.



Fotografía 2. Pesaje de tara1



Fotografía 3. Pesaje de tara 2



Fotografía 4. Secado en Horno



Fotografía 5. Juego de tamices



Fotografía 6. Prueba de granulometría



Fotografía 7. Muestra inalterada



Fotografía 8. Pesaje de muestra para prueba de limites



Fotografía 9. *Ensayo de limite liquido paso 1*



Fotografía 10. *Ensayo de limite liquido paso 2*



Fotografía 11. *Ensayo de limite liquido paso 3*



Fotografía 12. *Ensayo de limite Plástico*



Fotografía 13. *Pesaje de la muestra de límites paso 1*



Fotografía 14. *Pesaje de la muestra de límites paso 2*



Fotografía 15. Secado en el horno



Fotografía 16. Pesaje del molde cilíndrico paso 1



Fotografía 17. *Muestra para la Prueba de Compactación paso 2*



Fotografía 18. *Prueba de Compactación paso 3*



Fotografía 19. *Pesaje del material Compactado paso 4*



Fotografía 20. *Prueba de compactación paso 5*





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

INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA

**SOLICITANTE
 LUGAR
 MUESTRA
 FECHA**

Bach. JHAN CARLOS ÁPAZA PAYE
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA
 CALICATA 1
 JUNIO DEL 2024

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

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 231.32 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 200.69 |
| PESO DEL TARRO | gr | 55.28 |
| PESO DEL AGUA | gr | 30.63 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 145.41 |
| HUMEDAD % | % | 21.06 |

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

LÍMITE LIQUIDO

| TARRO N° | | C | F |
|----------------------|----|-------|-------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 34.25 | 35.08 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 29.40 | 32.14 |
| PESO DEL TARRO | gr | 18.12 | 19.14 |
| PESO DEL AGUA | gr | 4.85 | 2.94 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 11.28 | 13.00 |
| HUMEDAD % | % | 43.00 | 22.62 |
| N° DE GOLPES | | 22 | 22 |

LÍMITE PLÁSTICO

| E | G |
|-------|-------|
| 12.38 | 12.24 |
| 11.48 | 11.98 |
| 7.98 | 8.63 |
| 0.90 | 0.26 |
| 3.50 | 3.35 |
| 25.71 | 7.76 |

LÍMITE LIQUIDO % : 32.30 LÍMITE PLÁSTICO % : 16.74

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15.56

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mtro. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257



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

PROYECTO

INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA

SOLICITANTE
 LUGAR
 MUESTRA
 FECHA

Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA
 CALICATA 2
 JUNIO DEL 2024

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

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 236.58 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 204.49 |
| PESO DEL TARRO | gr | 53.14 |
| PESO DEL AGUA | gr | 32.09 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 151.35 |
| HUMEDAD % | % | 21.20 |

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

| TARRO N° | LÍMITE LIQUIDO | |
|----------------------|----------------|-------|
| | C | F |
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 34.98 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 30.74 |
| PESO DEL TARRO | gr | 17.56 |
| PESO DEL AGUA | gr | 4.24 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 13.18 |
| HUMEDAD % | % | 32.17 |
| N° DE GOLPES | | 22 |

| LÍMITE PLÁSTICO | |
|-----------------|-------|
| E | G |
| 14.10 | 13.53 |
| 13.54 | 12.69 |
| 9.37 | 8.55 |
| 0.56 | 0.84 |
| 4.17 | 4.14 |
| 13.43 | 20.29 |

LÍMITE LIQUIDO % : 32.48 LÍMITE PLÁSTICO % : 16.86

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15.62

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A.
 JULIACA, T.
 Mgtr. Arnoldo Yana Torres
 CIP. 193257

BIE : B006 - 00297658



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

PROYECTO
SOLICITANTE
LUGAR
MUESTRA
FECHA

INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE GENIZA DE IGHU Y GENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA
 Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA
 CALICATA 2
 JUNIO DEL 2024

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

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 238.68 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 207.40 |
| PESO DEL TARRO | gr | 59.44 |
| PESO DEL AGUA | gr | 31.28 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 147.96 |
| HUMEDAD % | % | 21.14 |

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

| TARRO N° | G | H |
|-------------------------|-------|-------|
| SUELO HUMEDO + TARRO gr | 33.49 | 33.21 |
| SUELO SECO + TARRO gr | 30.71 | 29.50 |
| PESO DEL TARRO gr | 19.53 | 20.29 |
| PESO DEL AGUA gr | 2.78 | 3.71 |
| PESO DEL SUELO SECO gr | 11.18 | 9.21 |
| HUMEDAD % | 24.87 | 40.28 |
| N° DE GOLPES | 24 | 24 |

| H | I |
|-------|-------|
| 12.17 | 12.11 |
| 11.22 | 11.81 |
| 7.48 | 8.05 |
| 0.95 | 0.30 |
| 3.74 | 3.76 |
| 25.40 | 7.98 |

LÍMITE LIQUIDO % : 32.41 **LÍMITE PLÁSTICO % :** 16.69

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15.72

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



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

PROYECTO

INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE IGHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA

SOLICITANTE

Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYS

LUGAR

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V- JULIACA

MUESTRA

CALICATA 4

FECHA

JUNIO DEL 2024

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

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 234.47 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 200.49 |
| PESO DEL TARRO | gr | 38.85 |
| PESO DEL AGUA | gr | 33.98 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 161.64 |
| HUMEDAD % | % | 21.02 |

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

LÍMITE LÍQUIDO

| TARRO N° | | I | J |
|----------------------|----|-------|-------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 32.32 | 32.35 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 29.27 | 29.52 |
| PESO DEL TARRO | gr | 19.52 | 20.90 |
| PESO DEL AGUA | gr | 3.05 | 2.83 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 9.75 | 8.62 |
| HUMEDAD % | % | 31.28 | 32.83 |
| N° DE GOLPES | | 28 | 28 |

LÍMITE PLÁSTICO

| J | K |
|-------|-------|
| 12.15 | 12.02 |
| 11.13 | 11.81 |
| 7.40 | 8.23 |
| 1.02 | 0.21 |
| 3.73 | 3.58 |
| 27.35 | 5.87 |

LÍMITE LIQUIDO % : 32.50 **LÍMITE PLÁSTICO % :** 16.61

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15.89

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FIGP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

M. Sc. Arnaldo Yana Torres
 C.I. 103257

BIE : B006 - 00297658



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)

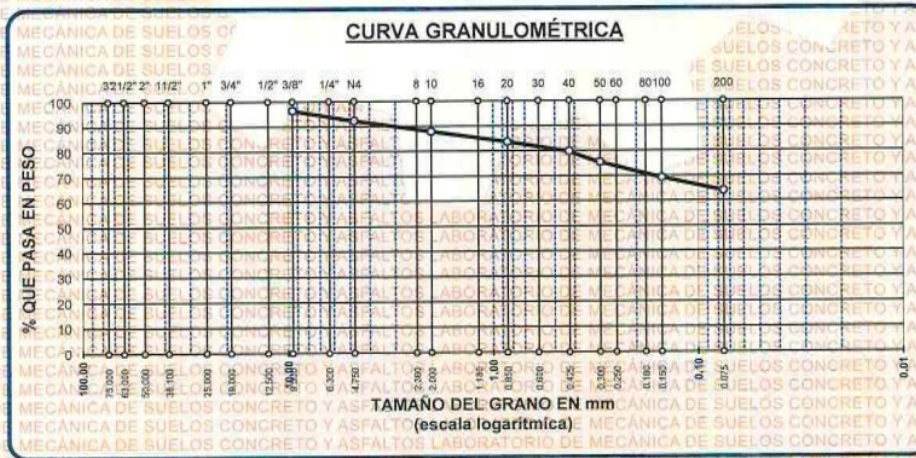
PROYECTO: INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y GENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA

SOLICITANTE: Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE
 LUGAR: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V - JULIACA

MUESTRA: CALICATA 01

FECHA: JUNIO DEL 2024

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | TAMAÑO MÁXIMO: | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------|----------------|---------------------------|
| 3" | 75.000 | | | | | | | P.L.= 2500.00 |
| 2 1/2" | 63.000 | | | | | | | P.L.= 901.02 |
| 2" | 50.000 | | | | | | | P.P.= 1598.98 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | | % W = 7.70 |
| 1" | 25.000 | | | | | | | LIMITES DE CONSISTENCIA: |
| 3/4" | 19.000 | | | | | | | L.L.= 24.50 |
| 1/2" | 12.500 | | | | | | | L.P.= 11.38 |
| 3/8" | 9.500 | 92.38 | 3.70 | 3.70 | 96.30 | | | I.P.= 13.11 |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | | CARACT. GRANULOMÉTRICAS: |
| No4 | 4.750 | 101.35 | 4.05 | 7.75 | 92.25 | | | D10= --- Cu= --- |
| No8 | 2.360 | | | | | | | D30= --- Cc= --- |
| No10 | 2.000 | 109.65 | 4.39 | 12.14 | 87.86 | | | D60= --- |
| No16 | 1.180 | | | | | | | CLASIFICACIÓN: |
| No20 | 0.850 | 105.36 | 4.21 | 16.35 | 83.65 | | | I.G. = : |
| No30 | 0.600 | | | | | | | SUCS : ML |
| No40 | 0.425 | 98.36 | 3.93 | 20.28 | 79.72 | | | ASSTHO : |
| No 50 | 0.300 | 106.31 | 4.25 | 24.54 | 75.46 | | | OBSERVACIONES: |
| No60 | 0.250 | | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | | |
| No100 | 0.150 | 156.32 | 6.25 | 30.79 | 69.21 | | | |
| No200 | 0.075 | 131.29 | 5.25 | 36.04 | 63.96 | | | |
| BASE | | 1598.98 | 63.96 | 100.00 | 0.00 | | | |
| TOTAL | | 2500.00 | 100.00 | | | | | |
| % PERDIDA | | | 63.96 | | | | | |



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. AL JEFATURA
 Ing. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257

BIE : B006 - 00297658



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

INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA

SOLICITANTE

Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE

LUGAR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V - JULIACA

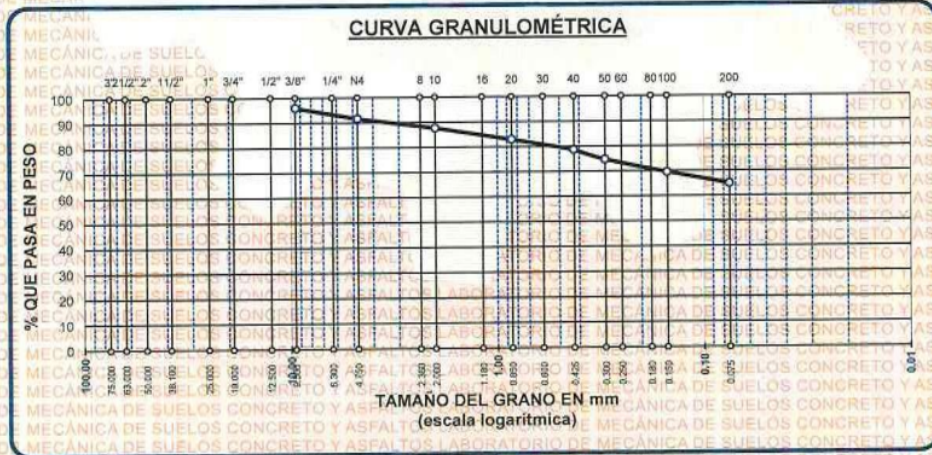
MUESTRA

CALICATA 02

FECHA

JUNIO DEL 2024

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | TAMANO MAXIMO: |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------|---------------------------|
| 3" | 75.000 | | | | | | DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
| 2 1/2" | 63.000 | | | | | | P.L.= 2500.00 |
| 2" | 50.000 | | | | | | P.L.= 876.48 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | P.P.= 1623.52 |
| 1" | 25.000 | | | | | | % w = 21.20 |
| 3/4" | 19.000 | | | | | | LIMITES DE CONSISTENCIA: |
| 1/2" | 12.500 | | | | | | L.L.= 32.48 |
| 3/8" | 9.500 | 101.26 | 4.05 | 4.05 | 95.95 | | L.P.= 16.86 |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | I.P.= 15.62 |
| No4 | 4.750 | 106.58 | 4.26 | 8.31 | 91.69 | | CARACT. GRANULOMETRICAS: |
| No8 | 2.360 | | | | | | D10= --- Cu= --- |
| No10 | 2.000 | 98.65 | 3.95 | 12.26 | 87.74 | | D30= --- Cc= --- |
| No16 | 1.180 | | | | | | D60= --- |
| No20 | 0.850 | 119.18 | 4.77 | 17.03 | 82.97 | | CLASIFICACIÓN: |
| No30 | 0.600 | | | | | | I.G. = : |
| No40 | 0.425 | 106.31 | 4.25 | 21.28 | 78.72 | | SUCS : CL |
| No 50 | 0.300 | 99.58 | 3.98 | 25.26 | 74.74 | | ASSTHO : |
| No60 | 0.250 | | | | | | OBSERVACIONES: |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.150 | 129.45 | 5.18 | 30.44 | 69.56 | | |
| No200 | 0.075 | 115.47 | 4.62 | 35.06 | 64.94 | | |
| BASE | | 1623.52 | 64.94 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 2500.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | | | | | | |



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C.A. JEFATARIA
 Mgr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

BIE: B006 - 00297658



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

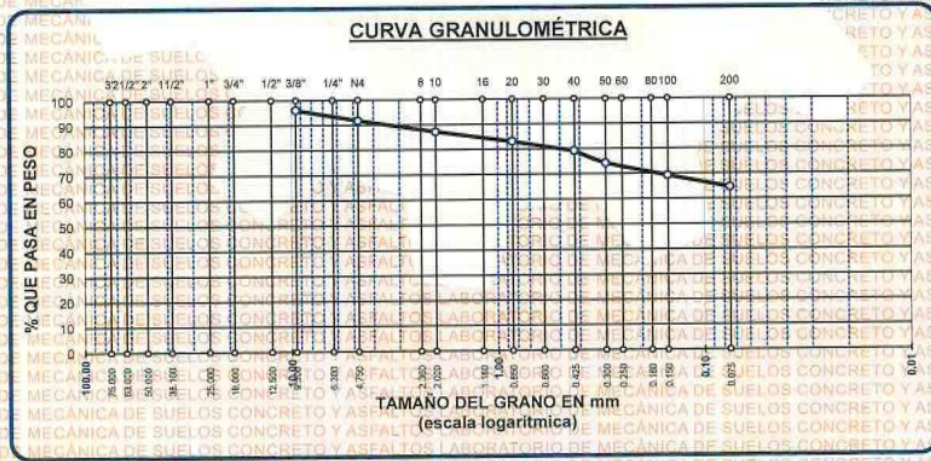


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA
SOLICITANTE Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE
LUGAR LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V - JULIACA
MUESTRA CALICATA 03
FECHA JUNIO DEL 2024

