



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



**ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON
LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES
DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VÍAS
DE LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. KEVIN DURAN CHURA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

JULIACA - PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON
LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES
DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VÍAS
DE LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. KEVIN DURAN CHURA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

PRIMER MIEMBRO

:


Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

:


Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 537-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 25 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-4538 presentado por el (la) Bachiller: **KEVIN DURAN CHURA** 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. **KEVIN DURAN CHURA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VÍAS DE LA CIUDAD DE JULIACA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES** 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., OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **2do Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTICULO SEGUNDO. – RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

ARTICULO TERCERO . – APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **KEVIN DURAN CHURA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VÍAS DE LA CIUDAD DE JULIACA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 03 de julio del 2025
- * **HORA** : 08:30 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

cc.
Archivo
interesado (a)



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

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1496-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 15 de noviembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 16077 por el señor (a): **KEVIN DURAN CHURA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1329 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 260- 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **KEVIN DURAN CHURA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VÍAS DE LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 260- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VÍAS DE LA CIUDAD DE JULIACA**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **KEVIN DURAN CHURA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VÍAS DE LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

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. PURASDr. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 595-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 09 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 7774, presentado el señor (a) **KEVIN DURAN CHURA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 591-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 179 -2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **KEVIN DURAN CHURA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VÍAS DE LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 179 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VÍAS DE LA CIUDAD DE JULIACA**.

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

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en 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 señor (a): **KEVIN DURAN CHURA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VÍAS DE LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE MATERIALES**.

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. ARNALDO YANA TORRES**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

Dr. Efraín Castillo Gosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



13% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 5% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 13% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.




Metadatos Complementarios



Título de la Tesis	
ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VÍAS DE LA CIUDAD DE JULIACA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	KEVIN DURAN CHURA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72016383
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-5693-9509
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
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 Materiales - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Coordenadas: Latitud: -15.500566 Longitud: -70.134663 URL Maps:</p>  <p>https://www.google.com/maps/d/u/0/edit?mid=1QQ7e-99RG2Tl6STNnJxg76neRROoFjk&usp=sharing</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2024 – Junio 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.htm - Librería	<p>Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</p> <p>Ingeniería de materiales https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.01</p>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS BÁSICAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo KEVIN DURAN CHURA, identificado con DNI Nro. 72016383, 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:

ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VÍAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

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 01 de Setiembre del 2025



Firma del Asesor
(obligatoria)



Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mis padres mi eterna gratitud por su apoyo incondicional y brindarme todo su apoyo hasta este momento de mi vida.



AGRADECIMIENTO

*A Dios por ser mi guía en la elección de esta noble profesión,
a mis profesores por darme la enseñanza para abrir mi
camino en el desenvolvimiento de esta profesión.*



ÍNDICE

DEDICATORIAi

AGRADECIMIENTOii

ÍNDICE..... iii

ÍNDICE DE TABLASvi

ÍNDICE DE FIGURASvii

RESUMENix

ABSTRACTx

INTRODUCCIÓNxi

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Exposición de la situación problemática..... 1

1.2 Planteamiento del problema2

 1.2.1 Pregunta general2

 1.2.2 Preguntas específicas.....2

1.3 Justificación.....3

 1.3.1 Justificación practica3

 1.3.2 Justificación social3

 1.3.3 Justificación técnica3

1.4 Objetivos4

 1.4.1 Objetivo general4

 1.4.2 Objetivos específicos.....4



1.5 Hipótesis.....4

 1.5.1 Hipótesis general4

 1.5.2 Hipótesis específicas5

1.6 Variables e indicadores5

1.7 Operacionalización de variables6

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la investigación7

 2.1.1 Antecedentes internacionales7

 2.1.2 Antecedentes nacionales9

 2.1.3 Antecedentes locales9

2.2 Base teórica10

 2.2.1 Arcilloso suelo.....10

 2.2.2 Cenizas de Madera15

 2.2.3 Control de superficies.....18

 2.2.4 Contenido Húmedo20

 2.2.5 Análisis Granulométrico20

 2.2.6 Estándares de Atterberg20

 2.2.7 Organización de superficies por (SUCS)22

 2.2.8 Clasificación de suelos según el método - AASHTO23

 2.2.9 Ensayo de Consolidación23

 2.2.10 Ensayo de CBR24



2.2.11 Subrasante de una Vía26

2.3 MARCO CONCEPTUAL.....26

CAPITULO III

METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo y nivel de estudio28

3.2 Diseño del estudio28

3.3 Método de investigación28

3.4 Población y muestra29

 3.4.1 Población.....29

 3.4.2 Muestra.....29

3.5 Desarrollo de las técnicas para el procesamiento de campo29

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación del producto - resultados35

 4.1.1 Físicos rasgos35

 Nota. Elaboración Propia.44

 4.1.2 Ensayos de mecánica caracterización44

4.2 Discusión de valores hallados46

CONCLUSIONES.....48

RECOMENDACIONES49

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS50

ANEXOS52



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Desarrollo de la operacionalización de variables	6
Tabla 2 Especímenes con el porcentaje propuesto	29
Tabla 3 Evaluación Granulométrica 1	36
Tabla 4 Humedad natural de la muestra.	37
Tabla 5 Evaluación Granulométrica 2	38
Tabla 6 Humedad de la arcillosa superficie con ceniza de madera al cinco%.	39
Tabla 7 Evaluación Granulométrica 3	39
Tabla 8 Humedad de la arcillosa superficie con ceniza de madera al quince%.	40
Tabla 9 Granulométrico Análisis 4.....	41
Tabla 10 Humedad de la arcillosa superficie con ceniza de madera al veinticinco%.	42
Tabla 11 Cantidades en % que pasan las fracciones finas al tamiz (N° 200).....	42
Tabla 12 IP y específica gravedad de los suelos arcillosos	44
Tabla 13 Óptima humedad y densidad aparente límite.	45



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Muestra de arcilla de un suelo.....	11
Figura 2 Sistema del tetraedro	13
Figura 3 Atómico sistema del octaedro	13
Figura 4 Sistemas de estructuras de arcillas	14
Figura 5 Proceso para conseguir la ceniza de madera.....	15
Figura 6 Organización de volantes cenizas	16
Figura 7 Instrumento del LL.....	21
Figura 8 Plan de organización SUCS	22
Figura 9 Organización por el modo AASHTO para su aplicación.....	23
Figura 10 Principio de compactación	24
Figura 11 Curva del ensayo de CBR	25
Figura 12 Muestras del análisis granulométrico por tamizado.....	30
Figura 13 Muestras para el colocado al horno	31
Figura 14 Desarrollo del equipo de Casagrande.....	32
Figura 15 Prueba de compactación Proctor Modificado	33
Figura 16 Preparación de la muestra para la prueba CBR.....	34
Figura 17 Granulométrica Curva de la arcillosa superficie.....	36
Figura 18 Granulometría, muestra la curva de la arcillosa superficie con ceniza de madera al 5 %.....	38



Figura 19 Granulometría, muestra la curva de la arcillosa superficie con ceniza de madera al 15%.....	40
Figura 20 Granulometría, muestra la curva de la arcillosa superficie con ceniza de madera al 25%.....	41
Figura 21 Contrastes del % del tamiz # 200 y % húmedo.....	42
Figura 22 IP y específica gravedad de las arcillosas superficies.....	44
Figura 23 Densidad Seca de la arcillosa superficie y CBR.....	45



RESUMEN

Este proyecto tuvo lugar en Juliaca, Puno, Perú. Mediante la investigación de los efectos del proceso de estabilización de suelos que contienen considerablemente arcillas con la incorporación de ceniza de la quema de madera a diferentes tasas en las subrasantes de las carreteras, la finalidad de este estudio fue optimizar las aplicaciones de las subrasantes de pavimento. La ceniza de madera se produce cuando el carbón y la madera se queman juntos en un proceso de combustión. Se realizaron extensas pruebas físicas y mecánicas como parte de la investigación exploratoria y aplicada para poner a prueba la idea y encontrar una solución a la problemática. Se empleó una estrategia de intencional muestreo no probabilístico para lograr la recolección de cuatro muestras de superficie natural, cuatro muestras de arcilloso suelo y ceniza de madera al 25,15 y 5%. Esto se realizó utilizando el método de muestreo apropiado. Esta muestra de suelo específica se recolectó de la urbanización Las Gardenias. Se evaluaron las siguientes características mediante una serie de pruebas: gravedad específica, plasticidad, tamaño de partícula, CBR y compactación Proctor modificada. Además, se realizaron experimentos adicionales de plasticidad. La inclusión de ceniza de madera en arcillosos suelos produce una bajada del IP, una subida del % de la relación de CBR y una homogeneización de las sólidas moléculas, lo que en última instancia mejora los mecánicos rasgos de la superficie. La aplicación de ceniza de madera a superficies arcillosas estabiliza dichas superficies y mejora sus mecánicos rasgos.

Palabras claves: Suelo arcilloso, ceniza, estabilidad, optimización, granulometría.



ABSTRACT

This thesis was conducted in Juliaca, Puno, Peru. By investigating the effects of stabilizing clayey surfaces with wood ash at different rates on road subgrades in Juliaca, the objective of this study was to improve pavement subgrade applications. Wood ash is produced when coal and wood are burned together in a combustion process. Extensive physical and mechanical testing was conducted as part of exploratory and applied research to test the idea and find a solution to the problem. A non-probability purposive sampling strategy was employed to collect four natural surface samples, four clayey surface samples, and wood ash at five, fifteen, and twenty-five percent. This was done using the appropriate sampling method. This specific soil sample was collected from the Las Gardenias development in Puno, Puno State. The following characteristics were evaluated through a series of tests: specific gravity, plasticity, particle size, CBR, and modified Proctor compaction. In addition, additional plasticity experiments were conducted. The inclusion of wood ash in clay soils results in a reduction in the PI, an increase in the CBR ratio, and a homogenization of solid particles, ultimately improving the soil's mechanical characteristics. The application of wood ash to clay surfaces stabilizes these surfaces and improves their mechanical properties.

Key words: Optimization, ash, clay soil, granulometry, stability.



INTRODUCCIÓN

La superficie es una mezcla no consolidada de minerales moléculas y compuestos orgánicos en descomposición entre sólidas moléculas. Causas, distribución del tamaño de partícula, compresibilidad, drenaje, capacidad portante y la resistencia al esfuerzo de corte. La evaluación de la idoneidad del material del suelo para la construcción involucra las características del mismo. Según un estudio, los depósitos arcillosos de Puno pueden desplazarse debido a la humedad y las temperaturas cálidas. Arcillas como la caolinita y la montmorillonita se contraen al secarse. La humedad las une. Se degradan por la tensión superficial. La remodelación daña, pero repara (Crespo, 2004). Los suelos arcillosos son mejores que los suelos gruesos, pero no pueden sostener estructuras. Así mismo, se están probando enfoques actualizados para las problemáticas. La estabilización mejora la capacidad portante del suelo.

El 1er cap abarca el tema de estudio, las interrogantes, las metas, los fundamentos, las hipótesis, las variantes y los componentes del análisis. Estas cualidades facilitan la elaboración de la tesis.

El 2do cap. describe la hipótesis del estudio. El marco teórico incluye las bases de la indagación, por otro lado, el marco conceptual se fundamenta en la actual literatura.

El cap III, abarca la metodología, la estructura, el alcance y las características de la investigación. Para garantizar la eficacia, la investigación implica metodologías e instrumentos. También implica conocer las metodologías fundamentales para producir los hallazgos deseados, justificar el experimental modelo para probar hipótesis y seleccionar la muestra y la población. Se muestra la matriz de coherencia del estudio.

Las figuras y tablas presentan los hallazgos del análisis de valor del Capítulo IV. Se pueden discutir los desacuerdos éticos de los autores del libro. En conclusión, el artículo ofrece ideas de investigación, referencias bibliográficas y apéndices útiles.



CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Exposición de la situación problemática

Los suelos aluviales en la localidad de Juliaca incluyen arenas, limos, arcillas y conglomerados. Por ende, los análisis de obras de pavimentación suelen incorporar arcillosos suelos. Este tipo de suelo puede ser flexible y expansivo, lo que hace peligrosa la infraestructura vial. La subrasante afecta en el desempeño del pavimento y la reacción estructural durante la construcción y la operación. Una subrasante optimizada soporta las cargas del pavimento, ahorra dinero y mantiene la integridad estructural. Esta investigación sugiere optimizar los rasgos mecano-físicos de las arcillosas superficies. La estructura reticular distingue a las arcillas como caolinitas, montmorillonitas o arcillas irregulares. La desecación altera la plasticidad. El contenido de líquido afecta en la cohesión y la tensión las colapsa. El remodelado refuerza considerablemente las estructuras. El análisis mineralógico es esencial en la ingeniería civil porque el sistema químico y la mineralógica conformación de las arcillosas superficies influyen más en el rendimiento mecánico que en los suelos gruesos. Las influencias químicas sobre los cationes complejos de sorción de la arcilla pueden afectar las propiedades mecánicas y el espesor de la capa de agua sorbida. Esto mejora la resistencia y la flexibilidad del suelo. Así, el catiónico intercambio forzado optimiza la mecánica de la superficie. Técnicamente, la plasticidad de la arcilla es crucial. Factores físicos



y químicos alteran sus propiedades mecánicas. La gran flexibilidad de las arcillas causa una veloz expansión y su falta de disposición para aguantar estructurales pesos a lo largo del tiempo, lo que requiere modificaciones. Métodos innovadores, como el control de la superficie, pueden optimizar los mecánicos rasgos y la capacidad de carga de las arcillosas superficies. Según ciertas investigaciones, las cenizas volantes de la quema de madera deben eliminarse, lo que causa problemas ambientales. Mamani y Yataco (2017) observaron características cementosas a pesar de su escasa aplicación. Esta investigación reevalúa los residuos para optimizar los mecánicos rasgos de la superficie de la arcilla. Los ensayos de laboratorio y el chequeo de muestras de ceniza documentarán los cálculos de campo y de oficina. Se estudió cómo los cambios en la superficie con un suelo con características arcillosas, mejoran las características de la superficie.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Pregunta general

¿Cómo será la influencia de la adición de ceniza de madera en proporciones diferentes en las propiedades físicas y mecánicas de suelos arcillosos para la estabilización de subrasantes en las vías de la localidad de Juliaca?

1.2.2 Preguntas específicas

1. ¿Cómo será la influencia en las propiedades mecánicas y físicas de un suelo arcilloso con la incorporación de ceniza de madera para lograr la estabilización de la subrasante en las vías de la localidad de Juliaca?
2. ¿Cómo serán las características que mostrarán los Límites de Atterberg con los que se calculará el valor del índice de plasticidad de suelos arcillosos que será estabilizado con ceniza de madera para la subrasante en vías de la localidad de Juliaca?



3. ¿A cuánto alcanzará la humedad óptima del suelo arcilloso con la aplicación de ceniza de madera que será usado para la estabilización de subrasantes en vías de la localidad de Juliaca?

1.3 Justificación

En el desarrollo del análisis es crucial porque en Juliaca se necesita mejorar las propiedades de los suelos arcillosos para la construcción de pavimentos, lo cual requiere la estabilidad de las subrasantes, para tener una estructura del pavimento en condiciones estables. En este trabajo se estabilizaron superficies arcillosas utilizando ceniza de madera, mejorando así sus cualidades físicas y mecánicas.

1.3.1 Justificación practica

Esta solución única brindará a la construcción de vías en zonas urbanas específicamente en la localidad de Juliaca, una ventaja competitiva al reducir costes en obras que necesitan grandes movimientos de tierra y estabilidad debido a su naturaleza económica.

1.3.2 Justificación social

Este proyecto busca mejorar las iniciativas ambientales para aumentar el empleo de industriales residuos y minimizar el ambiental efecto. Las empresas que utilizan ceniza de madera se esfuerzan por expandir la economía y crear empleo.

1.3.3 Justificación técnica

Para el control donde se encuentren superficies arcillosas, en el trabajo de tesis se realizará el empleo de ceniza de madera en cantidades de 15%, 25% y 5% del peso del espécimen. El índice de estabilidad ideal para suelos arcillosos se determinará mediante



pruebas exhaustivas desarrolladas en laboratorio, para lograr los objetivos esperados, para poder afianzar los conocimientos en materia de estabilización de terrenos de fundación para pavimento.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar cómo será la influencia de la incorporación de la ceniza de madera en proporciones diferentes en las propiedades mecánicas y físicas de suelos arcillosos para la estabilización de subrasantes en vías de la localidad de Juliaca.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Analizar la influencia de la incorporación de la ceniza de madera en las propiedades mecánicas y físicas de un suelo arcilloso para la estabilización de subrasantes en vías de la localidad de Juliaca.
2. Analizar de qué manera influye en el índice de plasticidad de un suelo arcilloso la incorporación de la ceniza de madera para estabilizar subrasantes en vías de la localidad de Juliaca.
3. Calcular la cantidad de humedad óptima de suelos arcillosos con la incorporación de ceniza de madera para estabilizar subrasantes en vías de la localidad de Juliaca.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La incorporación de la ceniza de madera en los suelos arcillosos mejorará las propiedades mecánicas y físicas que permitirá la estabilización en subrasantes de las vías de la localidad de Juliaca.



1.5.2 Hipótesis específicas

1. Las propiedades físicas y mecánicas de suelos arcillosos con la incorporación de ceniza de macera son efectivas para lograr la estabilización de subrasantes en vías de la localidad de Juliaca.
2. La incorporación de la ceniza de madera permitirá reducir el índice de plasticidad de suelos arcillosos para lograr estabilizar subrasantes en vías de la localidad de Juliaca.
3. La incorporación de la ceniza de madera permitirá incrementar la calidad de suelos arcillosos para lograr estabilizar subrasantes en las vías de la localidad de Juliaca.

1.6 Variables e indicadores

✓ Variable independiente

Proporciones de ceniza de madera

a. Indicadores

- Porciones en porcentaje

✓ Variable dependiente

Estabilizados suelos arcillosos

a. Indicadores

- Estándares de los Límites de Atterberg
- Prueba de Proctor Modificado



1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Desarrollo de la operacionalización de variables

VARIANTES	DETALLES	DIMENSIÓN	INDICADOR
Independiente: Proporciones de ceniza de madera	La quema de carbón en térmicas produce ceniza de madera. La ASTM organiza esta combustión tal cual ceniza volante, ceniza mezclada y ceniza de fondo	%	&
Dependiente: Estabilización de arcillosos suelos	Los métodos físico-químicos o mejoran los rasgos físico-químicos de la superficie, asegurando su estabilidad.	Cualidades mecano- físicas	Límites de Atterberg Prueba de P. Modificado

Nota. Elaboración Propia



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según lo manifestado por, Niyazi y Turan (2019) evaluaron las composiciones del ligero concreto con la incorporación de cenizas volantes. Esto dejó diferenciar el desempeño del ligero concreto y el tradicional. Se llevaron a cabo numerosas pruebas de compactación, elástico y tracción módulo. La $F'c$ a las 4 semanas y la seca densidad de los ligeros concretos fueron de 42,3 a 55,8 y de 1943 a 1860 kg/m^3 , respectivamente. El hormigón tradicional presenta mayor resistencia a la compresión ($F'c$) y libertad de movimiento que el ligero concreto. Confirmaron la menor resistencia y mayor porosidad del árido ligero. La consolidación presentó la misma resistencia y módulo que el ligero concreto de árido de cenizas volantes con bentonita ligera y polvo de vidrio ligero, pero su módulo de elasticidad fue menor.

En "Estabilización Mecánica de Suelos Cohesivos con Cal y Cenizas Volantes". Un espécimen típico de limosa superficie se trató con 3 % de cal y 17 % de cenizas volantes, y 15 % de cal y 5 % de cenizas volantes para evaluar la estabilidad cohesiva del suelo. Las pruebas de laboratorio incluyeron los estándares de Atterberg, los límites de Proctor, el CBR, la distribución granulométrica, la gravedad específica, las pruebas triaxiales y la



permeabilidad. Los valores hallados de los ensayos señalaron una limosa superficie que tiene una excelente plasticidad, alta plasticidad (17 % ceniza + 3 % cal) y baja plasticidad (5 % cal + 15 % ceniza) cerca de los estandartes de Atterberg. En el ensayo de CBR, el espécimen n.º 1 presentó una disposición de carga del 20,05 %, 18,39 % y 3,04 % para 65, 30 y 10 golpes. Para efectos equivalentes, la muestra 2 (17 % ceniza + 3 % cal) mostró una disposición de carga del 75,70 %, 51,40 % y 22,70 %. El espécimen n.º 3 (15 % de ceniza + 5 % de cal) arrojó un rendimiento del 81,66 %, 74,33 % y 47,02 % para 65, 30 y 10 golpes. Los suelos cohesivos, el limo, el 15 % de cenizas volantes y el 5 % de cal cuadruplicaron la disposición de carga (BC) y mejoraron la estabilidad.

Según Cañar, 2017, en tesis desarrollo "Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón", si bien las pruebas evalúan la portante disposición, las cenizas de carbón estabilizan dos suelos con propiedades diferentes. Antes de la evaluación, se examinaron de forma visual los lugares de prueba y se llevaron a cabo ensayos de las superficies para dar con las características granulometrías y los estandartes de los Límites de Atterberg para definir la clasificación de la clase de superficie. Antes de medir la portante disposición (SUCS) con 20 %, 23 % y 25 % de cenizas de carbón, la prueba Proctor confirmó el óptimo contenido húmedo y el límite seca densidad. Las pruebas de compresión básica en suelos de arcilla plástica y cangahua determinaron la resistencia al corte. Según pruebas con SCU, la suma de 23 %, 25 % o 20 % de ceniza de carbón a arenosas superficies limosas optimizó el desempeño en un 19,6 %, 19,1 % o 18,6 %. La arcilla de plasticidad elevada sobrevivió a 9,8 %, 10 % y 11,20 % de ceniza de carbón. En expansivas superficies como la arcilla, la suma de 25% de ceniza de carbón en arenosas superficies finas mejora la consolidación, la CBR y el aguante al corte.



2.1.2 Antecedentes nacionales

En la horizontal construcción, la ceniza volante estabiliza los suelos arcillosos, según descubrió Pérez (2012). La ceniza de madera y las mejoras en los suelos arcillosos forman parte de su enfoque de investigación. Redujo la seca densidad límite del P. modificado utilizando ceniza volante. El ensayo CBR subió del 7,7 % para arcillosas superficies al 23,5 % para 60 % de arcilla y 40 % de volante ceniza.

Mamani y Yataco (2017) en "Análisis de la Estabilización de Suelos Arcillosos Con la Adición de Ceniza de Madera en el Departamento de Ayacucho". El estudio examinó cómo la variable independiente impacta el control de la arcillosa superficie de Ayacucho. En una prueba se estudió los mecano-físicos rasgos de las estabilizadas arcillosas superficies con ceniza de madera. El estudio del dimensionamiento de molécula del tamiz (A.S.T.M.D. 4.2.2), el estudio de la dimensión de partícula del tamiz sedimentario, la organización de la superficie mediante SUCS y el cálculo de la específica gravedad de estos evaluaron las propiedades mecánicas. Una mezcla de arcilla y ceniza superó mecánicamente al suelo arcilloso puro. Estudiamos cómo la humedad, el curado, la compactación y otras variables influyeron en la composición. La mezcla de ceniza y arcilla redujo la deformación de la superficie y aumentó la tensión de preconsolidación en la prueba de consolidación en un eje de curado de 1 semana, mitigando el asentamiento diferencial. La tensión de corte aumenta en la combinación de arcilla y ceniza curada durante una y dos semanas, medida mediante mecánicas pruebas de directo corte conforme a la A.S.T.M.D. La cohesión y el ángulo de fricción aumentan cuando optimizan los físicos y mecánicos rasgos de la superficie.