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIFICACIONES | TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|------------------|--|
| 3" | 75.000 | | | | | | P.I.= 2500.00 |
| 2 1/2" | 63.000 | | | | | | P.L.= 886.78 |
| 2" | 50.000 | | | | | | P.P.= 1613.22 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | % W = 21.14 |
| 1" | 25.000 | | | | | | LIMITES DE CONSISTENCIA: |
| 3/4" | 19.000 | | | | | | L.L.= 32.41 |
| 1/2" | 12.500 | | | | | | L.P.= 16.69 |
| 3/8" | 9.500 | 98.68 | 3.95 | 3.95 | 96.05 | | I.P.= 15.72 |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | CARACT. GRANULOMÉTRICAS: |
| No4 | 4.750 | 106.24 | 4.25 | 8.20 | 91.80 | | D10= --- Cu= --- |
| No8 | 2.360 | | | | | | D30= --- Cc= --- |
| No10 | 2.000 | 115.48 | 4.62 | 12.82 | 87.18 | | D60= --- |
| No16 | 1.180 | | | | | | CLASIFICACIÓN: |
| No20 | 0.850 | 101.31 | 4.05 | 16.87 | 83.13 | | I.G. = : |
| No30 | 0.600 | | | | | | SUCS : CL |
| No40 | 0.425 | 97.83 | 3.91 | 20.78 | 79.22 | | ASHTO : |
| No 50 | 0.300 | 123.13 | 4.93 | 25.71 | 74.29 | | OBSERVACIONES: |
| No60 | 0.250 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.150 | 125.36 | 5.01 | 30.72 | 69.28 | | |
| No200 | 0.075 | 118.75 | 4.75 | 35.47 | 64.53 | | |
| BASE | | 1613.22 | 64.53 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 2500.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | 64.53 | | | | | |



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CALIFICACIÓN CIVIL
 M.S.C.A. JEFATURA
 Mgr. Yanis Torres
 CIP: 103257

BIE : B006 - 00297658



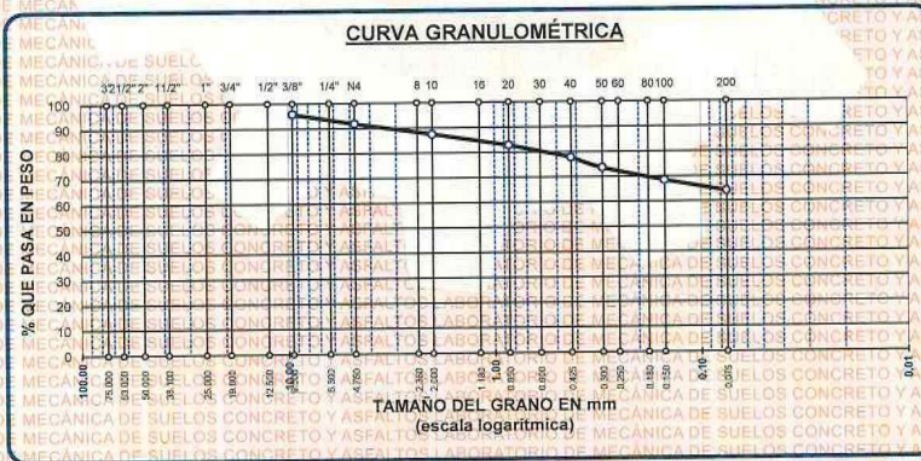
UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------|--|
| 3" | 75.000 | | | | | | P.L.= 2500.00 |
| 2 1/2" | 63.000 | | | | | | P.L.= 896.61 |
| 2" | 50.000 | | | | | | P.P.= 1603.39 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | % w = 21.02 |
| 1" | 25.000 | | | | | | LIMITES DE CONSISTENCIA: |
| 3/4" | 19.000 | | | | | | L.L.= NP |
| 1/2" | 12.500 | | | | | | L.P.= NP |
| 3/8" | 9.500 | 105.14 | 4.21 | 4.21 | 95.79 | | I.P.= NP |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | CARACT. GRANULOMÉTRICAS: |
| No4 | 4.750 | 98.29 | 3.93 | 8.14 | 91.86 | | D10= --- Cu= --- |
| No8 | 2.360 | | | | | | D30= --- Cc= --- |
| No10 | 2.000 | 109.48 | 4.38 | 12.52 | 87.48 | | D60= --- |
| No16 | 1.180 | | | | | | CLASIFICACIÓN: |
| No20 | 0.850 | 114.27 | 4.57 | 17.09 | 82.91 | | I.G. = : |
| No30 | 0.600 | | | | | | SUCS : SP |
| No40 | 0.425 | 125.83 | 5.03 | 22.12 | 77.88 | | ASSTHO : |
| No 50 | 0.300 | 106.34 | 4.25 | 26.37 | 73.63 | | OBSERVACIONES: |
| No60 | 0.250 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.150 | 128.45 | 5.14 | 31.51 | 68.49 | | |
| No200 | 0.075 | 108.81 | 4.35 | 35.86 | 64.14 | | |
| BASE | | 1603.39 | 64.14 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 2500.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | | 64.14 | | | | |



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 M.S.C.A. JEFATURA
 Mgtr. Annalida Yana Torres
 CIP 193273

BIE: B006 - 00297658



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: | INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA-CAMINACA - ARAPA |
| SOLICITANTE: | Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE |
| UBICACIÓN: | CARRETERA CAMINACA - ARAPA |
| PROGRESIVA: | KM 0+500 - MARGEN DERECHO |
| MUESTRA: | CALICATA 1 |
| FECHA: | JUNIO DEL 2024 |

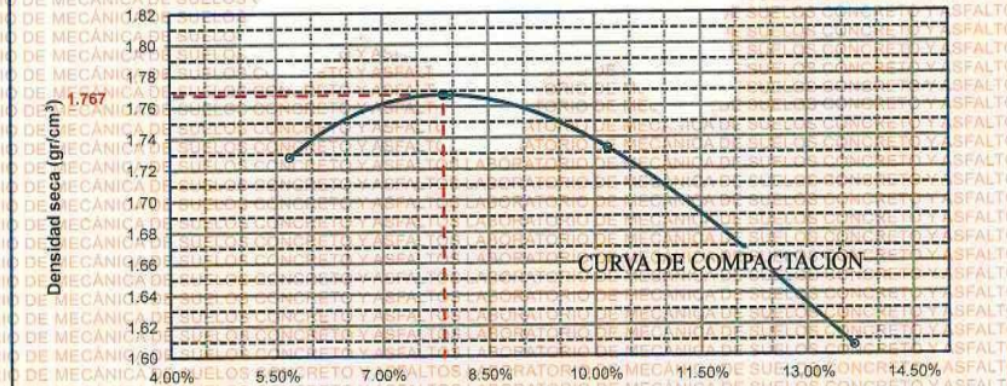
| | | | |
|---------------|---|---------------------|----------------------|
| MOLDE No : | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE : | 2105 cm ³ |
| No DE CAPAS : | 5 | GOLPES POR CAPA : | 56 golpes |

| | | | | | |
|---------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 9826 | 9998 | 10002 | 9824 |
| Peso del Molde | gr. | 5982 | 5982 | 5982 | 5982 |
| Peso del Suelo Humedo | gr/cm ³ . | 3844 | 4016 | 4020 | 3842 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cm ³ . | 1.826 | 1.908 | 1.910 | 1.825 |

| Capsula No | No | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|-------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 419.64 | 408.63 | 437.08 | 417.78 | 429.56 | 408.80 | 405.72 | 384.63 |
| | gr. | 399.87 | 390.76 | 412.51 | 389.00 | 397.21 | 376.00 | 355.81 | 355.44 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | | | | | | | | | |
| Peso del Agua | gr. | 19.77 | 17.87 | 24.57 | 28.78 | 32.35 | 32.80 | 49.91 | 29.19 |
| Peso de la Capsula | gr. | 64.73 | 64.38 | 63.43 | 64.65 | 66.68 | 65.89 | 65.81 | 66.56 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 335.14 | 328.38 | 349.08 | 324.35 | 330.63 | 310.11 | 290.00 | 288.68 |
| % de Humedad | % | 5.90% | 5.48% | 7.04% | 8.87% | 9.79% | 10.58% | 17.21% | 10.10% |
| Promedio de Humedad | % | 5.69% | | 7.96% | | 10.18% | | 13.66% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.728 | | 1.767 | | 1.733 | | 1.606 | |

| | | | |
|---------|----------------|------------------------|--------------------------|
| METODO: | ASTM D - 1557 | MAXIMA DENSIDAD SECA : | 1.767 gr/cm ³ |
| | MODIFICADO "C" | HUMEDAD OPTIMA : | 7.86% |

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 N. S. C. A. JEBATERA
 JALISCO

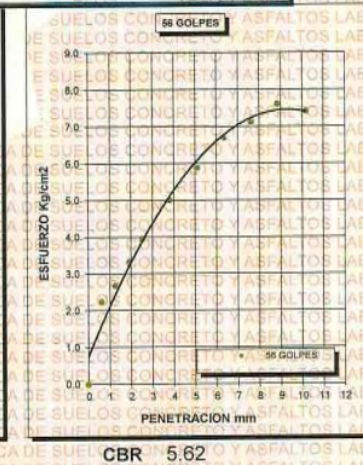
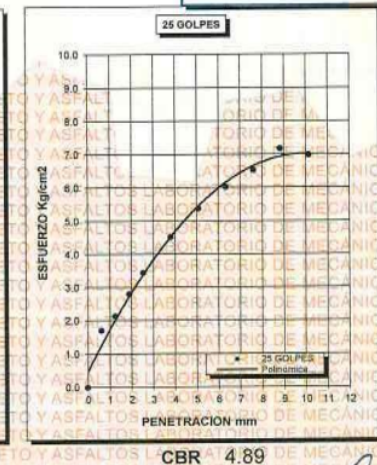
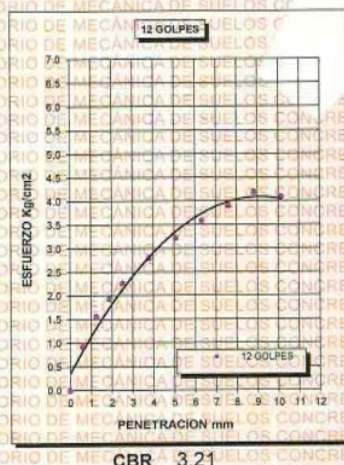
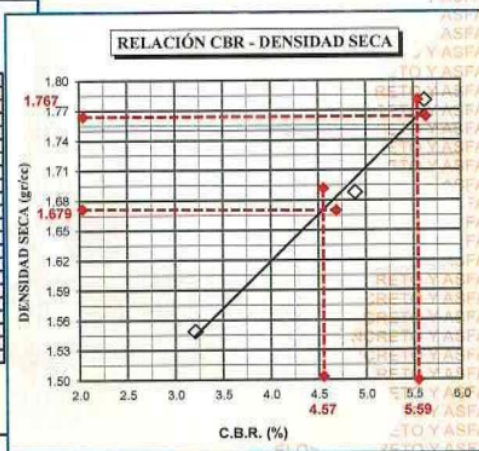
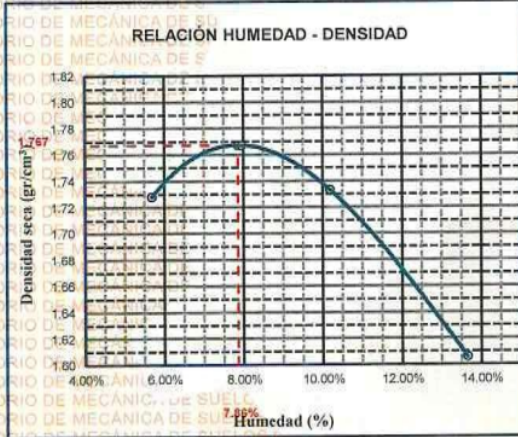
BIE: B006 - 00297658



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



| | | | |
|--|------------------------------|--|--------|
| INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA | | METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 | |
| PROYECTO : | | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) | 1.767 |
| SOLICITADO : | Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE | HUMEDAD OPTIMA (%) | 7.86% |
| UBICACIÓN : | CARRETERA CAMINACA - ARAPA | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) | 5.59 |
| PROGRESIVA : | KM 0+500.- MARGEN DERECHO | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) | 4.57 |
| SUELO NATURAL : | CALICATA 1 | CLASIFICACIÓN : | CL |
| FECHA : | JUNIO DEL 2024 | AASHTO : | A-2 |
| | | EMBEBIDO : | 4 DIAS |



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C. JEFATURA
 Jhan Carlos Apaza Paye
 CIP 103247

BIE : B006 - 00297658



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 | : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA |
| SOLICITANTE | : Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE |
| UBICACIÓN | : CARRETERA CAMINACA - ARAPA |
| PROGRESIVA | : KM 1+500 - MARGEN DERECHO |
| MUESTRA | : CALICATA 3 |
| FECHA | : JUNIO DEL 2024 |

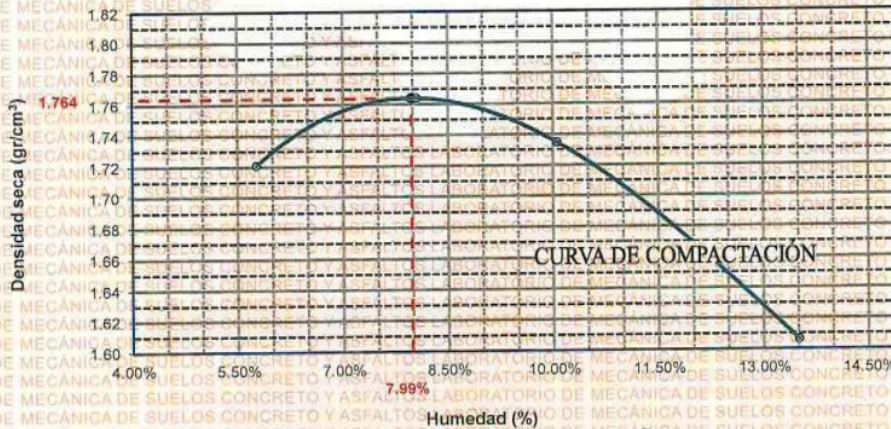
| | | | |
|--------------------|-----|--------------------------|------------------------|
| MOLDE No | : 1 | VOLUMEN DEL MOLDE | : 2105 cm ³ |
| No DE CAPAS | : 5 | GOLPES POR CAPA | : 56 golpes |

| | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 9813 | 9994 | 10001 | 9820 |
| Peso del Molde | gr. | 5982 | 5982 | 5982 | 5982 |
| Peso del Suelo Húmedo | gr/cm ³ | 3831 | 4012 | 4019 | 3838 |
| Densidad del Suelo Húmedo | gr/cm ³ | 1.820 | 1.906 | 1.909 | 1.823 |

| | No | SUP. | | INF. | | SUP. | | INF. | |
|--------------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
| Suelo Húmedo + Capsula | gr. | 418.28 | 407.67 | 436.75 | 416.72 | 428.97 | 407.68 | 404.48 | 383.42 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 398.08 | 389.83 | 411.33 | 388.26 | 396.57 | 375.75 | 355.95 | 354.48 |
| Peso del Agua | gr. | 20.20 | 17.84 | 25.42 | 28.46 | 32.40 | 31.93 | 48.53 | 28.94 |
| Peso de la Capsula | gr. | 64.70 | 64.38 | 63.46 | 64.63 | 66.60 | 65.83 | 65.74 | 66.57 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 333.38 | 325.45 | 347.87 | 323.63 | 329.97 | 309.92 | 289.61 | 287.91 |
| % de Humedad | % | 6.06% | 5.48% | 7.31% | 8.79% | 9.82% | 10.30% | 16.96% | 10.05% |
| Promedio de Humedad | % | 5.77% | | 8.05% | | 10.06% | | 13.51% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.721 | | 1.764 | | 1.735 | | 1.606 | |

| | | | |
|----------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|
| METODO: | ASTM D - 1557 | MAXIMA DENSIDAD SECA | : 1.764 gr/cm ³ |
| | MODIFICADO "C" | HUMEDAD OPTIMA | : 7.99% |