2.1.3 Antecedentes locales

Adco, 2022. Este estudio controla subrasantes arcillosas superficiales empleando ceniza de madera procedente de la combustión de hornos artesanales de ladrillos. Este estudio



utiliza métodos aplicados, explicativos y cuasiexperimentales. El IP de las arcillosas superficies era del 43 % en la naturaleza, pero se redujo al 28 %, 21 % y 18 % con el 15 %, 20 % y 25 % de ceniza de madera en estudios de laboratorio. La flexibilidad natural de la superficie era del 27 %, pero la ceniza de madera la bajo al 16 %, 13 % y 21 %. En términos de densificación, el uso de la ceniza de madera logro el aumentó la DMS del suelo arcilloso de CH de 1,729 a 1,723, 1,719 y 1,718 g/cm³. El MDS natural del suelo CL, se encontró un valor de 1,912 g/cm³, mientras que la aplicación de la ceniza de madera subió a 1,937, 1,912 y 1,929 g/cm³. Las dos clases de superficies subieron su disposición de peso en un veinte%, el suelo CL del 2,80 % al 11,80 % y el suelo CH del 2,30 % al 14,40 %. En conclusión, la incorporación de la ceniza de madera procedente de la quema de las unidades de ladrillos puede permitir la optimización del control de la subrasante en superficies arcillosas o suelos blandos, lo que amplía este concepto a la estabilización de la subrasante para el diseño de pavimentos.

2.2 Base teórica

2.2.1 Arcilloso suelo

El estudio de superficie investiga la dinámica de la masa de la superficie bajo tensiones distintas. Dado que cada clase de superficie posee rasgos mecano-físicos únicos, los ingenieros civiles utilizan este tema para dar solución a problemáticas de ejecución y modelo de cimentaciones.

Según Cubas y Falen (2016), la arcillosa superficie está conformada primeramente de montmorillonita, con menos clorita y vermiculita. Grandes cantidades de minerales menos reactivos, como la caolinita y la illita, pueden afectar el desarrollo de la superficie.

2.2.1.1 Arcilla

La química meteorización de los insumos de ígneas rocas desarrolla arcilla, alúmina y silicatos primarios, según Badillo y Rico (2005). Su color depende de la contaminación. Las partículas de arcilla, pequeñas y lisas, con dimensiones menores a 0,002 mm de diámetro.

Figura 1

Muestra de arcilla de un suelo.



Nota. Conanma (2016). Geotecnia.

La ASTM D422 organiza la dimensión de las moléculas conforme al material: arcilla, grava, arena y limo.

Las normas técnicas proporcionan estandartes del IP para suelos arcillosos (ASTM D422, 1998) en sus cuadros, específicamente para cada condición. La específica gravedad oscila entre 2,75 y 2,60 g/cm³. La densidad y la solidez están relacionadas, lo que señala que la tierra compactada aguanta la erosión.

2.2.1.2 Rasgos de la arcilla

- a) **Suelo específico:** Los externos e internos suelos de las partículas de la superficie son arcillas. La gran específica superficie de las arcillas influye las interacciones fluido-sólido.



- b) **Disposición de Absorción:** La absorción y la adsorción afectan la superficie y la porosidad.
- c) **Hinchamiento:** La repulsión electrostática causa hinchamiento y separación de capas cuando el agua entra y los estratos divergen.
- d) **Plasticidad:** La estructura de las moléculas y la dimensión de los gránulos de la arcillosa superficie requieren esto.
- e) **Tixotropía:** El aguate del insumo disminuye, pero aumenta gradualmente con el amasado. Las características tixotrópicas requieren una cierta cantidad de agua cercana al valor del (LL).

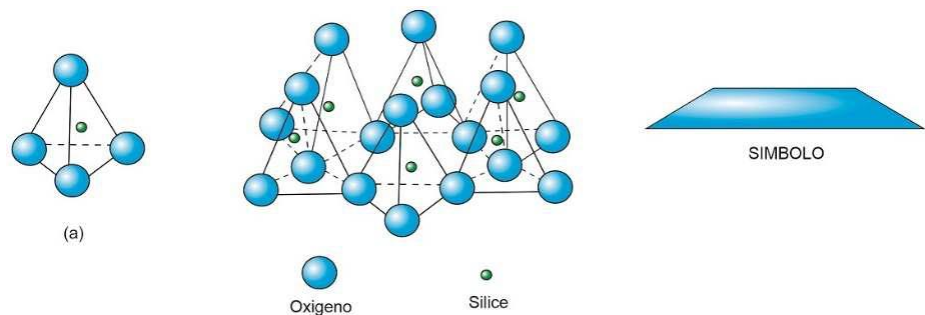
2.2.1.3 Distribución de las arcillosas superficies

- a. **Por Cantidad de su Volumen:** Cruz (2011) divide las arcillas MIT en gruesas (0,002 a 0,0006 mm), medias y finas.
- b. **Por los Filosilicatos:** Los tetraédricos o trioctaédricos pueden ser trilaminares o bilaminares. Las arcillas y las micas son filosilicatos.
- c. **Plan de arcillas:** Los minerales arcillosos se asemejan a los intrincados silicatos de aluminio presentes en rocas ígneas y metamórficas. La meteorización química produce arcilla. Los parámetros mineralógicos (estructura y composición) determinan las propiedades mecánicas de la arcilla.

d. **La sílice, hidrógeno, aluminio, oxígeno, hierro y magnesio.** Los tetraedros de sílice se forman a partir de estos componentes. Las láminas de sílice tienen átomo de silicio (1) y de oxígeno (4) en unidades tetraédricas. La Figura dos presenta que los tetraedros vecinos tienen tres átomos de oxígeno en el centro, lo que genera pseudo-hexágonos con una molécula de O como nexo.

Figura 2

Sistema del tetraedro

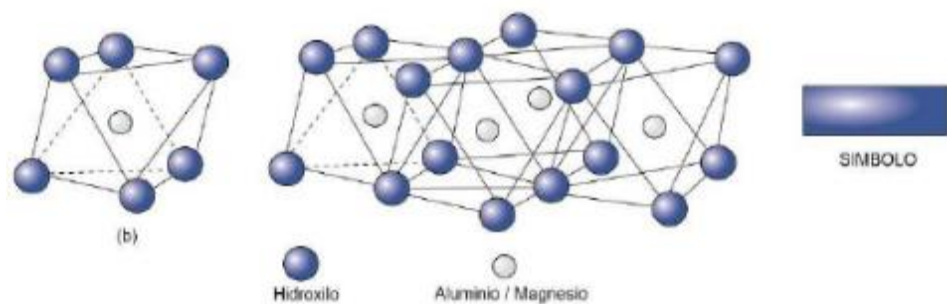


Nota. Conanma (2016). Geotecnia.

El segundo es octaédrico con hidroxilos (6) que llegan a rodear un átomo de aluminio. La 3ra ilustración presenta cómo el oxígeno enlaza los octaedros cercanos para elaborar una lámina de gibbsita a partir de unidades octaédricas de hidroxilo de aluminio.

Figura 3

Atómico sistema del octaedro



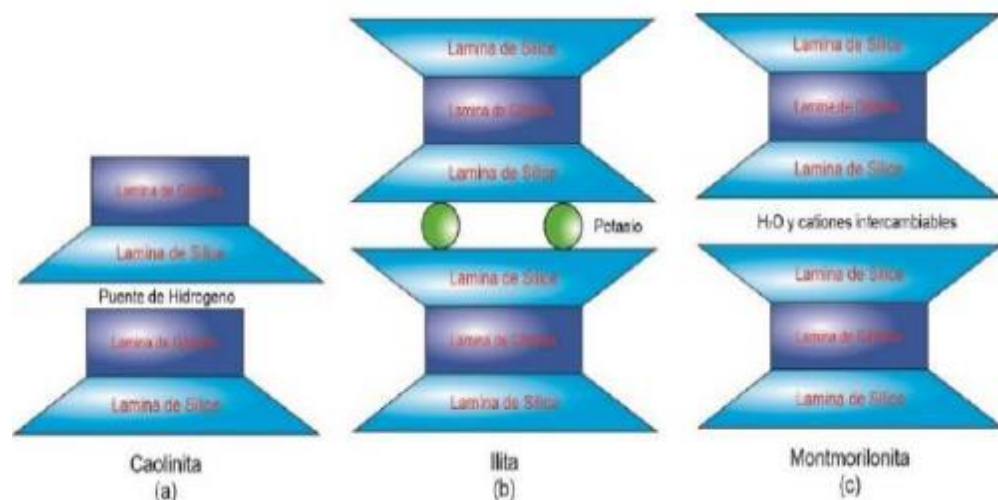
Nota. Conanma (2016). Geotecnia.

Clasificamos los arcillosos insumos como montmorillonitas, caolinitas e illitas. El término chino kau ling describe las caolinitas, que se forman mediante enlaces de hidrógeno que unen capas infinitamente apiladas de sílice y aluminio en la carbonatación de la ortoclasa. La unión de la red resiste la absorción de moléculas de líquido, generando un nivel eléctricamente neutro que muestra su resiliencia acuática. La illita, se forma por hidratación y muestra un nivel de aluminio entre 2 niveles, como se muestra en la Figura 3. A veces se denomina arcillosa mica. Los iones de potasio en las capas de illita causan aglomeración interna. Esto minimiza la superficie de contacto con el agua. Las delgadas y pequeñas moléculas bajan la adhesión a diferencia de las caolinitas.

La montmorillonita compone la bentonita montmorillonita. Una capa de aluminio poco transparente entre dos capas de sílice con enlaces reticulares reducidos atrae mucha agua hacia los intersticiales espacios. Esto se expande significativamente con la exposición al agua, causando la inestabilidad en un suelo denominado blando que caracteriza a las arcillas.

Figura 4

Sistemas de estructuras de arcillas



Nota. Rico, A. y Del Castillo, H. (1978). La Ingeniería de Suelos en las vías Terrestres

Las superficies naturales son flexibles debido a sus similitudes químicas y físicas.

2.2.2 Cenizas de Madera

La combustión de carbón en térmicas centrales desarrolla una gran cantidad de cenizas de carbón. La ASTM las organiza como cenizas combinadas, de fondo y volantes.

2.2.2.1 Origen y desarrollo para conseguir la ceniza

Aproximadamente 2000 hornos artesanales en nuestro país generan 53 600 tn de cenizas de fondo anualmente en altos hornos.

Soriano (2012) indica que Puno tiene 334 ladrilleras artesanales, el 74,85 % de las cuales se encuentran en Juliaca y desarrollan 6687,5 toneladas de cenizas de fondo anualmente. Los artesanales ladrillos cocidos contienen un 65,87 % de leña (aserrín), un 34,13 % de guano y un 1,80 % de neumáticos o residuos plásticos.

El enfriamiento del horno demora de dos a un día en crear cenizas de fondo. La recolección a mano de cenizas se realiza con palas para recoger los restos. Luego, se empaquetan y se desechan, lo que daña el medio ambiental.

Figura 5

Proceso para conseguir la ceniza de madera



Nota. Morales, D. (2015). Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos.

2.2.2.2 Organización de clases de ceniza conforme al desarrollo

A. Ceniza volante seca

El polvo de la caldera, procedente de los gases de combustión, se acumula cerca de la base del dispositivo de calentamiento. Las cantidades de cenizas se guardan almacenadas en tolvas y se retiran seguidamente para llevar a su almacenamiento y posterior empleo.

B. Ceniza de fondo seca

La gravedad transporta las cenizas desde la base de la caldera a los silos para su almacenamiento. Este lino es marrón, negro y blanco.

C. Ceniza compuesta seca

Estas fábricas generan secas cenizas volantes y cenizas de fondo en silos de almacenamiento.

D. Ceniza compuesta hidratada

Antes de almacenar cenizas volantes conformadas, humidézcalas. La hidratación ralentiza la dispersión de las cenizas en el transporte.

Figura 6

Organización de volantes cenizas



Nota. Morales, D. (2015). Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos.