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 P.C.P. - CAMINACA
 M.S.C.A. JEFERSON
 Mely Arnaldo Yana Torres
 C.P. 193257

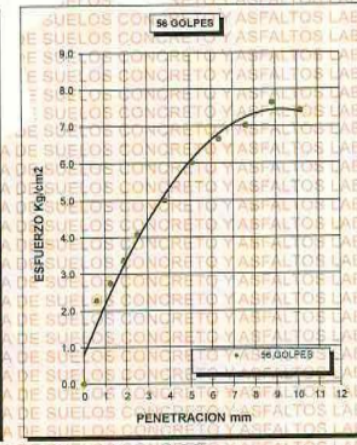
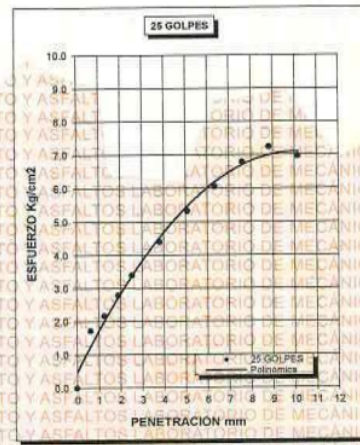
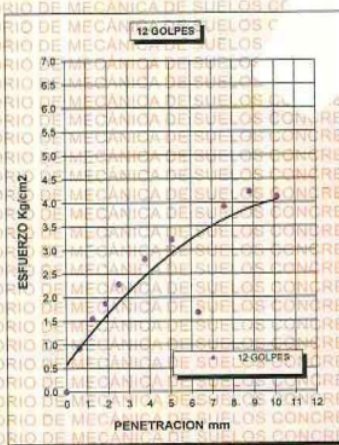
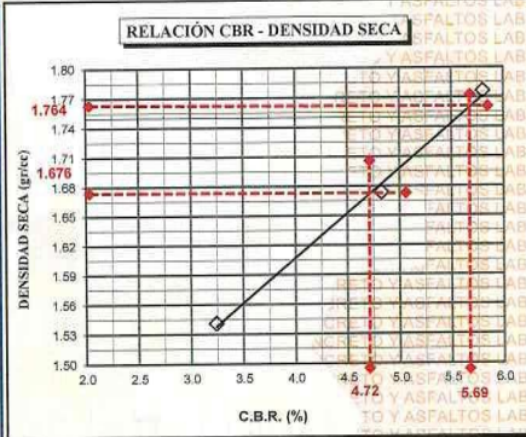
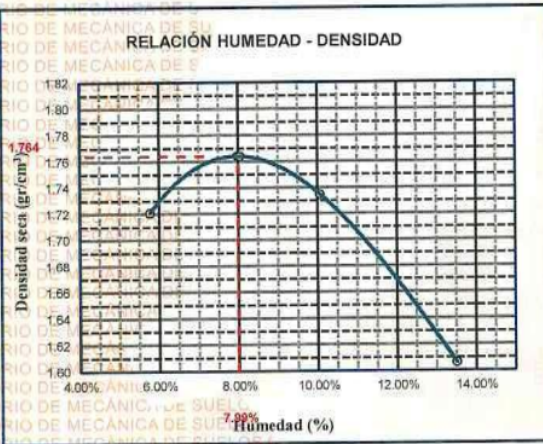
BIE : B006 - 00297658



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



| | | | |
|--|------------------------------|--|--------|
| INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA | | MÉTODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 | |
| SOLICITADO : | Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³) : | 1.764 |
| UBICACIÓN : | CARRETERA CAMINACA - ARAPA | HUMEDAD OPTIMA (%) : | 7.99% |
| PROGRESIVA : | KM 1+500 - MARGEN DERECHO | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : | 5.69 |
| MUESTRA : | SUELO NATURAL - CALICATA 03 | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : | 4.72 |
| FECHA : | JUNIO DEL 2024 | CLASIFICACIÓN : | CL |
| | | AASHTO : | A-2 |
| | | EMBEBIDO : | 4 DIAS |



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FIGP - CIVIL INGENIERIA CIVIL
 M.Sc. Arivaldo Tana Torres
 CIP 103257

BIE : B006 - 00297658



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 | : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA |
| SOLICITANTE | : Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE |
| UBICACIÓN | : CARRETERA CAMINACA - ARAPA |
| PROGRESIVA | : KM 2+000 - MARGEN IZQUIERDO |
| MUESTRA | : CALICATA 4 |
| FECHA | : JUNIO DEL 2024 |

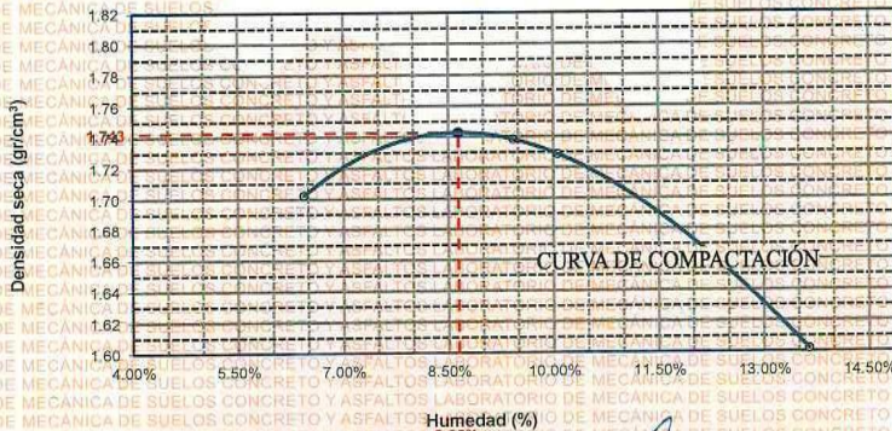
| | | | |
|--------------------|-----|--------------------------|------------------------|
| MOLDE No | : 1 | VOLUMEN DEL MOLDE | : 2105 cm ³ |
| No DE CAPAS | : 5 | GOLPES POR CAPA | : 56 golpes |

| | | | | | |
|----------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 9796 | 9986 | 9987 | 9814 |
| Peso del Molde | gr. | 5982 | 5982 | 5982 | 5982 |
| Peso del Suelo Húmedo | gr/cm ³ . | 3814 | 4004 | 4005 | 3832 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cm ³ . | 1.812 | 1.902 | 1.903 | 1.820 |

| Capsula No | No | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|--------------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 414.58 | 403.55 | 432.77 | 412.77 | 424.47 | 403.46 | 400.54 | 379.40 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 394.10 | 382.36 | 403.23 | 380.68 | 392.74 | 371.58 | 351.74 | 350.30 |
| Peso del Agua | gr. | 20.48 | 21.19 | 29.54 | 32.09 | 31.73 | 31.88 | 48.80 | 29.10 |
| Peso de la Capsula | gr. | 64.89 | 64.58 | 63.63 | 64.88 | 66.25 | 65.48 | 65.35 | 66.42 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 329.41 | 317.78 | 339.40 | 315.80 | 326.49 | 306.10 | 286.39 | 283.88 |
| % de Humedad | % | 6.22% | 6.67% | 8.70% | 10.16% | 9.72% | 10.41% | 17.04% | 10.25% |
| Promedio de Humedad | % | 6.44% | | 9.43% | | 10.07% | | 13.65% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.702 | | 1.738 | | 1.729 | | 1.602 | |

| | | | |
|----------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|
| METODO: | ASTM D - 1557 | MAXIMA DENSIDAD SECA | : 1.743 gr/cm ³ |
| | MODIFICADO "C" | HUMEDAD OPTIMA | : 8.65% |

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Lic. Alfredo Yaita Torres
 CIP: 193257

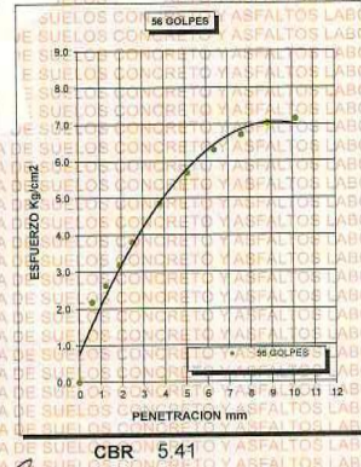
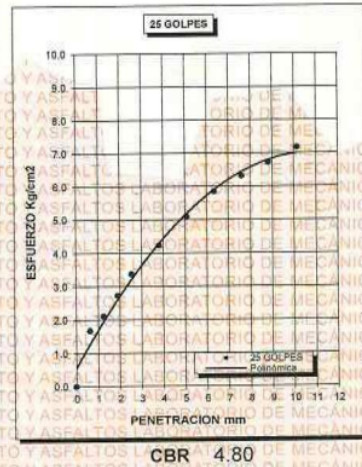
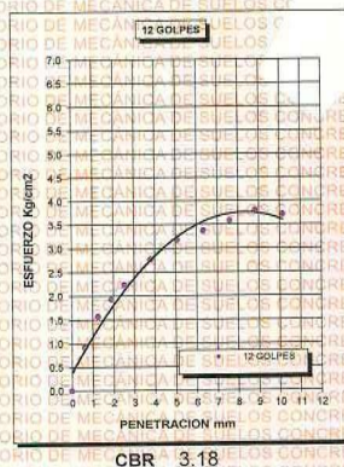
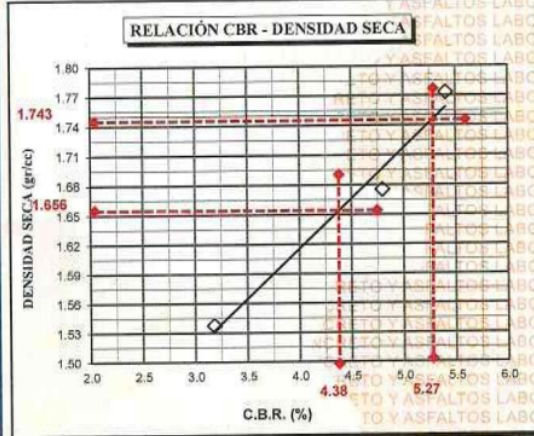
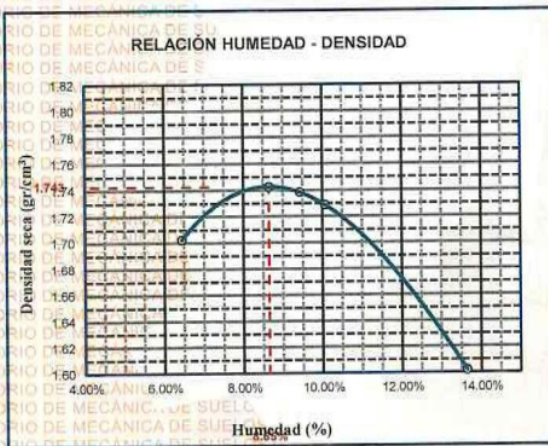
BIE: B006 - 00297658



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



| | |
|--|--|
| INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA | METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 |
| PROYECTO : | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³) : 1.743 |
| SOLICITADO : Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE | HUMEDAD OPTIMA (%) : 8.65% |
| UBICACIÓN : CARRETERA CAMINACA - ARAPA | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : 5.27 |
| PROGRESIVA : KM 2+000 - MARGEN IZQUIERDO | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : 4.38 |
| MUESTRA : SUELO NATURAL - CALICATA 04 | CLASIFICACIÓN : CL |
| FECHA : JUNIO DEL 2024 | AASHTO : A-2 |
| | EMBEBIDO : 4 DIAS |



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 M.Sc. Yanina Torres
 NIP 103257

BIE: B006 - 00297658



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 | : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA-CAMINACA - ARAPA |
| SOLICITANTE | : Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE |
| UBICACIÓN | : CARRETERA CAMINACA - ARAPA |
| PROGRESIVA | : KM 0+500 - MARGEN DERECHO |
| MUESTRA | : MUESTRA 1 + 4% DE CENIZA DE ICHU |
| FECHA | : JUNIO DEL 2024 |

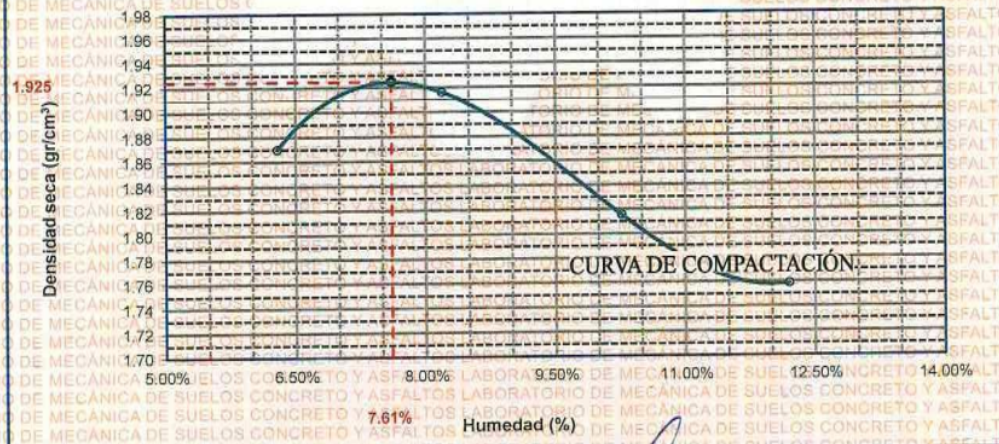
| | | | |
|-------------|-----|-------------------|------------------------|
| MOLDE No | : 1 | VOLUMEN DEL MOLDE | : 2105 cm ³ |
| No DE CAPAS | : 5 | GOLPES POR CAPA | : 56 golpes |

| | | | | | |
|---------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 10166 | 10346 | 10196 | 10136 |
| Peso del Molde | gr. | 5982 | 5982 | 5982 | 5982 |
| Peso del Suelo Humedo | gr/cm ³ . | 4184 | 4364 | 4214 | 4154 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cm ³ . | 1.988 | 2.073 | 2.002 | 1.973 |

| Capsula No | No | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|-------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 410.37 | 404.49 | 429.57 | 409.48 | 421.78 | 400.37 | 397.27 | 379.49 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 387.13 | 387.17 | 404.37 | 381.16 | 389.43 | 368.49 | 361.37 | 345.37 |
| Peso del Agua | gr. | 23.24 | 17.32 | 25.20 | 28.32 | 32.33 | 31.88 | 35.90 | 34.12 |
| Peso de la Capsula | gr. | 64.72 | 64.58 | 63.82 | 65.89 | 66.22 | 65.48 | 66.36 | 65.42 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 322.41 | 322.59 | 340.55 | 315.27 | 323.21 | 303.01 | 295.01 | 278.95 |
| % de Humedad | % | 7.21% | 5.37% | 7.40% | 8.98% | 10.00% | 10.52% | 12.17% | 12.23% |
| Promedio de Humedad | % | 6.29% | | 8.19% | | 10.26% | | 12.20% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.870 | | 1.916 | | 1.816 | | 1.759 | |

| | | | |
|---------|----------------|----------------------|----------------------------|
| METODO: | ASTM D - 1557 | MAXIMA DENSIDAD SECA | : 1.925 gr/cm ³ |
| | MODIFICADO "C" | HUMEDAD OPTIMA | : 7.61% |

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



Armando Jhon Torres
 CIP: 105267

BIE: B006-00297658



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 : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA
SOLICITANTE : Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE
UBICACIÓN : CARRETERA CAMINACA - ARAPA
PROGRESIVA : KM 0+500 - MARGEN DERECHO
MUESTRA : MUESTRA 1 + 4% DE CENIZA DE ICHU
FECHA : JUNIO DEL 2024

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

| | | | | | | | |
|----------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 12315 | 12381 | 12384 | 12570 | 12946 | 12966 |
| Peso del Molde | gr. | 8131 | 8131 | 8006 | 8006 | 8266 | 8266 |
| Peso del Suelo Humedo | gr. | 4184 | 4250 | 4378 | 4564 | 4680 | 4700 |
| Volumen del Suelo | cc. | 2104.81 | 2104.81 | 2101.91 | 2101.91 | 2096.50 | 2096.50 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cc. | 1.988 | 2.019 | 2.063 | 2.171 | 2.232 | 2.242 |

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Capsula No | No | 5 | 4 | B | 15 | 14 | E | 4 | 10 | T |
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 252.57 | 261.66 | 228.35 | 247.30 | 245.15 | 229.27 | 207.17 | 212.35 | 201.35 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 220.85 | 221.50 | 197.37 | 242.18 | 222.64 | 206.06 | 195.47 | 194.27 | 180.25 |
| Peso del Agua | gr. | 31.72 | 40.16 | 30.98 | 5.12 | 22.51 | 23.21 | 11.70 | 18.08 | 21.10 |
| Peso de la Capsula | gr. | 39.72 | 39.96 | 23.63 | 38.92 | 39.55 | 23.38 | 40.09 | 39.73 | 23.10 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 181.13 | 181.54 | 173.74 | 203.26 | 183.09 | 182.68 | 155.38 | 154.54 | 157.15 |
| % de Humedad | % | 17.51% | 22.12% | 17.83% | 2.52% | 12.28% | 12.71% | 7.53% | 11.70% | 13.43% |
| Promedio de Humedad | % | 19.82% | | 17.83% | 7.41% | | 12.71% | 9.61% | | 13.43% |
| Densidad del Suelo Seco | gr/cc. | 1.659 | | 1.714 | 1.939 | | 1.927 | 2.036 | | 1.976 |

EXPANSION

| Fecha | Hora | Tiempo | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | |
|------------|------------|----------|--------|-----------|------|--------|-----------|------|--------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 18/09/2023 | 08:25 a.m. | 0 | 304.00 | 0.00 | 0 | 265.00 | 0 | 0 | 124.00 | 0 | 0 |
| 19/09/2023 | 08:25 a.m. | 24:00:00 | 311.00 | 0.18 | 1.53 | 269.00 | 0.10 | 0.87 | 128.00 | 0.10 | 0.87 |
| 20/09/2023 | 08:25 a.m. | 48:00:00 | 313.00 | 0.23 | 1.97 | 273.00 | 0.20 | 1.74 | 131.00 | 0.18 | 1.53 |
| 21/09/2023 | 08:25 a.m. | 72:00:00 | 314.00 | 0.25 | 2.18 | 274.00 | 0.23 | 1.96 | 135.00 | 0.28 | 2.40 |
| 22/09/2023 | 08:25 a.m. | 96:00:00 | 320.00 | 0.41 | 3.49 | 281.00 | 0.41 | 3.49 | 138.00 | 0.36 | 3.06 |

PENETRACION

| Penetración mm | Tiempo | Carga Est. | MOLDE No III | | | | MOLDE No II | | | | MOLDE No I | | | |
|----------------|--------|------------|--------------|-------|--------|---------|-------------|------|--------|---------|------------|------|--------|---------|
| | | | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. |
| 0.00 | 0:00 | | 0.0 | 0.00 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | 0.0 | 0.00 | 0.00 | |
| 0.63 | 00:30 | | 2.1 | 34.0 | 0.9 | | 7.6 | 57 | 2.9 | | 11.7 | 75 | 3.8 | |
| 1.27 | 01:00 | | 4.2 | 43.0 | 2.2 | | 8.6 | 62 | 3.1 | | 13.7 | 83 | 4.2 | |
| 1.91 | 01:30 | | 7.2 | 55.7 | 2.8 | | 11.6 | 74 | 3.8 | | 16.6 | 96 | 4.8 | |
| 2.54 | 02:00 | 70.31 | 10.2 | 88.4 | 3.5 | | 14.4 | 86 | 4.4 | | 19.7 | 109 | 5.5 | |
| 3.81 | 03:00 | | 15.1 | 89.2 | 4.5 | | 19.5 | 109 | 5.5 | | 24.4 | 129 | 6.5 | |
| 5.09 | 04:00 | 105.00 | 19.1 | 106.2 | 5.4 | | 23.4 | 124 | 6.3 | | 28.4 | 149 | 7.4 | |
| 6.35 | 05:00 | | 22.1 | 118.9 | 6.0 | | 27.1 | 140 | 7.1 | | 32.4 | 163 | 8.2 | |
| 7.62 | 06:00 | | 24.5 | 129.1 | 6.5 | | 29.4 | 150 | 7.6 | | 34.4 | 171 | 8.7 | |
| 8.84 | 07:00 | | 27.7 | 142.7 | 7.2 | | 31.5 | 159 | 8.0 | | 36.6 | 180 | 9.1 | |
| 10.16 | 08:00 | | 26.8 | 138.9 | 7.0 | | 30.6 | 155 | 7.8 | | 35.7 | 177 | 8.9 | |

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CIVIL INGENIERIA Y CIVIL
 Ing. Arnaldo Irujo Torres
 C.I.F. 1033707

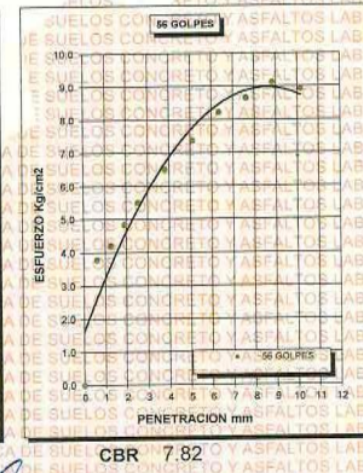
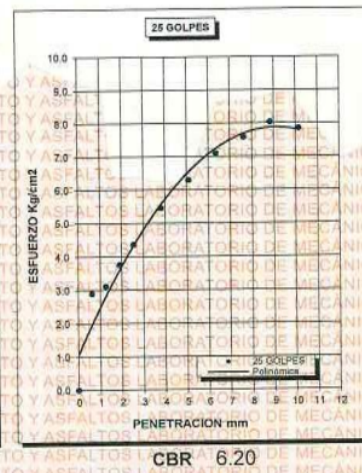
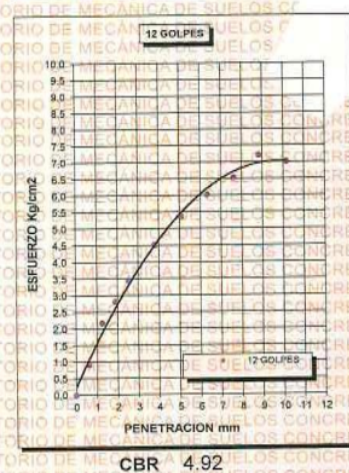
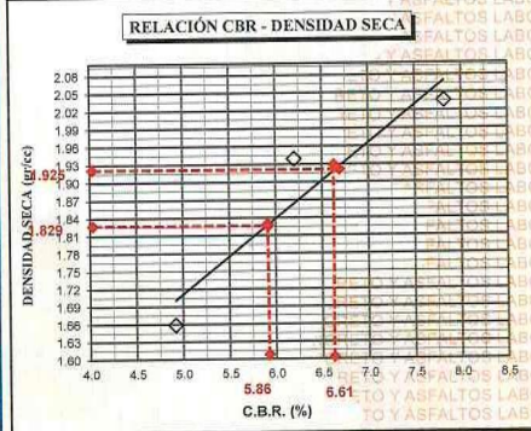
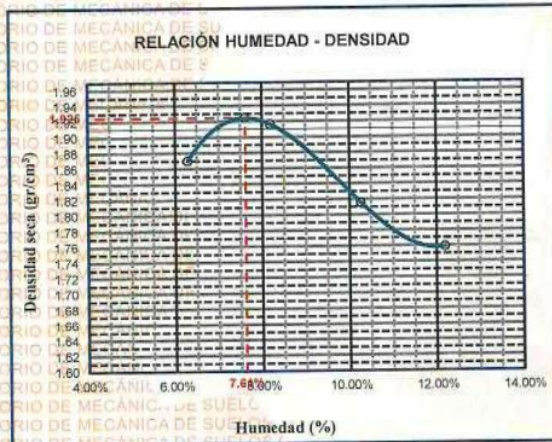
BIE: B006 - 00297658



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



| | | | |
|--|---|--------------------------------------|--------|
| INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA | | METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 | |
| PROYECTO : | | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.) | 1.925 |
| SOLICITADO : | Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE | HUMEDAD OPTIMA (%) | 7.61% |
| UBICACIÓN : | CARRETERA CAMINACA - ARAPA | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) | 6.61 |
| PROGRESIVA : | KM 0+500 - MARGEN DERECHO | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) | 5.86 |
| MUESTRA : | SUELO NATURAL - M1 - 4% DE CENIZA DE ICHU | CLASIFICACIÓN : | CL |
| FECHA : | JUNIO DEL 2024 | AASHTO : | A-2 |
| | | EMBEBIDO : | 4 DIAS |



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

BIE: B006-00297658



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 : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA

SOLICITANTE : Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE

UBICACIÓN : CARRETERA CAMINACA - ARAPA

PROGRESIVA : KM 0+500 - MARGEN DERECHO

MUESTRA : MUESTRA 1 + 8% DE CENIZA DE ICHU

FECHA : JUNIO DEL 2024

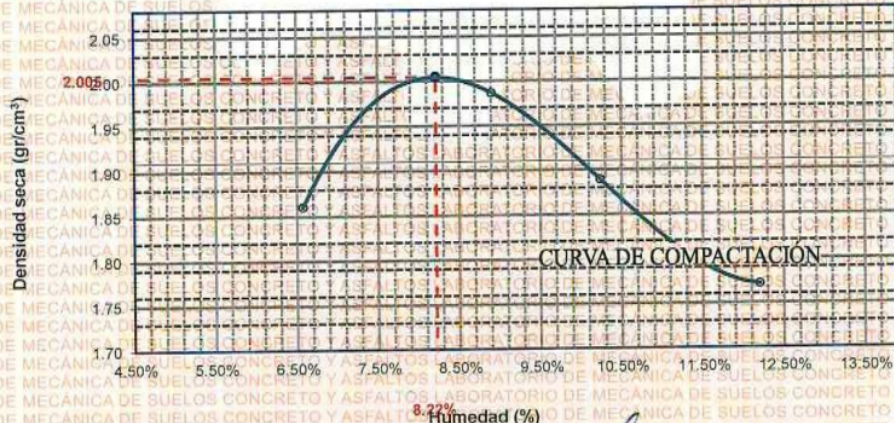
| | | | | | |
|-------------|---|---|-------------------|---|----------------------|
| MOLDE No | : | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE | : | 2105 cm ³ |
| No DE CAPAS | : | 5 | GOLPES POR CAPA | : | 56 golpes |

| | | | | | |
|---------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Húmedo + Molde | gr. | 10156 | 10536 | 10366 | 10166 |
| Peso del Molde | gr. | 5982 | 5982 | 5982 | 5982 |
| Peso del Suelo Húmedo | gr/cm ³ | 4174 | 4554 | 4384 | 4184 |
| Densidad del Suelo Húmedo | gr/cm ³ | 1.983 | 2.163 | 2.083 | 1.988 |

| Capsula No | No | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|-------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Suelo Húmedo + Capsula | gr. | 411.67 | 415.13 | 446.79 | 410.79 | 420.49 | 408.48 | 404.56 | 374.66 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 398.60 | 385.50 | 405.85 | 391.70 | 390.76 | 373.60 | 355.36 | 353.32 |
| Peso del Agua | gr. | 13.07 | 29.63 | 40.94 | 19.09 | 29.73 | 34.88 | 49.20 | 21.34 |
| Peso de la Capsula | gr. | 64.71 | 64.60 | 63.85 | 64.90 | 66.27 | 65.50 | 65.37 | 66.44 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 333.89 | 320.90 | 342.00 | 326.80 | 324.49 | 308.10 | 289.99 | 286.88 |
| % de Humedad | % | 3.91% | 9.23% | 11.97% | 5.84% | 9.16% | 11.32% | 16.97% | 7.44% |
| Promedio de Humedad | % | 6.57% | | 8.91% | | 10.24% | | 12.20% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.861 | | 1.987 | | 1.889 | | 1.771 | |

| | | | | |
|---------|----------------|----------------------|---|--------------------------|
| METODO: | ASTM D - 1557 | MAXIMA DENSIDAD SECA | : | 2.005 gr/cm ³ |
| | MODIFICADO "C" | HUMEDAD OPTIMA | : | 8.22% |