2.2.2.3 Cualidades de la volante ceniza

a) Rasgo puzolánico

El mecanismo de interacción de la sílice y la velocidad de las volantes cenizas con el hidróxido de calcio del cemento Portland son importantes.

b) Pérdida por ignición

Las volantes cenizas que pierden mucho carbono por ignición se oscurecen a medida que las moléculas de C suben. Los puzolánicos rasgos de las volantes cenizas pueden reducirse al reducir primeros óxidos como los óxidos de hierro, el aluminio o la sílice, lo que prolonga el tiempo de fraguado.

c) Granulometría

La principal variante de las volantes cenizas es el diámetro molecular. El molino de carbón, el proveedor y la eficacia del horno afectan la distribución del tamaño molecular de las cenizas en el horno, aunque esta se mantiene constante. Debido a los procedimientos de precipitación de 3 a 5 pasos que suprime algunas de las mejores cenizas, la organización de la dimensión de las moléculas de ceniza podrían fluctuar considerablemente entre los centros.

d) Fineza

Los filtros de 45 micras regulan la finura de la ceniza. La resistencia de la malla mejora a medida que la volante ceniza se desplaza.



e) Forma de la molécula

La volante ceniza es un polvo granular con forma esférica y únicos rasgos. La mayoría de estas se encuentran en la fracción más gruesa. La atrición tras la ignición de esta materia prima gruesa y arenosa es de 10 a 3 veces más grande proporcionalmente a la que pasa a través del tamiz de 45, lo que señala parcialmente quemado carbón.

f) Densidad

La densidad de la volante ceniza depende del tamaño molecular y de las pérdidas por un proceso ignición.

2.2.2.4 Aplicación de la ceniza

Acorde a las expresiones dadas por Santaella (2011), la producción de cerámica, hormigón y vidrio produce ceniza volante:

- ✓ Aditivos activos en mezcladoras.
- ✓ Las adiciones inertes, como los suplementos de áridos finos o sustitutos, mejoran las deficiencias de estos materiales.
- ✓ Los cementos de tipo V, IV, II y II-C utilizan clínker como insumo durante su procesamiento.

2.2.3 Control de superficies

El control fortalece la superficie para una cimentación sólida. Esta capa refuerza la plataforma al soportar el vehículo y la erosión.

Fajardo y Vásquez (2014) confirman que los modos de control del suelo, ya sean físicos, químicos o una mezcla de ellos, pueden mejorar sus cualidades. Los productos



químicos mejoran las cualidades geotécnicas en la estabilización del suelo, haciéndolo más propicio para el crecimiento.

2.2.3.1 Control de arcillosas superficies

Estabilizar superficies arcillosas implica modificar sus cualidades indeseables para adaptarlas a una función específica. Un elevado IP señala una expansión o contracción relevante y debilidad de la estructura en la arcilla plástica.

2.2.3.2 Caracterización de las superficies para manejar

Según Fajardo y Vásquez (2014), la investigación definirá el tipo de suelo y medirá el conteo de moléculas y la plasticidad. Los análisis incluyen sensibilidad, expansividad y deformabilidad. Podemos abordar problemas y evaluar la estabilidad empleando valores exhaustivos de identificación de la superficie.

2.2.3.3 Modos de control de superficies

Los modos de control utilizan la solidificación para desarrollar construcciones resistentes a la intemperie. Podrían ser:

Físicos: Esto requiere añadir componentes granulares, finos o los dos a la superficie para aumentar su granularidad.

Mecánicos: Aumentar la consolidación del sustrato puede optimizar la calidad de la superficie sin necesidad de productos químicos.

Químicos: Añadir cloruro de sodio, asfalto, cal y cemento a un químico controlador modifica los rasgos de la superficie a través de ambientales impactos.

Hidráulicos: El drenaje subterráneo retiene los conformantes en superficies con mayor porosidad. El elemento descarga líquido al conectarse a la salida del proyecto.



2.2.4 Contenido Húmedo

La relación entre el peso luego de la deshidratación en un horno a 110-105° C y peso primario del agua de un espécimen su constituye el contenido de humedad. Esta influye en la reactividad, la resistencia, los cambios volumétricos y el control mecánico del suelo. La proporción de humedad varía del 0 % (seco) al 100 % (empapado).

2.2.5 Análisis Granulométrico

Según la PUCP (2012), la dimensión de molécula superficial es la clasificación de las moléculas según su diámetro. Este método permite realizar suposiciones aproximadas sobre las cualidades del grueso suelo.

2.2.5.1 Granulometría análisis por tamizado

La PUCP (2012) norma al tamizado como la desagregación de la superficie a través tamices que miden el tamaño de las partículas según la proporción que atraviesan o retienen cada dimensión de malla.

La curva de dimensión de molécula muestra el porcentaje de paso en ordenadas y los tamices en abscisas utilizando datos de análisis del tamaño de partícula. Además, se puede demostrar la retención.

2.2.6 Estándares de Atterberg

La investigación suele determinar los umbrales de IP de la superficie. La ASTM D 4318 norma las pruebas de líquido, plástico e IP del suelo.

2.2.6.1 Parámetros del Limite Liquido (LL)

El % de humedad al cual una superficie se vuelve plástica y líquida, conforme a la PUCP (2012).

MTC (2016) afirma que el vaso de aluminio y la base de goma son resistentes. Dos segmentos de suciedad de 10 mm deben estar alineados y unidos sobre 12 mm. El vidrio se ensaya con 25 impactos en una elevada plataforma de 10 mm. Dado que los sellos de 12 mm son difíciles, el ensayo debe tener lugar tres veces en un nivel.

Figura 7

Instrumento del LL



Nota. Whitlow, R. (2014). Fundamentos de Mecánica de suelos.

2.2.6.2 Parámetros del Limite Plástico (LP)

Morales Zuluaga (2015) define el límite líquido (LP) como la proporción de humedad en el suelo seco que pasa a las etapas plástica, semisólida y sólida. Esta humedad es baja.

Corte la tierra elipsoidalmente que se encuentra sobre una placa de vidrio de 3,2 mm. Se registra el contenido de humedad si el gasto de la humedad provoca fragilidad. Después de medir el IP, se agrega más tierra y se lleva a cabo la prueba de LL. El Ensayo de LP del material de suelo sobrante se procede a realizar de manera instantáneamente luego de la prueba de LL en casos de baja plasticidad. Este método tiene que repetirse tres veces para que se optimice la exactitud de los valores encontrados. Tal cual se señala en la fórmula (1), multiplique por el contenido de humedad promedio por cien para obtener el LP.

$$\text{limite plastico} = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso de suelo seco}} * 100$$

2.2.6.3 Parámetros del Índice de Plasticidad (IP)

El IP superficial es el contraste entre el estándar de LL y el límite de LP, según MTC (2016). Se dimensiona la retención de humedad de la superficie antes de la solubilización. Si no se pueden calcular el LP y el LL, el IP es NP. Los LL superan los LP, lo que hace que el IP sea no positivo.

2.2.7 Organización de superficies por (SUCS)

Se utiliza la Tabla de Plasticidad de Casagrande para implementar este método. La ASTM D-2487 organiza la superficie por tamaño molecular y estándar de Atterberg. La superficie se divide inicialmente en clases (2) y se clasifica según sus características básicas; La grava y la arena predominan en suelos cribados con una malla de 200, con menos del 50 %. Más del 50 % de la suciedad es retenida por un tamiz de malla de 200.

Figura 8

Plan de organización SUCS

Criterios para la asignación de grupo y nombres de grupo con el uso de pruebas de laboratorio ^a				Clasificación de suelos	
				Simbolo	Nombre de Grupo ^b
Suelos de partículas gruesas Más del 50 % retenido en la malla N°200.	Gravas Más del 50% de la fracción gruesa retenida en el tamiz N°4	Gravas Limpias	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3$ ^a	GW	Grava bien graduada ¹
		Menos del 5% de finos ^c	$C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3$ ^a	GP	Grava mal graduada ¹
		Gravas con finos	Los finos se clasifican como ML o MH	GM	Grava limosa ^{1,2,3}
	Arenas El 50% de la fracción gruesa pasa el tamiz N°4	Más del 12% de finos ^c	Los finos se clasifican como CL o CH	GC	Grava arcillosa ^{1,2,3}
		Arenas Limpias	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3$ ^a	SW	Arena bien graduada ¹
		Menos del 5% de finos ^d	$C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3$ ^a	SP	Arena mal graduada ¹
Suelos de partículas finas El 50 % o más pasa la malla N°200.	Limos y Arcillas Límite Líquido menor que 50	Inorgánicos	IP > 7 y se grafica en o arriba de la línea ¹ "A" IP < 4 y se grafica en o arriba de la línea ¹ "A"	CL	Arcilla de baja plasticidad (ligera) ^{1,2,3}
		Orgánicos	$\frac{\text{Limite Líquido secado en horno}}{\text{Limite Líquido no secado}} < 0.75$	ML	Limo ^{1,2,3}
		Orgánicos	$\frac{\text{Limite Líquido secado en horno}}{\text{Limite Líquido no secado}} < 0.75$	OL	Arcilla Orgánica ^{1,2,3} Limo Orgánico ^{1,2,3}
	Limos y Arcillas Límite Líquido 50 o más	Inorgánicos	IP se grafica en o arriba de la línea "A" IP se grafica debajo de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad ^{1,2,3}
		Orgánicos	$\frac{\text{Limite Líquido secado en horno}}{\text{Limite Líquido no secado}} < 0.75$	MH	Limo Orgánico ^{1,2,3}
		Orgánicos	$\frac{\text{Limite Líquido secado en horno}}{\text{Limite Líquido no secado}} < 0.75$	OH	Arcilla Orgánica ^{1,2,3} Limo Orgánico ^{1,2,3}
Suelos altamente orgánicos	Principalmente materia inorgánica, de color oscuro y con olor orgánico		PT	Turba	

^a Basado en el material que pasa la malla de 75 mm (3 pulg)

^b Si la muestra de campo contiene guijarros o pedruscos, o ambos, añada al nombre de grupo estos detalles.

^c Las gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos duales: GW-GM grava bien graduada con limo.

^d Las arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos duales: SW-SM arena bien graduada con limo.

¹ $C_u = D_{60}/D_{10}$ $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}}$

² Si el suelo contiene ≥15% de arena añadida con arena al grupo.

³ Si los finos se clasifican como CL-ML, use el símbolo dual.

⁴ Si los finos son orgánicos añada'o al nombre de grupo.

⁵ Si el suelo contiene ≥15 % de grava añadida con grava al grupo.

⁶ Si los límites de Atterberg se sitúan en el área sombreada, el suelo es una arcilla limosa CL-ML.

⁷ Si el suelo contiene 15 a29% mayor de la malla N°200, añadida con arena o con grava, el que sea predominante.

¹ Si el suelo contiene ≥30% mayor de la malla N°200, predominantemente arena, añada "arenoso" al nombre de grupo.

² Si el suelo contiene ≥30% mayor de la malla N°200, predominantemente grava, añada "gravoso" al nombre de grupo.

³ Si el suelo contiene ≥30% mayor de la línea A.

⁴ IP ≥ 4 y se grafica en o arriba de la línea A.

⁵ IP < 4 o se grafica debajo de la línea A.

⁶ IP se grafica en o arriba de la línea A.

⁷ IP se grafica debajo de la línea A.

Nota. Whitlow, R. (2014). Fundamentos de Mecánica de suelos.

2.2.8 Clasificación de suelos según el método - AASHTO

En este método se divide el suelo en siete grupos, del A-1 al A-7, y dos fracciones que utilizan la dimensión de molécula de LL y la organización de IP. Si el 35 % o menos pasa por el tamiz de malla 200, las moléculas más grandes se organizan como A-2, A-3 y A-1. El tamiz de malla 200 deja pasar más del 35 % del material, y las partículas más pequeñas se clasifican en los grupos A-6, A-7, A-4 y A-5. Y en el grupo A-7, se puede separarse para analizar el LL y el IG, que pierden importancia según que aumente el IG. Donde un valor de entrada de 20 IG es inadecuado para el uso previsto. Utilice la ecuación del parcial índice de grupo y del IP para operar los índices de grupo de suelo A-2-6 o A-2-7.