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C.A. JESSA
 M. Sc. Aracelio Tovar Torres
 CIP: 115114

BIE : B006 - 00297658



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 : INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA
 SOLICITANTE : Bach. JHAN CARLOS APAZAY PAYE
 UBICACION : CARRETERA CAMINACA - ARAPA
 PROGRESIVA : KM 0+500 - MARGEN DERECHO
 MUESTRA : MUESTRA 1+ 6% DE CENIZA DE ICHU
 FECHA : JUNIO DEL 2024

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

| | | | | | | | |
|---------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 12404 | 12275 | 12550 | 12415 | 12975 | 12735 |
| Peso del Molde | gr. | 8046 | 8046 | 8016 | 8016 | 8001 | 8001 |
| Peso del Suelo Humedo | gr. | 4358 | 4229 | 4534 | 4399 | 4974 | 4734 |
| Volumen del Suelo | cc. | 2104.81 | 2104.81 | 2101.91 | 2101.91 | 2096.50 | 2096.50 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cc. | 2.070 | 2.009 | 2.157 | 2.093 | 2.373 | 2.258 |

| | | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Capsula No | No | 5 | 4 | B | 15 | 14 | E | 4 | 10 | T |
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 244.86 | 253.60 | 220.49 | 254.27 | 250.85 | 238.39 | 223.47 | 207.68 | 220.75 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 221.50 | 226.39 | 198.58 | 236.36 | 228.58 | 214.50 | 204.37 | 188.43 | 202.27 |
| Peso del Agua | gr. | 23.36 | 27.21 | 21.81 | 17.91 | 22.27 | 23.89 | 19.10 | 19.25 | 18.48 |
| Peso de la Capsula | gr. | 39.71 | 39.94 | 23.61 | 38.90 | 39.60 | 23.37 | 40.08 | 39.77 | 23.09 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 181.79 | 186.45 | 175.07 | 197.46 | 188.98 | 191.13 | 184.29 | 148.66 | 179.18 |
| % de Humedad | % | 12.85% | 14.59% | 12.46% | 9.07% | 11.78% | 12.50% | 11.63% | 12.95% | 10.31% |
| Promedio de Humedad | % | 13.72% | 12.46% | 10.43% | 12.50% | 12.29% | 10.31% | | | |
| Densidad del Suelo Seco | gr/cc. | 1.821 | 1.787 | 1.953 | 1.860 | 2.113 | 2.047 | | | |

EXPANSION

| Fecha | Hora | Tiempo | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | |
|------------|------------|----------|--------|-----------|------|--------|-----------|------|--------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 18/09/2023 | 08:25 a.m. | 0 | 293.00 | 0.00 | 0 | 254.00 | 0 | 0 | 115.00 | 0 | 0 |
| 19/09/2023 | 08:25 a.m. | 24:00:00 | 301.00 | 0.20 | 1.75 | 259.00 | 0.13 | 1.09 | 119.00 | 0.10 | 0.87 |
| 20/09/2023 | 08:25 a.m. | 48:00:00 | 303.00 | 0.25 | 2.18 | 263.00 | 0.23 | 1.96 | 122.00 | 0.18 | 1.53 |
| 21/09/2023 | 08:25 a.m. | 72:00:00 | 307.00 | 0.36 | 3.06 | 267.00 | 0.33 | 2.83 | 126.00 | 0.28 | 2.40 |
| 22/09/2023 | 08:25 a.m. | 96:00:00 | 310.00 | 0.43 | 3.71 | 270.00 | 0.41 | 3.49 | 129.00 | 0.36 | 3.06 |

PENETRACION

| Penetracion mm | Tiempo | Carga Est. | MOLDE No III | | | | MOLDE No II | | | | MOLDE No I | | | | | |
|----------------|--------|------------|--------------|-------|--------|---------|-------------|------|--------|---------|------------|------|--------|---------|------|-----|
| | | | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | | |
| 0.00 | 0:00 | | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 0.63 | 00:30 | | 15.8 | 82.2 | 0.9 | 26.9 | 139 | 7.0 | 35.2 | 175 | 8.8 | 36.9 | 182 | 9.2 | 38.9 | 195 |
| 1.27 | 01:00 | | 17.7 | 100.3 | 5.1 | 27.9 | 144 | 7.3 | 40.1 | 195 | 9.9 | 43.1 | 208 | 10.5 | 45.2 | 220 |
| 1.91 | 01:30 | | 20.9 | 113.8 | 5.8 | 30.8 | 156 | 7.9 | 48.2 | 230 | 11.5 | 48.2 | 230 | 11.5 | 48.2 | 230 |
| 2.54 | 02:00 | 70.31 | 24.1 | 127.4 | 6.4 | 33.9 | 169 | 8.5 | 55.7 | 262 | 13.2 | 55.7 | 262 | 13.2 | 55.7 | 262 |
| 3.81 | 03:00 | | 29.1 | 148.5 | 7.5 | 38.7 | 189 | 9.6 | 60.4 | 281 | 14.2 | 60.4 | 281 | 14.2 | 60.4 | 281 |
| 5.09 | 04:00 | 105.00 | 33.2 | 166.0 | 8.4 | 42.8 | 207 | 10.5 | 68.1 | 311 | 15.7 | 68.1 | 311 | 15.7 | 68.1 | 311 |
| 6.35 | 05:00 | | 36.7 | 180.9 | 9.1 | 46.7 | 232 | 11.7 | 75.8 | 341 | 17.2 | 75.8 | 341 | 17.2 | 75.8 | 341 |
| 7.62 | 06:00 | | 38.9 | 190.2 | 9.6 | 49.7 | 232 | 11.7 | 80.4 | 361 | 18.2 | 80.4 | 361 | 18.2 | 80.4 | 361 |
| 8.84 | 07:00 | | 40.9 | 198.7 | 10.0 | 40.9 | 199 | 10.0 | 85.1 | 381 | 19.2 | 85.1 | 381 | 19.2 | 85.1 | 381 |
| 10.16 | 08:00 | | 40.1 | 196.3 | 9.9 | 36.1 | 178 | 9.0 | 89.1 | 391 | 20.2 | 89.1 | 391 | 20.2 | 89.1 | 391 |

[Handwritten Signature]
 M. S. C. A. JEFATURA
 Ing. Arnaldo Yana Torres
 CIP 10327

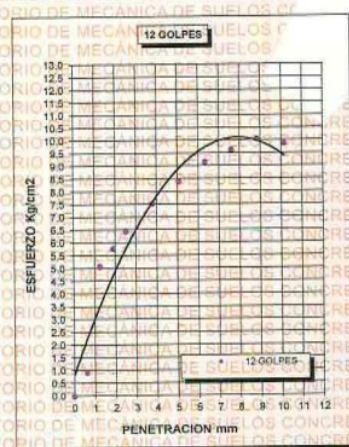
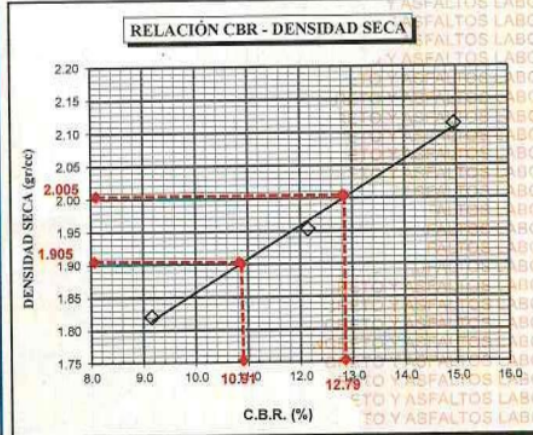
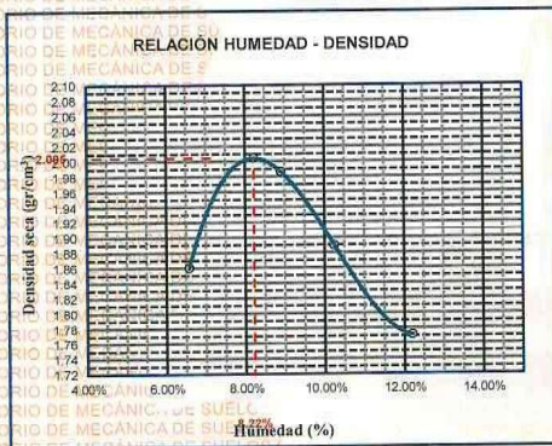
BIE: B006 - 00297658



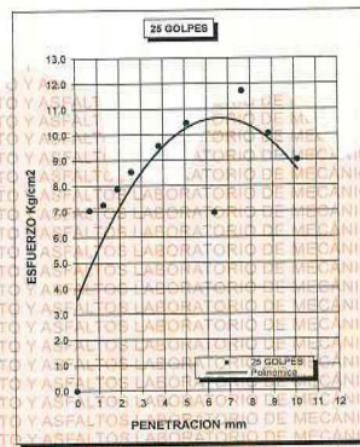
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



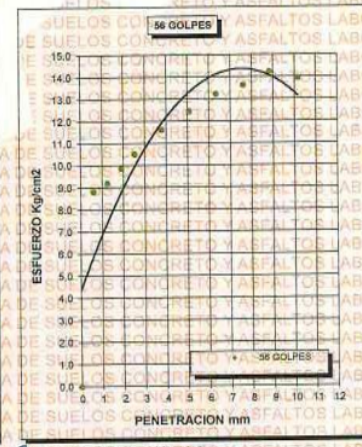
| | | | |
|---------------------|--|---|---------------|
| PROYECTO : | INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA | METODO DE COMPACTACIÓN : | ASTM D1557-91 |
| SOLICITADO : | Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.) : | 2.005 |
| UBICACIÓN : | CARRETERA CAMINACA - ARAPA | HUMEDAD OPTIMA (%) : | 8.22% |
| PROGRESIVA : | KM 0+500 - MARGEN DERECHO | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : | 12.79 |
| MUESTRA : | SUELO NATURAL - M1 - 6% DE CENIZA DE ICHU | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : | 10.91 |
| FECHA : | JUNIO DEL 2024 | CLASIFICACIÓN : | CL |
| | | AASHTO : | A-2 |
| | | EMBEBIDO : | 4 DIAS |



CBR 9.16



CBR 12.15



CBR 14.96

LABORATORIO M.S.C.A. JECATHUR JULIACA
 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL
 Mg. Arnaldo Yana Torres
 C.R. 10328

BIE: B006-00297658



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 | : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA |
| SOLICITANTE | : Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE |
| UBICACIÓN | : CARRETERA CAMINACA - ARAPA |
| PROGRESIVA | : KM 0+500 - MARGEN DERECHO |
| MUESTRA | : MUESTRA 1+ 8% DE CENIZA DE ICHU |
| FECHA | : JUNIO DEL 2024 |

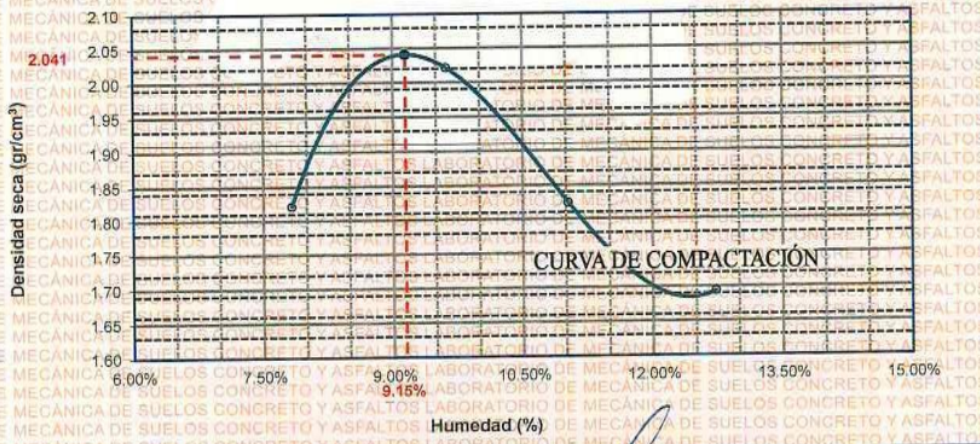
| | | | |
|-------------|-----|-------------------|------------------------|
| MOLDE-NO | : 1 | VOLUMEN DEL MOLDE | : 2105 cm ³ |
| NO DE CAPAS | : 5 | GOLPES POR CAPA | : 56 golpes |

| | | | | | |
|---------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 10116 | 10646 | 10246 | 10001 |
| Peso del Molde | gr. | 5982 | 5982 | 5982 | 5982 |
| Peso del Suelo Humedo | gr/cm ³ . | 4134 | 4664 | 4264 | 4019 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cm ³ . | 1.964 | 2.216 | 2.026 | 1.909 |

| Capsula No | No | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|-------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 424.34 | 414.56 | 443.44 | 423.35 | 435.46 | 413.85 | 411.64 | 390.51 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 402.56 | 395.04 | 418.67 | 384.22 | 391.21 | 386.76 | 364.50 | 361.87 |
| Peso del Agua | gr. | 21.78 | 29.52 | 24.77 | 39.13 | 44.25 | 27.09 | 47.14 | 28.64 |
| Peso de la Capsula | gr. | 64.70 | 64.88 | 63.84 | 64.88 | 66.25 | 65.49 | 65.35 | 66.43 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 337.86 | 320.46 | 354.83 | 319.34 | 324.96 | 321.27 | 299.15 | 295.44 |
| % de Humedad | % | 6.45% | 9.21% | 6.98% | 12.25% | 13.62% | 8.43% | 15.76% | 9.69% |
| Promedio de Humedad | % | 7.83% | | 9.62% | | 11.02% | | 12.73% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.821 | | 2.021 | | 1.825 | | 1.694 | |

| | | | |
|---------|----------------|----------------------|----------------------------|
| METODO: | ASTM D - 1557 | MAXIMA DENSIDAD SECA | : 2.041 gr/cm ³ |
| | MODIFICADO "C" | HUMEDAD OPTIMA | : 9.15% |

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 JHAN CARLOS APAZA PAYE
 G.P. 103297

BIE: B006 - 00297658



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 : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA
 SOLICITANTE : Bach. JHÁN CARLOS APAZA PAYE
 UBICACIÓN : CARRETERA CAMINACA - ARAPA
 PROGRESIVA : KM 0+500 - MARGEN DERECHO
 MUESTRA : MUESTRA 1 + 8% DE CENIZA DE ICHU
 FECHA : JUNIO DEL 2024

| MOLDE No | III | | II | | I | |
|---------------------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
| | 5 | 12 | 5 | 25 | 5 | 56 |
| 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. | 12405 | 12276 | 12551 | 12416 | 12960 | 12736 |
|---------------------------|--------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | Peso del Molde | 8156 | 8156 | 8206 | 8206 | 8296 |
| Peso del Suelo Humedo | gr. | 4249 | 4120 | 4345 | 4210 | 4664 | 4440 |
| Volumen del Suelo | cc. | 2104.81 | 2104.81 | 2101.91 | 2101.91 | 2096.50 | 2096.50 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cc. | 2.019 | 1.957 | 2.067 | 2.003 | 2.225 | 2.118 |

| Capsula No | No | S | | | B | | | E | | | T | | |
|-------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---|--|--|
| | | 5 | 4 | B | 15 | 14 | E | 4 | 10 | T | | | |
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 266.38 | 258.62 | 216.50 | 260.37 | 262.26 | 226.28 | 218.17 | 202.28 | 214.88 | | | |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 243.51 | 232.58 | 198.27 | 242.71 | 241.59 | 208.51 | 213.32 | 199.44 | 206.38 | | | |
| Peso del Agua | gr. | 22.87 | 26.04 | 18.23 | 17.66 | 20.67 | 17.77 | 4.85 | 2.84 | 8.48 | | | |
| Peso de la Capsula | gr. | 39.70 | 39.95 | 23.60 | 39.90 | 39.60 | 23.37 | 40.07 | 39.77 | 23.10 | | | |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 203.81 | 192.63 | 174.67 | 203.81 | 201.99 | 185.14 | 173.25 | 159.67 | 183.28 | | | |
| % de Humedad | % | 11.22% | 13.52% | 10.44% | 8.66% | 10.23% | 8.60% | 2.80% | 1.78% | 4.63% | | | |
| Promedio de Humedad | % | 12.37% | 10.44% | 9.45% | 9.60% | 9.60% | 2.29% | 2.29% | 4.63% | | | | |
| Densidad del Suelo Seco | gr/cc. | 1.796 | 1.772 | 1.889 | 1.828 | 2.175 | 2.024 | | | | | | |

EXPANSION

| Fecha | Hora | Tiempo | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | |
|------------|------------|----------|--------|-----------|------|--------|-----------|------|--------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 18/09/2023 | 08:25 a.m. | 0 | 301.00 | 0.00 | 0 | 262.00 | 0 | 0 | 122.00 | 0 | 0 |
| 19/09/2023 | 08:25 a.m. | 24:00:00 | 309.00 | 0.20 | 1.75 | 267.00 | 0.13 | 1.09 | 126.00 | 0.10 | 0.87 |
| 20/09/2023 | 08:25 a.m. | 48:00:00 | 311.00 | 0.25 | 2.18 | 271.00 | 0.23 | 1.96 | 129.00 | 0.18 | 1.53 |
| 21/09/2023 | 08:25 a.m. | 72:00:00 | 314.00 | 0.33 | 2.84 | 274.00 | 0.30 | 2.61 | 133.00 | 0.28 | 2.40 |
| 22/09/2023 | 08:25 a.m. | 96:00:00 | 318.00 | 0.43 | 3.71 | 278.00 | 0.41 | 3.49 | 136.00 | 0.36 | 3.06 |

PENETRACION

| Penetración mm | Tiempo | Carga Est. | MOLDE No III | | | MOLDE No II | | | MOLDE No I | | | |
|----------------|--------|------------|--------------|-------|--------|-------------|------|------|------------|---------|------|----|
| | | | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg |
| 0.00 | 0:00 | | 0.0 | 0.00 | 0.00 | 9.00 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | |
| 0.63 | 00:30 | | 12.7 | 79.0 | 0.9 | 23.5 | 125 | 6.3 | 29.8 | 151 | 7.6 | |
| 1.27 | 01:00 | | 14.5 | 86.7 | 4.4 | 24.6 | 130 | 6.5 | 30.5 | 155 | 7.8 | |
| 1.91 | 01:30 | | 17.8 | 99.8 | 5.0 | 27.5 | 142 | 7.2 | 33.9 | 169 | 8.5 | |
| 2.54 | 02:00 | 70.31 | 27.6 | 142.3 | 7.2 | 36.6 | 180 | 9.1 | 46.4 | 222 | 11.2 | |
| 3.81 | 03:00 | | 28.6 | 146.5 | 7.4 | 38.8 | 190 | 9.6 | 45.6 | 219 | 11.1 | |
| 5.09 | 04:00 | 105.00 | 29.7 | 151.2 | 7.6 | 39.5 | 193 | 9.7 | 46.5 | 223 | 11.3 | |
| 6.35 | 05:00 | | 33.2 | 166.0 | 8.4 | 43.1 | 208 | 10.5 | 50.2 | 238 | 12.0 | |
| 7.62 | 06:00 | | 35.4 | 178.4 | 8.9 | 45.3 | 217 | 11.0 | 52.2 | 247 | 12.5 | |
| 8.84 | 07:00 | | 37.8 | 184.7 | 9.3 | 37.5 | 184 | 9.3 | 54.1 | 255 | 12.9 | |
| 10.16 | 08:00 | | 36.7 | 180.9 | 9.1 | 36.6 | 180 | 9.1 | 53.5 | 252 | 12.7 | |

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL
 M.S.C.A. J. ALVARO YATA TORRES
 C.P.I. 19957

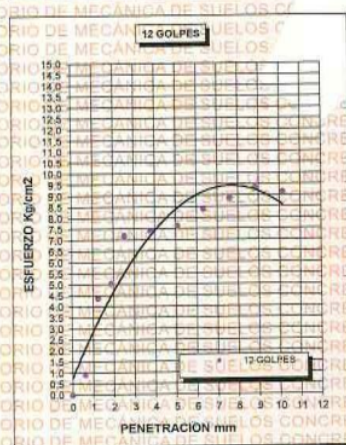
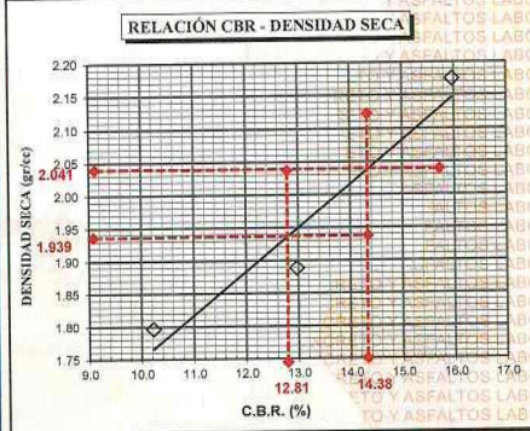
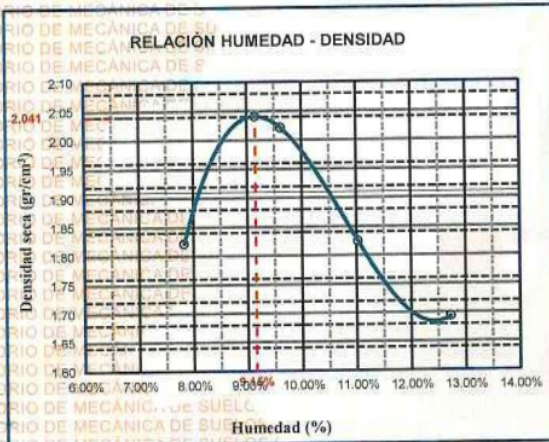
BIE: B006 - 00297658



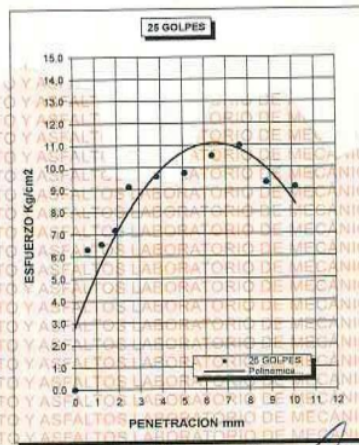
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



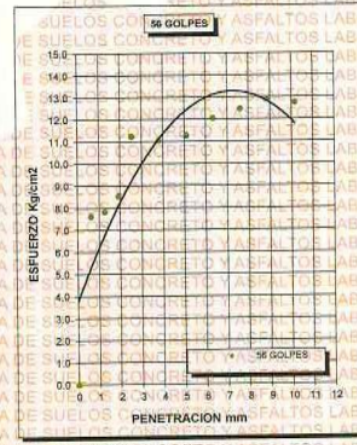
| | | | |
|-------------------|--|---|---------------|
| PROYECTO | INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA | METODO DE COMPACTACIÓN | ASTM D1557-91 |
| SOLICITADO | Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) | 2.041 |
| UBICACIÓN | CARRETERA CAMINACA - ARAPA | HUMEDAD OPTIMA (%) | 9.15% |
| PROGRESIVA | KM 0+500 - MARGEN DERECHO | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) | 14.38 |
| MUESTRA | SUELO NATURAL - M1 - 8% DE CENIZA DE ICHU | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) | 12.81 |
| FECHA | JUNIO DEL 2024 | CLASIFICACIÓN : | CL |
| | | AASHTO : | A-2 |
| | | EMBEBIDO : | 4 DIAS |



CBR 10.23



CBR 12.98



CBR 15.97



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 Ing. Yanis Torres
 CIP: 103257

BIE : B006 - 00297658



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



PROYECTO

INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA

SOLICITANTE

Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE

LUGAR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA

MUESTRA

MUESTRA 1 + 4% DE CENIZA DE ICHU

FECHA

JUNIO DEL 2024

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

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 223.36 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 197.35 |
| PESO DEL TARRO | gr | 55.33 |
| PESO DEL AGUA | gr | 26.01 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 142.02 |
| HUMEDAD % | % | 18.31 |

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

| LÍMITE LÍQUIDO | | |
|----------------------|-------|-------|
| TARRO N° DE | A | B |
| SUELO HUMEDO + TARRO | 34.32 | 33.27 |
| SUELO SECO + TARRO | 30.34 | 30.23 |
| PESO DEL TARRO | 18.12 | 19.12 |
| PESO DEL AGUA | 3.98 | 3.04 |
| PESO DEL SUELO SECO | 12.22 | 11.11 |
| HUMEDAD % | 32.57 | 27.36 |
| N° DE GOLPES | 22 | 22 |

| LÍMITE PLÁSTICO | |
|-----------------|-------|
| C | D |
| 13.37 | 13.76 |
| 12.96 | 12.92 |
| 7.97 | 8.63 |
| 0.41 | 0.84 |
| 4.99 | 4.29 |
| 8.22 | 19.58 |

LÍMITE LÍQUIDO % : 29.51 LÍMITE PLÁSTICO % : 13.90

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15.61

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 P.O.P. - C.A.P. INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 Ing. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257

BIE: 6006 - 00297658



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



PROYECTO

INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA

SOLICITANTE

Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE

LUGAR

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA

MUESTRA

MUESTRA 1 + 8% DE CENIZA DE ICHU

FECHA

JUNIO DEL 2024

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

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 217.36 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 194.31 |
| PESO DEL TARRO | gr | 55.32 |
| PESO DEL AGUA | gr | 23.05 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 138.99 |
| HUMEDAD % | % | 16.58 |

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

LÍMITE LIQUIDO

| TARRO N° | | A | B |
|----------------------|----|-------|-------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 33.64 | 33.86 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 30.11 | 30.12 |
| PESO DEL TARRO | gr | 18.13 | 19.09 |
| PESO DEL AGUA | gr | 3.53 | 3.74 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 11.98 | 11.03 |
| HUMEDAD % | % | 29.47 | 33.91 |
| N° DE GOLPES | | 22 | 22 |

LÍMITE PLÁSTICO

| C | D |
|-------|-------|
| 13.75 | 13.59 |
| 12.79 | 12.98 |
| 7.98 | 8.61 |
| 0.96 | 0.61 |
| 4.81 | 4.37 |
| 19.96 | 13.96 |

LÍMITE LIQUIDO % : 31.20 LÍMITE PLÁSTICO % : 16.96

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14.24

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 Ing. Yamato Yana Torres
 CIP 1032357

BIE : B006 - 00297658



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

INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA

SOLICITANTE

Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE

LUGAR

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V - JULIACA

MUESTRA

MUESTRA 1 + 8% DE CENIZA DE ICHU

FECHA

JUNIO DEL 2024

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

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 226.31 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 204.31 |
| PESO DEL TARRO | gr | 55.26 |
| PESO DEL AGUA | gr | 22.00 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 149.05 |
| HUMEDAD % | % | 14.76 |

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

LÍMITE LIQUIDO

| TARRO N° | | A | B |
|----------------------|----|-------|-------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 33.45 | 33.27 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 30.15 | 29.58 |
| PESO DEL TARRO | gr | 18.22 | 19.02 |
| PESO DEL AGUA | gr | 3.30 | 3.69 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 11.93 | 10.56 |
| HUMEDAD % | % | 27.66 | 34.94 |
| N° DE GOLPES | | 22 | 22 |

LÍMITE PLÁSTICO

| C | D |
|-------|-------|
| 13.23 | 13.52 |
| 12.45 | 12.94 |
| 7.99 | 8.60 |
| 0.78 | 0.58 |
| 4.46 | 4.34 |
| 17.49 | 13.36 |

LÍMITE LIQUIDO % : 30.82 LÍMITE PLÁSTICO % : 15.43

ÍNDICE DE PLASTICIDAD % : 15.40

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 Ing. Aníbal Yana Torres
 CIP: 103257

BIE : B006 - 00057638024



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 | : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA |
| SOLICITANTE | : Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE |
| UBICACIÓN | : CARRETERA CAMINACA - ARAPA |
| PROGRESIVA | : KM 0+500 - MARGEN DERECHO |
| MUESTRA | : MUESTRA 1 + 4% DE CENIZA DE LENTEJA DE AGUA |
| FECHA | : JUNIO DEL 2024 |