Figura 9

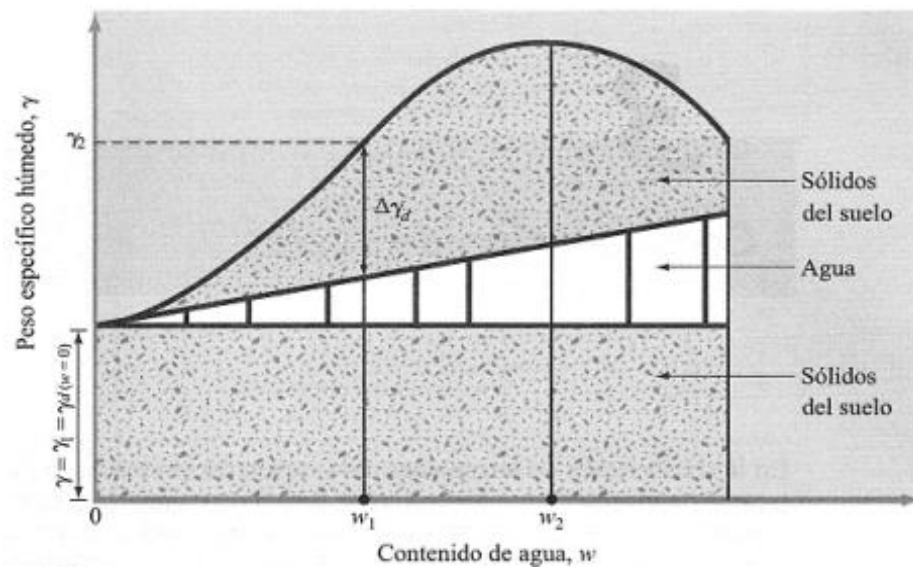
Organización por el modo AASHTO para su aplicación

Clasificación General	Suelos Granulares (≤ 35% pasa por tamiz N°200)						Suelos Granulares (>35% pasa por tamiz N°200)				
	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7	
Sub - Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6 *	A-2-7 *				A-7-5 ** A-7-6 **
Del Tamiz (% que pasa)	Tamiz N°10	50 max									
	Tamiz N°40	30 max	50 max	51 min							
	Tamiz N°200	15 max	25 max	10 max	35 max			36 min			
Del Tamiz (MTC)	LL			40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min
	IP	6 max		NP	10 max	10 max	11 min	11 min	10 max	10 max	11 min
Tipo de material más común	Fragmentos de Rocas, Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o Arcillosas			Suelos Limosos		Suelos Arcillosos		
Calificación de la Subrasante	Excelente a Buena						Regular a pobre				
	** Si: IP ≤ (LL-30) es A-7-5					Si el Suelo es NP >> IG=0; Si IG<0 >> IG=0					
	** Si: IP > (LL-30) es A-7-6										

Nota. MTC (2016), Manual de Carreteras, Especificaciones Técnicas Generales.

2.2.9 Ensayo de Consolidación

Según las explicaciones de Das (2011) asevera que la mecánica consolidación consolida la superficie al eliminar el aire. El líquido mueve y posiciona las moléculas de la superficie, subiendo la densificación.

Figura 10*Principio de compactación*

Nota. Das, (2001), Mecánica de Suelos.

La PUCP (2012) limita la prueba de compactación Proctor a suelos con un 30 % de las partículas que están retenidas por la malla de una abertura de 19 milímetros. Con un martillo que cuenta con un peso y altura de caída específicos compacta la tierra húmeda en un molde. Para establecer una asociación entre la humedad de la superficie y la seca densidad, el experimento se repite con diferentes niveles de humedad. Los gráficos de datos muestran la curva de consolidación, que define la densidad seca límite y el húmedo contenido. La norma ASTM D1557-07 (2007) clasifica las pruebas como estándar o modificadas según la resistencia, que se determina por el número de capas, el peso del martillo, la altura de elevación de la caída y la parte del suelo. Las categorías a considerar son A, B o C.

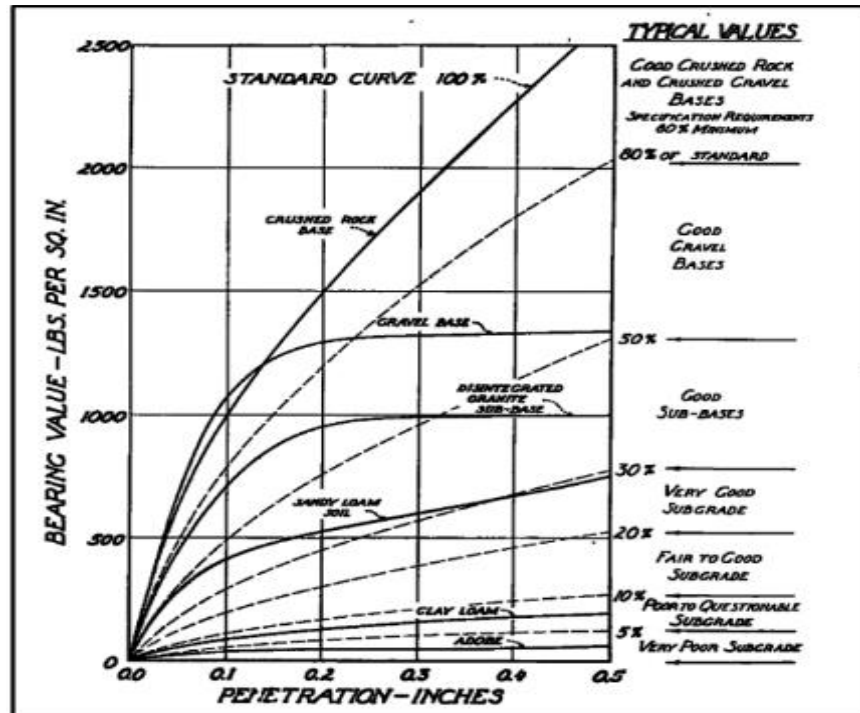
2.2.10 Ensayo de CBR

El ensayo de CBR de 1938, realizada por (BOJ). Porter, quien mide la capacidad de peso y requiere la humedad del suelo. El espécimen se tritura en un cilíndrico que tiene un molde de 15 cm. Para la medición preliminar de la altura, se sumerge en un tanque de agua. 10–12,7 cm La sobrecarga de subrasante (4-5 pulgadas) se replica mediante un disco poroso

de 4,5 Kg que soporta el espécimen en el molde en la inmersión. Posteriormente, recibe 2000 psi. Un pistón de 7,6 cm penetra la fuente del comprimido espécimen a 12,7 cm para medir la carga. El medidor del equipo mide con exactitud la profundidad del pistón. Por cada 2,5 cm de penetración, las cargas alcanzan los 12,7 cm.

Figura 11

Curva del ensayo de CBR



Nota. Das, (2001), Mecánica de Suelos.

Los insumos de cimentación y subrasante, incluido el pavimento reciclado, se evalúan mediante este método. Los diseños de flexibles pavimentos van acorde al índice CBR de este ensayo. El CBR determina el húmedo contenido de óptima humedad para evaluar el aguante a la consolidación de la superficie. Las muestras de prueba fabricadas con materiales cementados y reciclables deben cumplir con las normas geotécnicas. El unitario peso estándar del cuadro 7 da la portante capacidad de un suelo (índice de resistencia). Analiza la capacidad de la superficie de cimentación para transportar los componentes de la base, pavimento, subbase y subrasante para formar un pavimento en situación estable con duraderas proyecciones.



2.2.11 Subrasante de una Vía

Las cualidades mecánicas de la superficie de cimentación de la subrasante deben cumplir con los criterios técnicos establecidos. La portante disposición mide el aguante a la deformación por carga vehicular. Esta afecta la portante disposición del suelo. Esta depende de la humedad y la densidad superficiales. Dado que la humedad del suelo afecta la disponibilidad, los saturados suelos tienen más baja disposición portante que las superficies carentes de saturación.

Según el M.T.C. (2014) norma donde la subrasante como la parte de arriba del terraplén o la fuente del terreno de fundación separado en su disposición natural condición para realizar la ejecución del estudio geotécnico de suelos. Los componentes del suelo se seleccionan cuidadosamente y se compactan en capas para ejecutar un sistema duradero en correctas condiciones. El modelo del plan de pavimento va acorde a la vida útil de la vía, la dinámica del tránsito y los insumos del nivel de rodadura. Se requieren suelos estables con valores CBR del 6 % o superiores a 60 cm por debajo de la superficie de la subrasante. Si el valor de CBR es menos que el seis%, la subrasante no es adecuada y requiere estabilización mecánica para optimizar los físicos, geosintéticos, mecánicos y químicos rasgos la altura de la parte de la rasante o el modelo de la vía. El M.T.C. (2014) asevera que las variantes económicas y técnicas darán la mayor mejora del estado del suelo en el diseño del pavimento.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

1. **Consolidación:** Esta pasa a causa del peso del árido o limo consolidado con rodillo.
2. **Control de superficies:** El control mejora el aguante a la deformación de la superficie, la retención de humedad, la reducción de la erosión y la estabilidad volumétrica.



3. **Arcilla:** Los silicatos de aluminio con agua calcinados se comprimen y solidifican, y son plásticos en líquido.
4. **Óptimo contenido de humedad:** La humedad ayuda a que el suelo se consolide y adquiera densidad.
5. **Curva Granulométrica:** Los laboratorios determinan el sistema de la superficie mediante las dimensiones de sus moléculas para crear la curva de organización dimensional molecular.
6. **Arcilla:** De color blanco puro. Forma un polímero maleable con agua que se solidifica al aumentar la temperatura.
7. **Ceniza (fondo):** Las características de los gases de combustión del horno transportan desechos. La base del horno separa mecánicamente el material. La incineración de sólidos residuos desarrolla un 90 % de cenizas de fondo.
8. **Estándares de Consistencia:** El comportamiento de la superficie de fino grano varía con el tiempo.
9. **Resistencia:** Los exámenes geotécnicos miden las cualidades mecánicas del subsuelo de forma experimental o analítica. La clase de superficie determina los umbrales de presión. Numerosos ensayos y estudios geotécnicos deben verificar la caracterización del suelo.



CAPITULO III

METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo y nivel de estudio

En el trabajo de tesis para sus etapas de desarrollo y llegar a los resultados esperados de los objetivos planteados, validó la idea y abordó las inquietudes mediante pruebas mecánicas y también físicas. Se examinó la influencia que genera la ceniza de madera en arcillosas superficies. Se utilizaron cuantitativos modos para medir todos los valores del estudio empleando distintos marcadores.

3.2 Diseño del estudio

Este fue cuasi-experimental y cuantitativo. La ceniza de madera controla las arcillosas superficies para su empleo como subrasante en diversas aplicaciones. Se analizaron los rasgos mecano-físicos y de mejora. Se juntaron valores insitu y se analizaron en el laboratorio para conseguir valores rápidos.

3.3 Método de investigación

El método adoptado para el desarrollo de este estudio, se utilizó un estudio hipotético-deductivo. Se empleó una técnica cuantitativa para ejecutar la hipótesis para la evaluación en laboratorio de las dimensiones recomendadas.



3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

El trabajo de investigación tuvo como población la Subrasante de las vías en la Urb. Las Gardenias de la localidad de Juliaca.

3.4.2 Muestra

En la investigación se procede a emplear suelos con características arcillosas en donde se realizó la excavación de dos pozos (2) a profundidades de 1,20 y 1,25 m aproximadamente donde se realizó las pruebas para el desarrollo de la etapa de campo.

Tabla 2

Especímenes con el porcentaje propuesto

Especímenes
Suelo natural
SN + 5% de ceniza de madera
SN + 15% //
SN + 25% //

Nota. Elaboración Propia.

3.5 Desarrollo de las técnicas para el procesamiento de campo

3.5.1 Pruebas desarrolladas en laboratorio

A. Acopio de insumo

Se muestrearon las superficies arcillosas después de añadir los porcentajes de ceniza. Se perfiló un espécimen de superficie de un kilogramo empleando las siglas que permiten la categorización del tipo de Taxonomía que presenta las superficies de las vías realizado en un sondeo a cielo abierto de 1,50 m profunda y 0,80 m de largo y ancho.

B. Análisis Granulométrico

La prueba o ensayo se ejecuta realizando el tamizado, donde las normas NTP 400.012 / MTC E-107 / ASTM C 136 midieron las dimensiones moleculares, los físico-químicos rasgos de la superficie y el contenido de cenizas de madera.

Se utilizaron modos tradicionales para procesar las muestras. En este proceso se determinó la cantidad y el peso del insumo retenido que fluyó por el tamiz con una abertura de 4760 milímetros. Para obtener el resultado, se dividió este peso con el primer peso de la muestra de superficie y se multiplicó por cien. La masa retenida en el tamiz es la masa que pasó por el tamiz con 4760 restando la masa primaria. Para dar con la entrada que pasa el tamiz con 9,52, se suma la masa del tamiz con 4,760 a la masa del suelo y a la parte que pasa y se mantiene en la malla.

Figura 12

Muestras del análisis granulométrico por tamizado



Nota. Elaboración del autor

$$\% \text{pasa } 0.074 = 100 \times \frac{\text{peso total} - \text{peso retenido en el tamiz de } 0,0074}{\text{peso total}}$$

$$\% \text{retenido} = 100 \times \frac{\text{peso retenido en el tamiz}}{\text{peso total}}$$

C. Húmedo contenido

La MTC E-108 / ASTM D 2216 / NTP 339.127 midió la humedad de la superficie como % del LL.

Las directrices exigen la cuantificación y documentación a granel en un recipiente estéril. Un recipiente contiene un espécimen típico y la mayor parte del empapado suelo. La báscula registra el peso del recipiente y del material húmedo. Coloque el recipiente en un horno a 110 ± 5 °C. La clase de insumo afecta en la vida útil. Enfríe el recipiente a temperatura ambiente después de retirarlo del horno.

Figura 13

Muestras para el colocado al horno



Nota. Elaboración del autor

D. Cálculo del LL

La evaluación se realizó siguiendo la NTP 339.129 / MTC E-110, Cálculo del LL de la superficie. Este método cumplió con los requisitos: el húmedo contenido se encuentra en la ordenada de la aritmética escala y los golpes en la logarítmica abscisa. Esto permite desarrollar la línea recta adecuada para comparar y evaluar los límites líquidos de las muestras de pobre superficie. El LL de la superficie es el nexo de la abscisa y la línea a impactos (25).

Figura 14

Desarrollo del equipo de Casagrande



Nota. Elaboración del autor

E. Operación de la Especifica Gravedad de Solidos

Esta evaluación evaluó la densidad de sólidos superficiales según los criterios NTP 339.131 / ASTM D 854 / MTC E-113.

F. Opera de LP e IP

Este ensayo determinó los límites líquidos y plásticos del suelo según los criterios NTP 339.129, ASTM 4318 y MTC E-111.

G. Determinación de seco peso específico y óptimo contenido húmedo por el P. modificado

Las técnicas de consolidación de laboratorio NTP 339.141 / ASTM D 1557 / MTC E-115 comprueban el nexo entre el húmedo contenido y el seco unitario peso en muestras de superficie.

Figura 15

Prueba de compactación Proctor Modificado



Nota. Elaboración del autor

H. Capacidad de soporte del suelo

En este caso la determinación de la capacidad de soporte, exige la realización de la prueba de suelo CBR, con la norma ASTM en su código D 1.8.8.3, con el cual se podrá determinar esta propiedad mecánica muy importante y decisiva para mejorar un suelo con ciertas características como son las arcillas, con el que se pretende estabilizar sub rasantes para la construcción de pavimentos

en condiciones favorables para que estos logren alcanzar su periodo de vida útil. El estándar ensayo para la CBR en compactadas superficies implica evaluar el aguante de los insumos que constituyen la base, la subbase y la subrasante, incorporando reciclados insumos para su uso en pavimentos de pistas y carreteras.

Figura 16

Preparación de la muestra para la prueba CBR



Nota. Elaboración del autor

La ASTM D especifica la CBR como la energía ejercida al pistón para penetrar 0,1 pulgadas y 0,2 pulgadas en el material de prueba.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación del producto - resultados

La estabilización de suelos blandos tiene diversas formas para su estabilización, de lo desarrollado tomando en consideración el insumo utilizado se llegaron a los siguientes resultados mostrados en las siguientes tablas y gráficos. Los especímenes de ceniza de madera y superficies arcillosas se evaluaron al 15 %, 25 % y 5 %. Así, se dispone de especímenes (4) para inspección. Primero, arcilla pura y luego tres dosis. Tras las pruebas de caracterización física (tamaño de partícula, tamaño de sedimentación, extremos de consistencia, organización de la superficie por SUCS y específica gravedad de lo mencionado), se realizarán las mecánicas pruebas. Se comparará una muestra de arcilla sin adiciones con tres muestras de arcilla con ceniza de madera.

4.1.1 Físicos rasgos

4.1.1.1 Húmedo contenido y evaluación granulométrica

El análisis de partículas evaluó la organización del tamaño. El MTC E-107 midió la dimensión de las moléculas de suelo arcilloso fino. La curva de organización de la dimensión de las moléculas de arcillosa superficie sin cenizas se muestra en la Figura 12. El 83,69 % de las muestras pasó por el filtro de malla 200, el 83,21 % por



el de malla 100, el 93,84 % por el de malla 50, el 98,16 % por el de malla 40 y 30, y el 100 % por el de malla 8 y 10.

Tabla 3

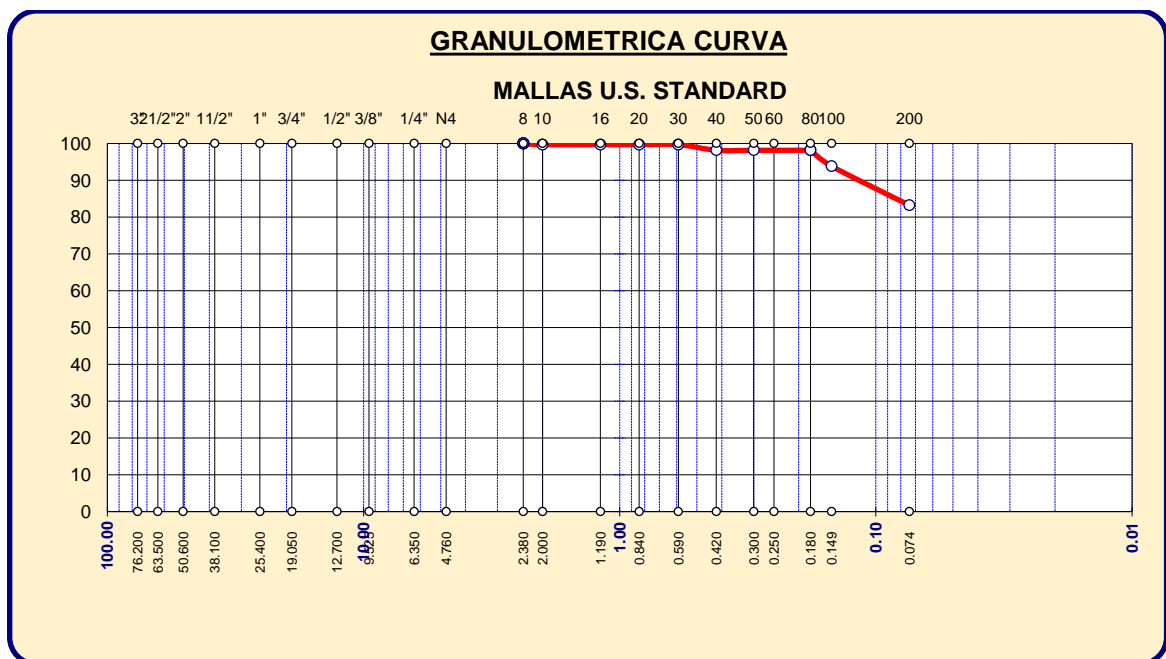
Evaluación Granulométrica 1

Tamiz	mm	P. ret (gr)	% R. par.	% R. acum	% pasa
No8	2.370	-			100.00
No10	1.990	0.89	0.27	0.28	99.70
No16	1.200	-		0.28	99.70
No20	.850	-	-	0.28	99.70
No30	.600	-	-	0.28	99.70
No40	.410	4.59	1.56	1.79	98.16
No 50	.280	-	-	1.79	98.16
No80	.210	-	-	1.79	98.16
No100	.152	12.97	4.29	6.11	93.84
No200	.081	31.18	10.58	16.81	83.21

Nota. Ensayo de Laboratorio, Elaboración Propia.

Figura 17

Granulométrica Curva de la arcillosa superficie.



Nota. Ensayo de Laboratorio, Elaboración Propia.



La molienda revela una no orgánica arcilla con un límite dimensión de malla 8, media dura consistencia, motas blancas con tono rojizo, IP y un ochenta y tres puntos veintiuno % de finos.

La Tabla 4 indica una humedad superficial promedio de la arcilla sin cenizas del 17,62 %. La masa de tierra seca es de 57,08 g y la de agua, de 10,06 g.

Tabla 4

Humedad natural de la muestra.

M1		
Peso del insumo seco	g	57.08
Peso del material seco + taro	g	78.03
Peso del agua	g	10.06
// del taro	g	20.23
Peso del material húmedo + taro	g	88.08
Humedad natural	g	17.62

Nota. Elaboración Propia

A. Ejemplar del suelo arcillosa en la superficie con incorporación de ceniza de madera al cinco%

En la imagen número trece se puede apreciar en resultado el diagrama de la curva de distribución de la medida de las moléculas de ceniza superficial arcillosa. El 74 % de los especímenes pasaron por la malla 200, el 89 % por la 100 y el 95 % por la 50, todos estos de las muestras de suelos con características arcillosas.

Tabla 5

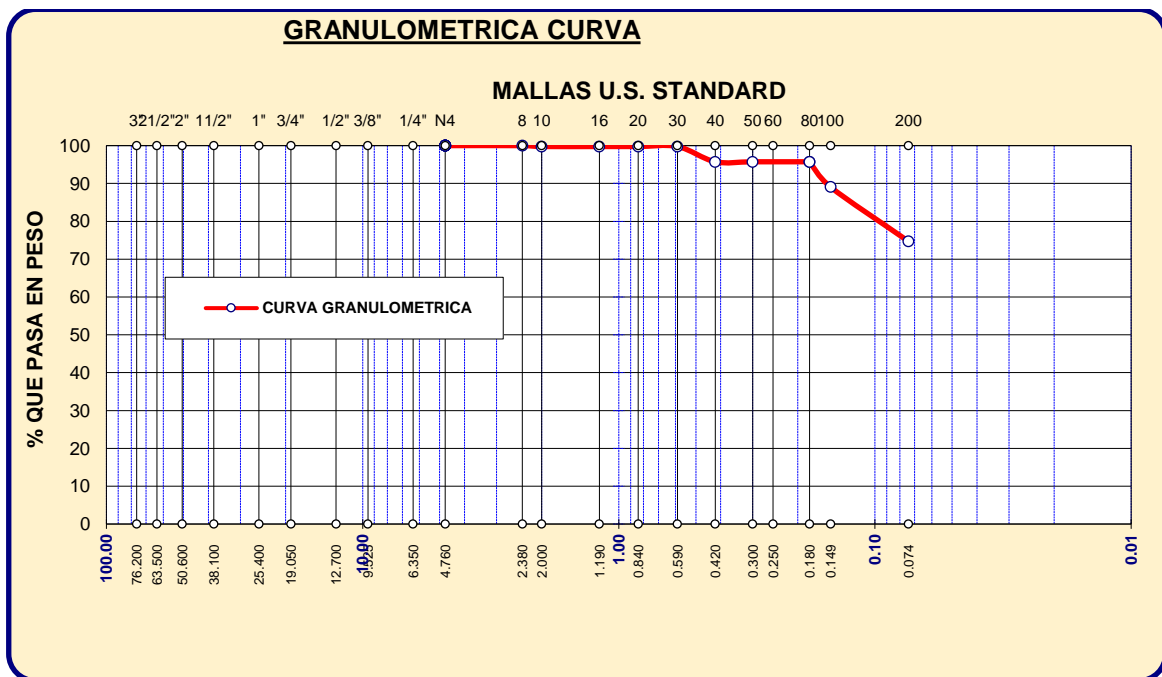
Evaluación Granulométrica 2

Tamiz	mm	P. ret (gr)	% R. par	% R. acum	% pasa
# 8	2.380	-	-	-	100.00
#10	2.000	0.69	0.22	0.22	99.77
#16	1.190	-	-	0.22	99.77
#20	.840	-	-	0.22	99.77
#30	.590	-	-	0.22	99.77
#40	.420	11.99	3.89	4.29	95.73
# 50	.300	-	-	4.29	95.73
# 80	.180	-	-	4.29	95.73
# 100	.149	19.98	6.71	11.00	89.06
# 200	.074	42.94	14.41	25.25	74.70

Nota. Ensayo de Laboratorio, Elaboración Propia.