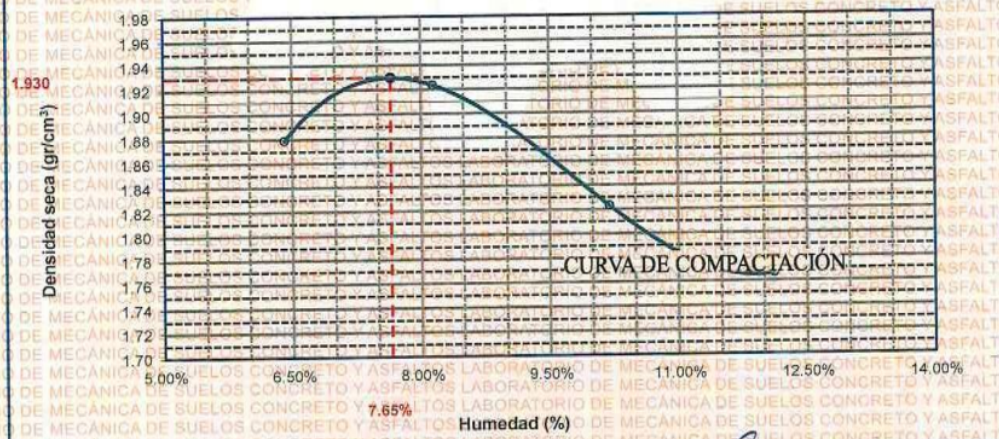
| | | | |
|--------------------|-----|--------------------------|------------------------|
| MOLDE No | : 1 | VOLUMEN DEL MOLDE | : 2105 cm ³ |
| No DE CAPAS | : 5 | GOLPES POR CAPA | : 56 golpes |

| | | | | | |
|----------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 10191 | 10361 | 10211 | 10151 |
| Peso del Molde | gr. | 5982 | 5982 | 5982 | 5982 |
| Peso del Suelo Húmedo | gr/cm ³ . | 4209 | 4379 | 4229 | 4169 |
| Densidad del Suelo Húmedo | gr/cm ³ . | 2.000 | 2.080 | 2.009 | 1.981 |

| Capsula No | No | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|--------------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 412.35 | 406.47 | 431.55 | 411.48 | 423.74 | 402.35 | 399.25 | 381.47 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 389.11 | 388.17 | 406.35 | 383.14 | 391.41 | 370.47 | 363.35 | 347.35 |
| Peso del Agua | gr. | 23.24 | 18.30 | 25.20 | 28.32 | 32.33 | 31.88 | 35.90 | 34.12 |
| Peso de la Capsula | gr. | 64.71 | 64.57 | 63.62 | 65.89 | 66.21 | 65.48 | 66.35 | 66.42 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 324.40 | 323.60 | 342.53 | 317.25 | 325.20 | 304.99 | 297.00 | 280.93 |
| % de Humedad | % | 7.16% | 5.66% | 7.36% | 8.93% | 9.94% | 10.45% | 12.09% | 12.15% |
| Promedio de Humedad | % | 6.41% | | 8.14% | | 10.20% | | 12.12% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.879 | | 1.924 | | 1.823 | | 1.766 | |

| | | | |
|----------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|
| METODO: | ASTM D - 1557 | MAXIMA DENSIDAD SECA | : 1.930 gr/cm ³ |
| | MODIFICADO "C" | HUMEDAD OPTIMA | : 7.65% |

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 P.I.C.P. - FOM. INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C.A. JEFE TURNO
 M. Arzobide Iana Torres
 CIP 103257

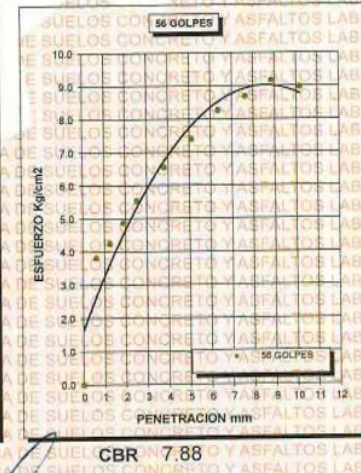
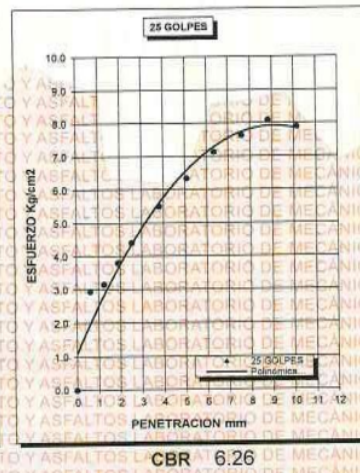
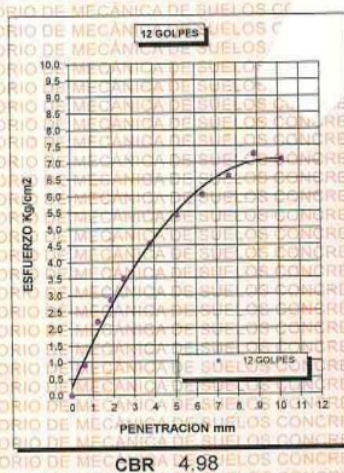
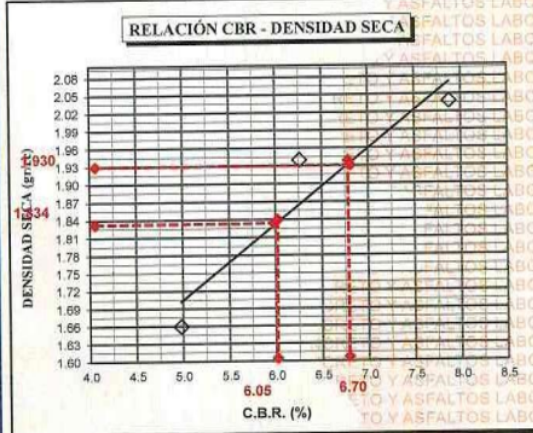
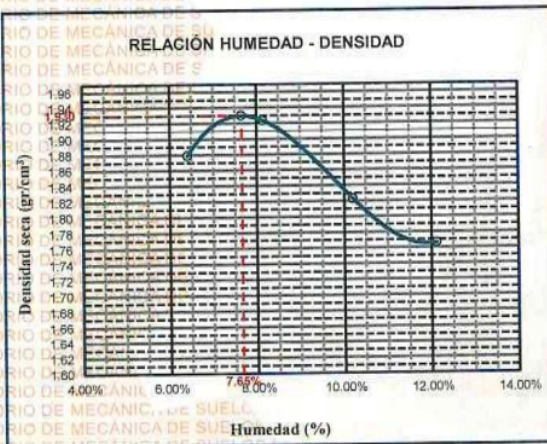
BIE: B006 - 00297658



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 : | INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA | METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 |
| SOLICITADO : | Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.) 1.930 |
| UBICACIÓN : | CARRETERA CAMINACA - ARAPA | HUMEDAD OPTIMA (%) 7.65% |
| PROGRESIVA : | KM 0+500 - MARGEN DERECHO | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 6.70 |
| MUESTRA : | SUELO NATURAL - M1 - 4% DE CENIZA DE LENTEJA DE AGUA | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 6.05 |
| FECHA : | JUNIO DEL 2024 | CLASIFICACIÓN : CL |
| | | AASHTO : A-2 |
| | | EMBEBIDO : 4 DIAS |



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C. JERARDA
 JHAN CARLOS APAZA PAYE
 BIE: B006-00297658



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 | : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA |
| SOLICITANTE | : Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE |
| UBICACIÓN | : CARRETERA CAMINACA - ARAPA |
| PROGRESIVA | : KM 0+500 - MARGEN DERECHO |
| MUESTRA | : MUESTRA 1 + 8% DE CENIZA DE LENTEJA DE AGUA |
| FECHA | : JUNIO DEL 2024 |

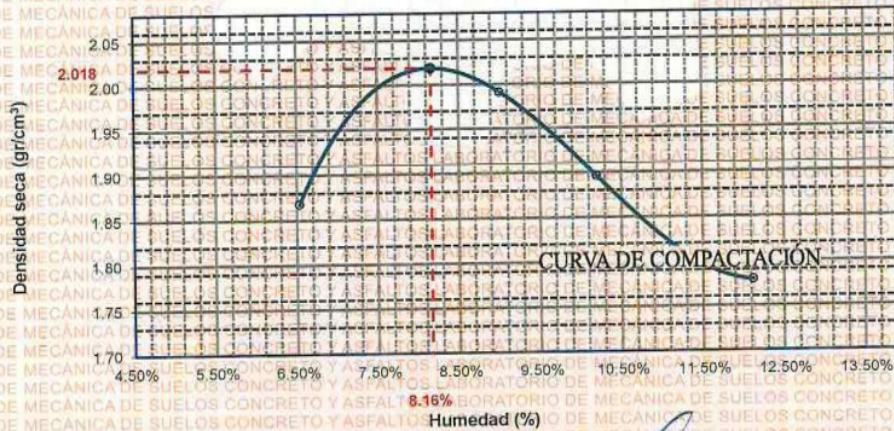
| | | | |
|-------------|-----|-------------------|------------------------|
| MOLDE No | : 1 | VOLUMEN DEL MOLDE | : 2105 cm ³ |
| Nº DE CAPAS | : 5 | GOLPES POR CAPA | : 56 golpes |

| | | | | | |
|---------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 10171 | 10551 | 10381 | 10181 |
| Peso del Molde | gr. | 5982 | 5982 | 5982 | 5982 |
| Peso del Suelo Humedo | gr/cm ³ | 4189 | 4569 | 4399 | 4199 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cm ³ | 1.990 | 2.171 | 2.090 | 1.995 |

| Capsula No | No | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|-------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 413.65 | 417.11 | 448.77 | 413.77 | 422.47 | 410.46 | 406.54 | 376.64 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 400.58 | 387.48 | 407.83 | 393.68 | 392.74 | 375.48 | 357.34 | 355.30 |
| Peso del Agua | gr. | 13.07 | 29.63 | 40.94 | 20.09 | 29.73 | 34.98 | 49.20 | 21.34 |
| Peso de la Capsula | gr. | 64.71 | 64.60 | 63.65 | 64.90 | 66.27 | 65.50 | 65.37 | 66.44 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 335.87 | 322.88 | 343.98 | 328.78 | 326.47 | 309.98 | 291.97 | 288.86 |
| % de Humedad | % | 3.89% | 9.18% | 11.90% | 6.11% | 9.11% | 11.28% | 16.85% | 7.39% |
| Promedio de Humedad | % | 6.53% | | 9.01% | | 10.20% | | 12.12% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.868 | | 1.991 | | 1.896 | | 1.779 | |

| | | | |
|---------|----------------|----------------------|----------------------------|
| METODO: | ASTM D - 1557 | MAXIMA DENSIDAD SECA | : 2.018 gr/cm ³ |
| | MODIFICADO "C" | HUMEDAD OPTIMA | : 8.16% |

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



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. *[Signature]*
 Ing. Anaido Yana Torres
 CIP 103257

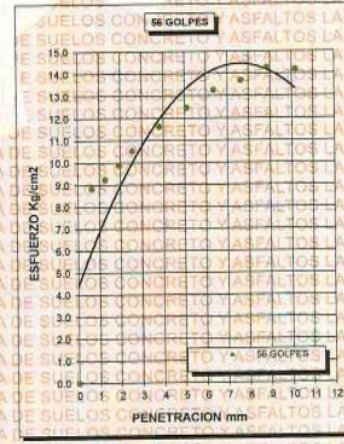
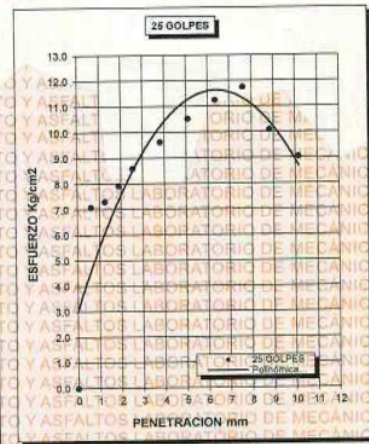
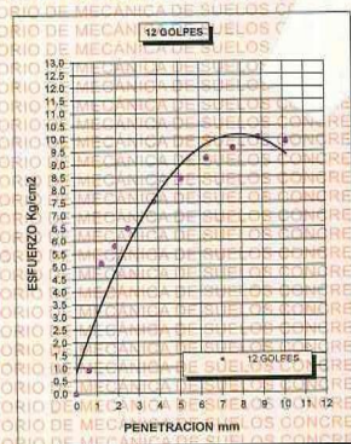
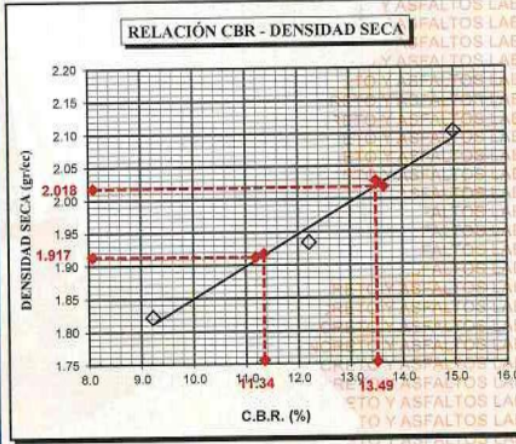
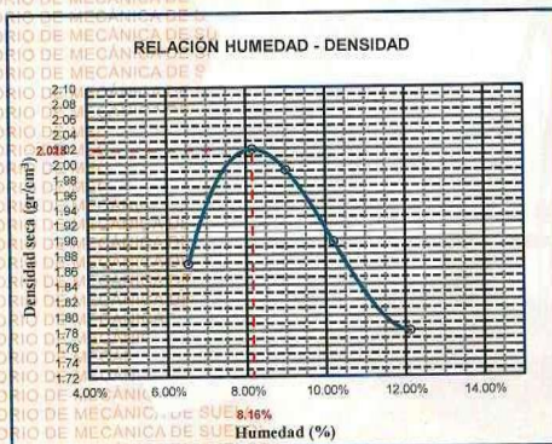
BIE : B006 - 00297658



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 : INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA | METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 |
| SOLICITADO : Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³) : 2.018 |
| UBICACIÓN : CARRETERA CAMINACA - ARAPA | HUMEDAD OPTIMA (%) : 8.16% |
| PROGRESIVA : KM.0+500 - MARGEN DERECHO | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : 13.49 |
| MUESTRA : SUELO NATURAL - M1 - 6% DE CENIZA DE LENTEJA DE AGUA | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : 11.34 |
| FECHA : JUNIO DEL 2024 | CLASIFICACIÓN : CL |
| | AASHTO : A-2 |
| | EMBEBIDO : 4 DIAS |



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FIGP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

Arnaldo Yana Torres
 Ing. Arnaldo Yana Torres
 FIGP 1703257

BIE : B006 - 00297658



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

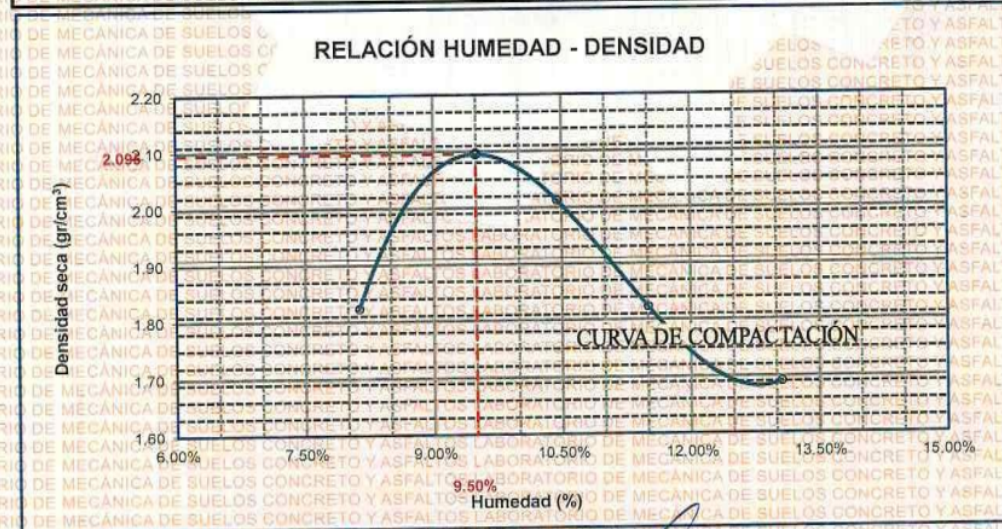
| | |
|--------------------|--|
| TESIS | : INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA |
| SOLICITANTE | : Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE |
| UBICACIÓN | : CARRETERA CAMINACA - ARAPA |
| PROGRESIVA | : KM 0+500 - MARGEN DERECHO |
| MUESTRA | : MUESTRA 1 + 8% DE CENIZA DE LENTEJA DE AGUA |
| FECHA | : JUNIO DEL 2024 |