Figura 18

Granulometría, muestra la curva de la arcillosa superficie con ceniza de madera al 5 %.



Nota. Ensayo de Laboratorio, Elaboración Propia.

El análisis de la granulométrica organización indica una arcilla inorgánica de malla 8 con semidura textura, tono rojizo con motas blancas, IP medio y un setenta y cuatro puntos setenta% de finos.



La Tabla 6 revela un 14,30 % de humedad en la arcillosa superficie de ceniza de madera al 5 %. El peso del agua fue de 9,25 g y el del suelo seco, de 60,2 g.

Tabla 6

Humedad de la arcillosa superficie con ceniza de madera al cinco%.

M2		
Peso del material seco	gr.	60.2
Peso del material seco + taro	gr.	81.07
Peso del agua	gr.	9.25
// del taro	gr.	20.89
Peso del material húmedo + taro	gr.	90.34
Natural humedad	gr.	15.38

Nota. Elaboración Propia.

B. Espécimen de arcillosa superficie con adición de ceniza de madera al 15%

Mediante el modelo logarítmico de la curva de organización del tamaño de partícula del espécimen de un suelo arcilloso en su superficie con el 15% de cenizas se aprecia que el setenta y cuatro puntos cincuenta y cinco% pasó por el tamiz de 200. La no orgánica arcilla presentó una dimensión máxima de partícula de 8 mallas, una estructura semirrígida, un tono rojizo con vetas blancas, fluidez moderada y un 74,55% de finos.

Tabla 7

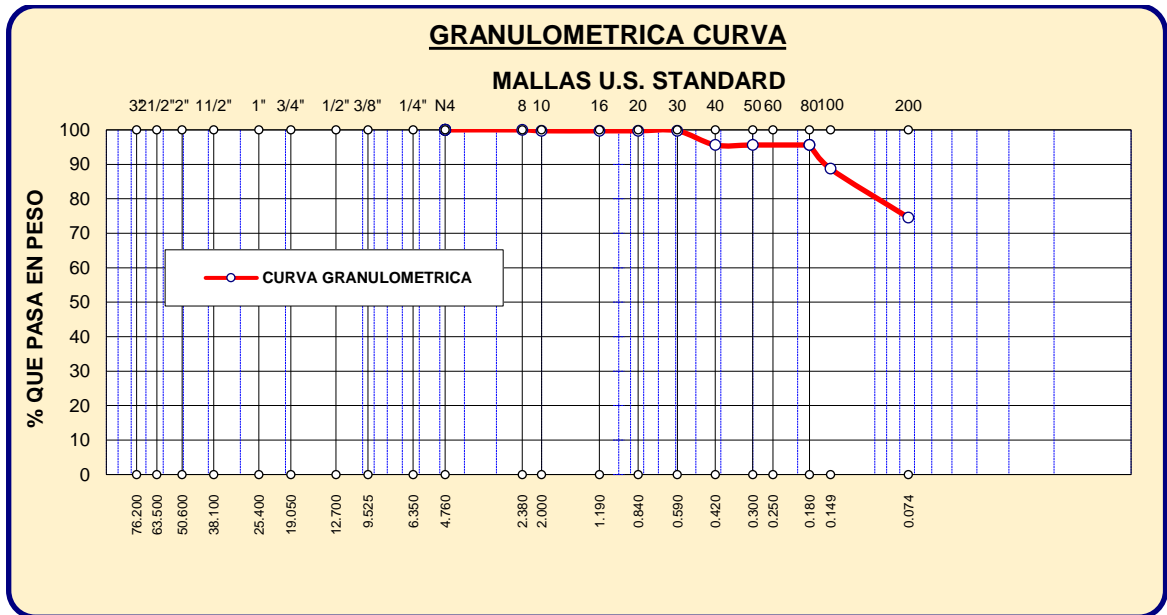
Evaluación Granulométrica 3

Tamiz	mm	P. ret (gr)	% R. par	% R. acum	% pasa
# 8	2.379	-	-	-	100.00
# 10	1.999	0.79	0.26	0.25	99.74
# 16	1.180	-	-	0.25	99.74
# 20	.850	-	-	0.25	99.74
# 30	.600	-	-	0.25	99.74
# 40	.440	12.50	4.11	4.40	95.62
# 50	.290	-	-	4.40	95.62
# 80	.190	-	-	4.40	95.62
# 100	.151	20.92	6.90	11.30	88.72
# 200	.080	42.89	14.17	25.41	74.55

Nota. Ensayo de Laboratorio, Elaboración Propia.

Figura 19

Granulometría, muestra la curva de la arcillosa superficie con ceniza de madera al 15%.



Nota. Ensayo de Laboratorio, Elaboración Propia.

El espécimen de suelo arcilloso con 15% de cenizas contenía un 14,72% de humedad, según la Tabla 8. La masa de tierra seca fue de 55,03 g y la de agua, de 8,1 g.

Tabla 8

Humedad de la arcillosa superficie con ceniza de madera al quince%.

M3		
Peso del insumo seco	gr.	55.04
Peso del seco insumo + taro	gr.	83.12
Peso del agua	gr.	8.1
// del taro	gr.	28.09
Peso del húmedo material + taro	gr.	91.23
Natural humedad	gr.	14.73

Nota. Elaboración Propia.

C. Ejemplar del suelo arcilloso en la superficie con incorporación de ceniza al veinticinco%

Los resultados se muestran en la imagen quince, que son la curva de organización del tamaño de partícula del suelo arcilloso en la superficie con veinticinco% de la aplicación de cenizas. El setenta y seis puntos cuarenta y

ocho% de las muestras pasó por el tamiz 200, el ochenta y nueve puntos dos% por el de 100, el noventa y cinco puntos noventa% por los de 30, 50, 40 y 8 mallas, y el cien% por el de 8. El granulométrico estudio muestra que la sustancia es una no orgánica arcilla con un límite de dimensión de malla del # 8, semidura consistencia, tono rojizo con acentos blancos, IP media y un 76,48 % de finos.

Tabla 9

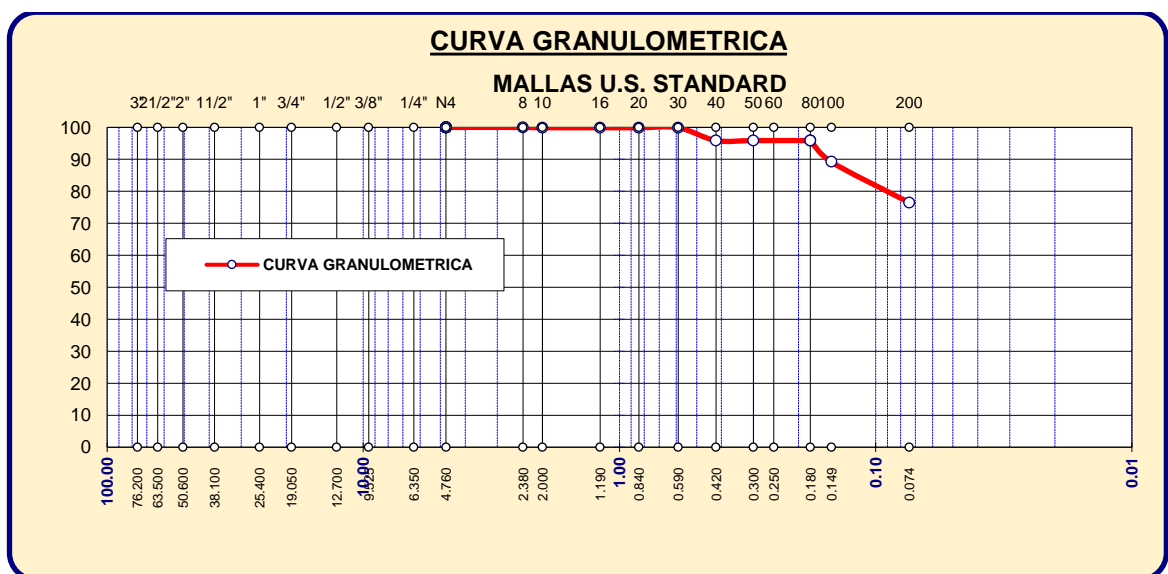
Granulométrico Análisis 4.

Tamiz	mm	P. ret (gr)	% R. par	% R. acum	% pasa
# 8	2.400	-	-	-	100.00
# 10	1.990	0.29	0.10	0.09	99.90
# 16	1.200	-	-	0.09	99.90
# 20	.850	-	-	0.09	99.90
# 30	.600	-	-	0.09	99.90
# 40	.390	11.94	3.97	4.12	95.89
# 50	.280	-	-	4.12	95.89
# 80	.170	-	-	4.12	95.89
# 100	.131	19.87	6.72	10.70	89.20
# 200	.069	37.98	12.68	23.49	76.48

Nota. Ensayo de Laboratorio, Elaboración Propia.

Figura 20

Granulometría, muestra la curva de la arcillosa superficie con ceniza de madera al 25%.



Nota. Ensayo de Laboratorio, Elaboración Propia.

El cuadro 10 señala que el medio contenido húmedo de la arcillosa superficie con un 25% de cenizas es del 10,66%. El peso de la tierra seca es de cincuenta y nueve puntos veintidós% g y el del agua de 6,32.

Tabla 10

Humedad de la arcillosa superficie con ceniza de madera al veinticinco%.

M4		
Peso del insumo seco	g	59.22
Peso del seco insumo + taro	g	81.77
Peso del agua	g	6.31
Peso del taro	g	22.56
Peso del húmedo insumo + taro	g	88.08
Natural humedad	g	10.67

Nota. Elaboración Propia.

D. Confrontación granulométrico estudio y la humedad de suelos arcillosas en la superficie

Tabla 11

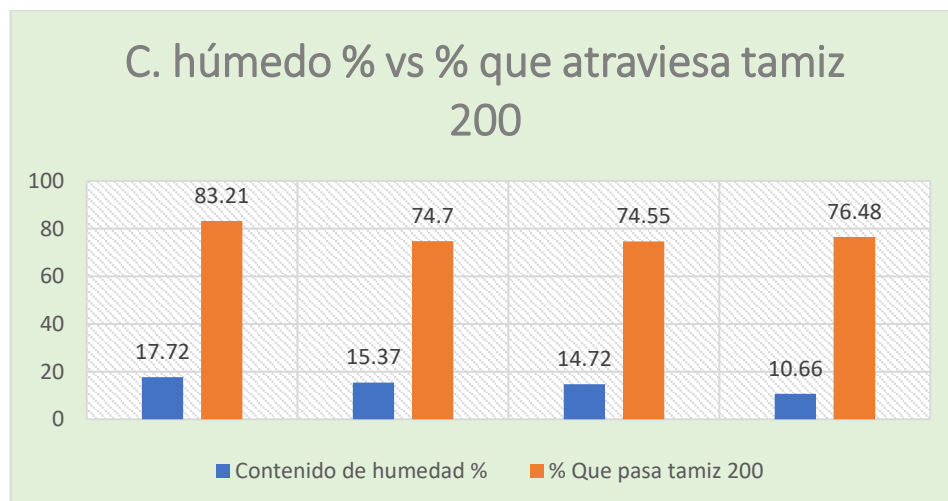
Cantidades en % que pasan las fracciones finas al tamiz (N° 200).