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

| | | | | | |
|----------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 10131 | 10661 | 10261 | 10006 |
| Peso del Molde | gr. | 5982 | 5982 | 5982 | 5982 |
| Peso del Suelo Húmedo | gr/cm ³ . | 4149 | 4679 | 4279 | 4024 |
| Densidad del Suelo Húmedo | gr/cm ³ . | 1.971 | 2.223 | 2.033 | 1.912 |

| Capsula No | No | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|--------------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Suelo Húmedo + Capsula | gr. | 425.32 | 415.54 | 444.42 | 424.33 | 436.44 | 414.83 | 412.62 | 391.49 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 402.55 | 385.03 | 418.66 | 381.21 | 390.21 | 386.75 | 354.49 | 361.86 |
| Peso del Agua | gr. | 22.77 | 30.51 | 25.76 | 43.12 | 46.23 | 28.08 | 48.13 | 29.63 |
| Peso de la Capsula | gr. | 64.71 | 64.59 | 65.85 | 64.95 | 66.26 | 65.50 | 65.38 | 66.44 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 337.84 | 320.44 | 354.81 | 316.32 | 323.95 | 321.25 | 289.13 | 295.42 |
| % de Humedad | % | 6.74% | 9.52% | 7.26% | 13.63% | 14.27% | 8.74% | 16.09% | 10.03% |
| Promedio de Humedad | % | 8.13% | | 10.45% | | 11.51% | | 13.08% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.823 | | 2.013 | | 1.823 | | 1.691 | |

| | | | |
|----------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| METODO: | ASTM D - 1557 MODIFICADO "C" | MAXIMA DENSIDAD SECA | : 2.095 gr/cm ³ |
| | | HUMEDAD OPTIMA | : 9.50% |



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C.A. JHAN CARLOS APAZA PAYE
 INGENIERO CIVIL

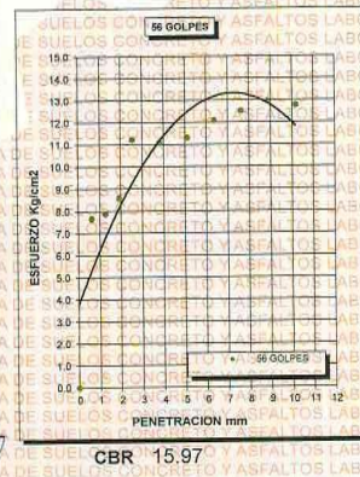
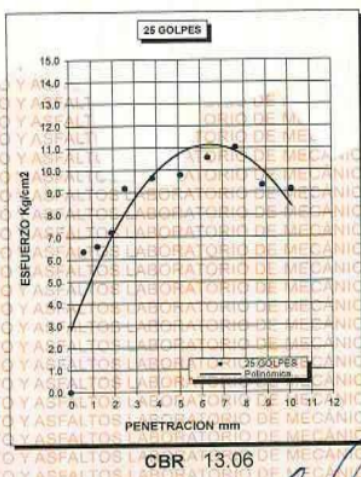
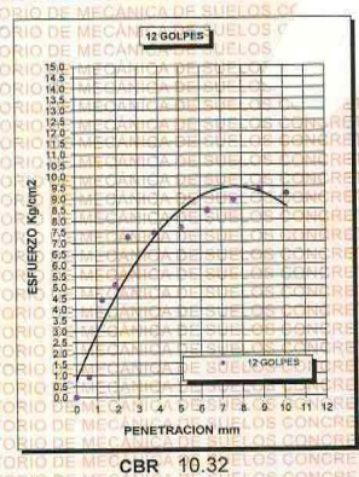
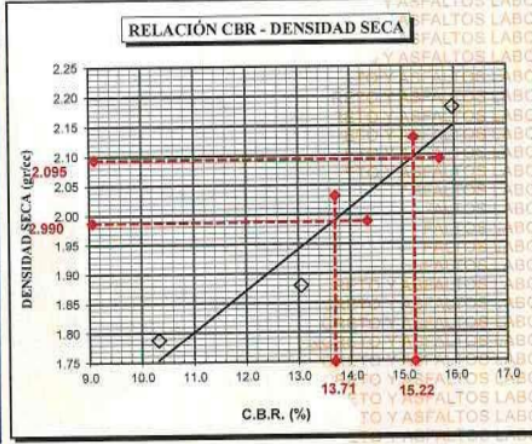
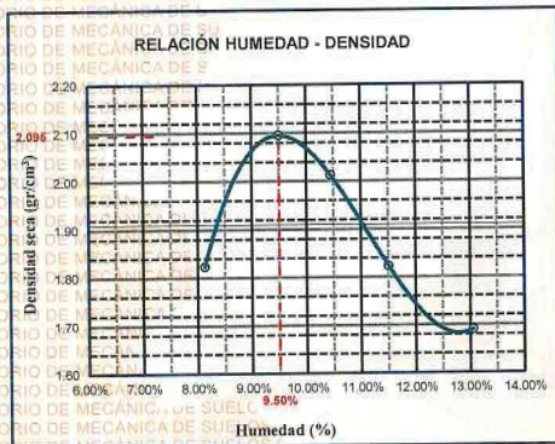
BIE: B006 - 00297658



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 : | INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA* | METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 |
| SOLICITADO : | Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 2.095 |
| UBICACIÓN : | CARRETERA CAMINACA - ARAPA | HUMEDAD OPTIMA (%) 9.50% |
| PROGRESIVA : | KM 0+500 - MARGEN DERECHO | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 15.97 |
| MUESTRA : | SUELO NATURAL - M1 - 8% DE CENIZA DE LENTEJA DE AGUA | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 13.71 |
| FECHA : | JUNIO DEL 2024 | CLASIFICACIÓN : CL |
| | | AASHTO : A-2 |
| | | EMBEBIDO : 4 DIAS |



Ing. Arnaldo Inza Torres

BIE: B006 - 00297658



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

INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA

SOLICITANTE

Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE

LUGAR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA

MUESTRA

MUESTRA 1 + 4% DE CENIZA DE LENTEJA DE AGUA

FECHA

JUNIO DEL 2024

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

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 234.68 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 207.80 |
| PESO DEL TARRO | gr | 55.31 |
| PESO DEL AGUA | gr | 26.88 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 152.49 |
| HUMEDAD % | % | 17.63 |

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

LÍMITE LIQUIDO

| TARRO N° | | A | B |
|----------------------|----|-------|-------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 33.88 | 34.17 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 30.16 | 30.36 |
| PESO DEL TARRO | gr | 18.14 | 19.24 |
| PESO DEL AGUA | gr | 3.72 | 3.81 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 12.02 | 11.12 |
| HUMEDAD % | % | 30.95 | 34.26 |
| N° DE GOLPES | | 22 | 22 |

LÍMITE PLÁSTICO

| C | D |
|-------|-------|
| 13.12 | 13.25 |
| 12.66 | 12.39 |
| 7.97 | 8.63 |
| 0.46 | 0.86 |
| 4.69 | 3.76 |
| 9.81 | 22.87 |

LÍMITE LIQUIDO % : 32.11 LÍMITE PLÁSTICO % : 16.34

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15.76

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



BIE: B006 - 00297658



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

INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA

**SOLICITANTE
 LUGAR
 MUESTRA
 FECHA**

Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA
 MUESTRA 1 + 6% DE CENIZA DE LENTEJA DE AGUA
 JUNIO DEL 2024

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

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 227.24 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 203.96 |
| PESO DEL TARRO | gr | 55.32 |
| PESO DEL AGUA | gr | 23.28 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 148.64 |
| HUMEDAD % | % | 15.66 |

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

LÍMITE LÍQUIDO

| TARRO N° | | A | B |
|----------------------|----|-------|-------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 33.25 | 33.24 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 29.75 | 29.69 |
| PESO DEL TARRO | gr | 18.13 | 19.09 |
| PESO DEL AGUA | gr | 3.50 | 3.55 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 11.62 | 10.60 |
| HUMEDAD % | % | 30.12 | 33.49 |
| N° DE GOLPES | | 22 | 22 |

LÍMITE PLÁSTICO

| C | D |
|-------|-------|
| 13.43 | 14.45 |
| 12.89 | 13.39 |
| 7.98 | 8.61 |
| 0.54 | 1.06 |
| 4.91 | 4.78 |
| 11.00 | 22.18 |

LÍMITE LÍQUIDO % : 31.32 LÍMITE PLÁSTICO % : 16.59

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14.73

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



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



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



PROYECTO

INFLUENCIA DE LA INCORPORACION DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA

SOLICITANTE

Bach. JHAN CARLOS APAZA PAYE

LUGAR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO U.A.N.C.V. - JULIACA

MUESTRA

MUESTRA 1 + 8% DE CENIZA DE LENTEJA DE AGUA

FECHA

JUNIO DEL 2024

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

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 229.10 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 208.36 |
| PESO DEL TARRO | gr | 55.21 |
| PESO DEL AGUA | gr | 20.74 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 153.15 |
| HUMEDAD % | % | 13.54 |

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

| TARRO N° | LÍMITE LIQUIDO | | LÍMITE PLÁSTICO | | |
|--------------------------|----------------|--------------|--------------------------|----------|--------------|
| | A | B | C | D | |
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 32.12 | 33.10 | 13.45 | 13.64 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 29.29 | 29.37 | 12.62 | 12.93 |
| PESO DEL TARRO | gr | 18.22 | 19.02 | 7.99 | 8.60 |
| PESO DEL AGUA | gr | 2.83 | 3.73 | 0.83 | 0.71 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 11.07 | 10.35 | 4.63 | 4.33 |
| HUMEDAD % | % | 25.56 | 36.04 | 17.93 | 16.40 |
| N° DE GOLPES | | 22 | 22 | | |
| LÍMITE LIQUIDO % | : | 30.33 | LÍMITE PLÁSTICO % | : | 17.16 |
| ÍNDICE PLÁSTICO % | : | 13.17 | | | |

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAPA INGENIERÍA CIVIL
 Ing. Arnaldo Jara Torres
 CIP: 103257

BIE: B006 - 00297658



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 06-09-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JHAN CARLOS APAZA PAYE

Dirección: Jr. J.C. BELON S/N

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70150891

Teléfono: 993 429 196 email: jhancarlos141996@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: Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE

LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE

SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA

Palabras claves, (3 a 5 términos): CENIZA DE ICHU, CENIZA DE LENTEJA DE AGUA, SUBRASANTE, ÍNDICE DE PLASTICIDAD, GRADO DE COMPACTACIÓN Y CAPACIDAD DE SOPORTE CBR

¿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

06-09-2024

Fecha

INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE CENIZA DE ICHU Y CENIZA DE LENTEJA DE AGUA SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA CAPA DE SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ARAPA

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|---|-----|
| 1 | Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante | 7% |
| 2 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 3% |
| 3 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 4 | Submitted to Konsorsium Perguruan Tinggi Swasta Indonesia Trabajo del estudiante | 1% |
| 5 | repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 6 | repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 7 | repositorio.una.ac.cr Fuente de Internet | <1% |
| 8 | repositorio.usanpedro.edu.pe | |

Fuente de Internet

<1 %

9

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

10

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1 %

11

Submitted to The Scientific & Technological
Research Council of Turkey (TUBITAK)

Trabajo del estudiante

<1 %

12

Submitted to Universidad Nacional de San
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

<1 %

13

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

14

repositorio.unj.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

15

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

<1 %

16

miunespace.une.edu.ve

Fuente de Internet

<1 %

17

Submitted to Universidad Continental

Trabajo del estudiante

<1 %

18

issuu.com

Fuente de Internet

<1 %

| | | |
|----|---|------|
| 19 | repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 20 | www.scribd.com Fuente de Internet | <1 % |
| 21 | www.slideshare.net Fuente de Internet | <1 % |
| 22 | Brock, Bradley Howard. "Ambiguous Psychological Environments in Urban Middle School Mathematics Classrooms.", The Johns Hopkins University, 2021 Publicación | <1 % |
| 23 | doku.pub Fuente de Internet | <1 % |
| 24 | repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 25 | repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 26 | repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet | <1 % |
| 27 | José Antonio Rodríguez-de la Garza, Claudia Nayeli Guerra-Guerra, Libia Iris Trejo-Téllez, Daniela Alvarado-Camarillo et al. "Application of compost tea, co-inoculation and inorganic fertilization on Swiss chard plants", REVISTA TERRA LATINOAMERICANA, 2023 Publicación | <1 % |

| | | |
|----|--|------|
| 28 | repositorio.unibague.edu.co Fuente de Internet | <1 % |
| 29 | Submitted to uncedu Trabajo del estudiante | <1 % |
| 30 | Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante | <1 % |
| 31 | dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 32 | Gerhart, Andrew Willis. "An Environmental and Social History of the Chilean Salmon Farming Industry, 1976-2009.", Stanford University, 2021 Publicación | <1 % |
| 33 | fddocuments.es Fuente de Internet | <1 % |
| 34 | ichgcp.net Fuente de Internet | <1 % |
| 35 | laccei.org Fuente de Internet | <1 % |
| 36 | pesquisa.teste.bvsalud.org Fuente de Internet | <1 % |
| 37 | repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 38 | repositorio.ufsc.br Fuente de Internet | <1 % |

| | | |
|----|--|------|
| 39 | repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 40 | www.universidad.edu.uy Fuente de Internet | <1 % |
| 41 | fr.slideshare.net Fuente de Internet | <1 % |
| 42 | repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 43 | repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet | <1 % |
| 44 | www.cochrane.org Fuente de Internet | <1 % |
| 45 | www.researchsquare.com Fuente de Internet | <1 % |
| 46 | www.scielo.cl Fuente de Internet | <1 % |

Excluir citas

Apagado

Exclude assignment
template

Activo

Excluir bibliografía

Activo

Excluir coincidencias

< 10 words