Especímenes	Húmedo contenido %	% Que atraviesa el tamiz 200
SN + 25% de ceniza de madera	10.66	76.48
SN + 15% de ceniza de madera	14.72	74.55
SN + 5% de ceniza de madera	15.37	74.70
Suelo natural	17.72	83.21

Nota. Elaboración Propia.

Figura 21

Contrastes del % del tamiz # 200 y % húmedo.



Nota. Elaboración Propia.



En el cuadro once se comparan las arcillosas superficies con cenizas de fondo y sin cenizas. La arcillosa superficie sin cenizas presentó un ochenta y tres puntos veintiuno % de moléculas pequeñas que transitaron por el tamiz de 200, mientras que la superficie con 5 % de cenizas presentó un 74,70 %. La ilustración 16 señala la interacción entre las cenizas de fondo y la arcilla con 15 % de cenizas (74,55 %) y 76,48 % en arcillosa superficie con veinticinco% de cenizas. La arcillosa superficie sin cenizas mostró una humedad del 17,72 %, el del 5 % de cenizas del 15,37 %, el del 15 % del 14,72 % y el del 25 % del 10,66 %.

4.1.1.2 Plasticidad y gravedad específica

El cuadro 12 enumera la gravedad específica, la plasticidad, el LL, el LP y el IP. Las superficies de arcilla y ceniza presentan diferentes gravedades específicas. La ceniza aumenta la específica gravedad de la superficie del 2,58 % al 2,71 %, al 2,68 % con el 15 % y al 2,74 % con el 25 %.

El % de LL bajó del 46,45 % en suelos sin ceniza de madera al 39,89 % y 39,01 % con el 5 % y el 15 % de ceniza, y al 38,96 % con el 25 % de ceniza. El LP bajó del 28,02 % en superficies sin ceniza de madera al 26,67 % y 26,04 % con el 15 % y el 5 % de ceniza, de forma respectiva, y al veinticinco punto noventa% con el 25 % de ceniza. El IP bajó del 18,43 % en superficies carentes de ceniza de madera al 12,34% y 13,85% en superficies con el 5 % y el 15 % de ceniza, y al trece punto cero siete % en bases con el 25 % del insumo de ceniza proveniente de la quema de madera utilizado para estas pruebas con distintos porcentajes utilizados.

Tabla 12

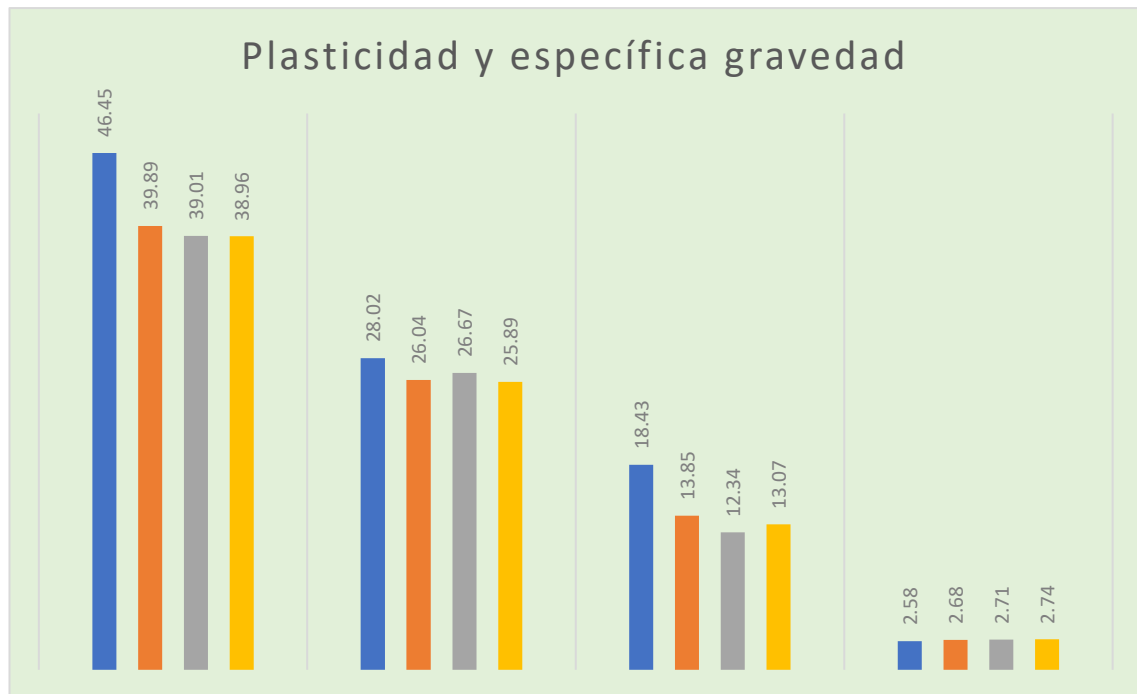
IP y específica gravedad de los suelos arcillosos

Especímenes propuestos	(LL %)	(LP %)	(IP %)	Grav. Espec. (%)
SN + 15% de ceniza de madera	39.01	26.67	12.34	2.71
SN + 25% de ceniza de madera	38.96	25.89	13.07	2.74
SN + 5% de ceniza de madera	39.89	26.04	13.85	2.68
Suelo natural	46.45	28.02	18.43	2.58

Nota. Elaboración Propia.

Figura 22

IP y específica gravedad de las arcillosas superficies.



Nota. Elaboración Propia.

4.1.2 Ensayos de mecánica caracterización

Los resultados esperados de las pruebas ejecutadas para la caracterización mecánicas de los suelos materia de estudio, en el trabajo de investigación se realizó una serie de pruebas con insumos en diferentes porcentajes esperando tener resultados que nos den mayores aproximaciones.

4.1.2.1 Estudio de P. modificado y CBR

La Tabla 13 revela la cantidad de humedad óptima que se requiere y el valor de la densidad seca que debe presentar la superficie del suelo blando. Las arcillosas superficies compactadas con ceniza de madera muestran un óptimo contenido húmedo reducido (Figura 18). La arcillosa superficie natural presenta una densidad máxima que alcanza hasta un valor de 1,867 g/Cm³ y que contiene una humedad del 18,9 %. Con un 5 % de ceniza, la humedad del suelo se redujo al 17,01 %, al 15 % al 15,41 % y al 25 % al 13,23 %. Las superficies con un 5 % de ceniza presentaron la mayor densidad seca (1,878 g/cm³), seguidas de las de 15 % de ceniza (1,885) y 25 % de ceniza (1,895). Según el análisis Proctor modificado.

Tabla 13

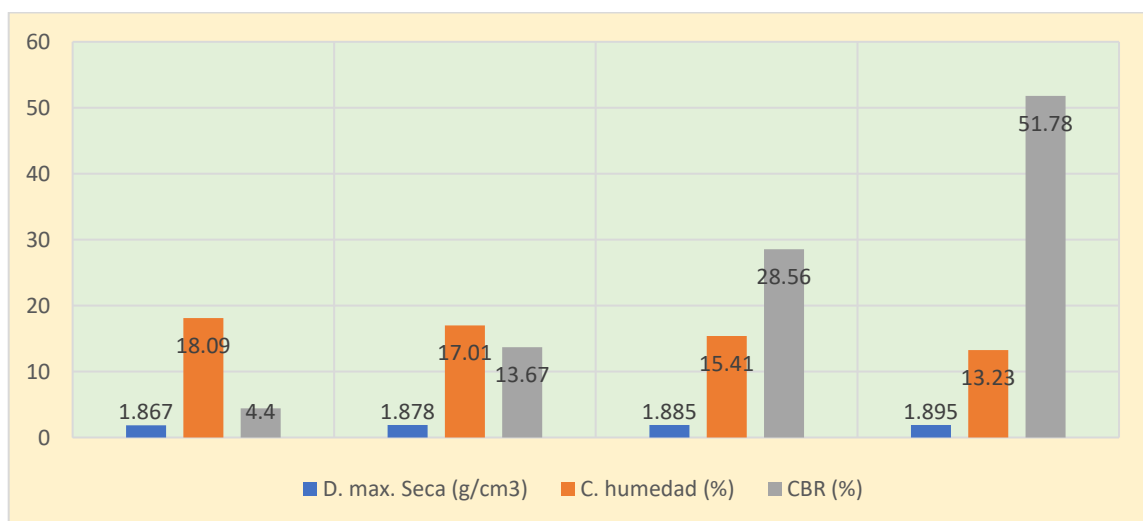
Óptima humedad y densidad aparente límite.

Especímenes	D. lím. seco (g/cm ³)	C. húmedo (%)	CBR (%)
SN + 15% de ceniza de madera	1.884	15.42	28.57
SN + 25% //	1.895	13.23	51.78
SN + 5% //	1.878	17.01	13.67
Suelo natural	1.867	18.09	4.4

Nota. Elaboración Propia.

Figura 23

Densidad Seca de la arcillosa superficie y CBR.



Nota. Elaboración Propia.



4.2 Discusión de valores hallados

La evaluación del tamaño de partícula, el análisis de sedimentación, las limitaciones de consistencia, la clasificación del suelo por el sistema de clasificación (SUCS), la específica gravedad de los mismos y los ensayos realizados para realizar la identificación de las características mecánicas de las muestras de suelos en este caso con características arcillosas, y observar la modificación de sus características mecánicas con la incorporación de la ceniza de madera en proporciones diferentes, estos se abordaron en el capítulo anterior mostrando sus resultados.

El cuadro 12 ilustra la específica gravedad, el LP, el LL y el IP de este estudio. Las superficies con cenizas y arcillas presentan gravedades específicas diferentes. El suelo sin cenizas tiene una gravedad específica de 2,58, que aumenta a 2,68, 2,71 y 2,74 con un 5 %, 15 % y 25 % de ceniza de madera. El LL se redujo de 46.45% en suelo sin cenizas de madera a 39.89% y 39.01% en suelos con 5% y 15% de cenizas, de forma respectiva, y luego aumentó a 438.96% en superficies con veinticinco% de cenizas. El LP se redujo de veintiocho% en suelo sin cenizas de madera a 26.04%, 26.67% y 25.89% en superficies con 5%, 15% y 25% de cenizas. El IP bajó de dieciocho punto cuarenta y tres% en superficies carentes de cenizas de madera a 12.34% y 13.85% en bases con 15% y 5% de cenizas, y trece punto cero siete% en bases con veinticinco% de cenizas. El cuadro 13 exhibe la densidad seca límite evaluada por el método Proctor modificado y el contenido de humedad efectivo. La ilustración 18 ilustra que las arcillosas superficies ricos en cenizas se contraen a niveles de humedad más bajos. La arcillosa superficie del suelo natural presenta una densidad máxima que alcanza un valor de 1,868 g/cm³ aproximadamente y una humedad con un contenido del 18,08 % aproximadamente. Este se reduce al 17,01 % en superficies con un 5 % de ceniza, al quince punto cuarenta y uno % en bases con un 15 % de ceniza y al trece punto veintitrés % en superficies con un 25 % de esta. El suelo con un cinco% de ceniza de madera presentó la



densidad seca máxima (1878 g/cm^3), seguido de los suelos con un 15 % de ceniza (1885) y los suelos con un 25 % de ceniza (1895).

El % del CBR se muestra en el cuadro 13. La superficie sin cenizas produjo un 4,4 % menos. La ceniza aumenta la relación de CBR. Así, las superficies con un 5 % de cenizas tuvieron un CBR del 13,67 %, el del veinticinco% del 51,78 % y el del quince% del 28,56%.



CONCLUSIONES

1. En la prueba límite de Atterberg, la ceniza de madera redujo la plasticidad de la arcillosa superficie. La superficie arcillosa natural presentó un 18,43 % de plasticidad. El espécimen con cinco% de ceniza de madera mostró un 13,85 % de plasticidad, la del 15 % un 12,34 % y la del 25 % un 13,07 %. Dado que la calidad de la superficie influye en el mecánico rendimiento, una puntuación menor implica una mejor subrasante del pavimento. La prueba P. modificado revela que la suma de ceniza de madera a superficies arcillosas baja su contenido húmedo óptimo y sube su seca densidad límite, optimizando así sus rasgos mecánicos y la compatibilidad con la subrasante del pavimento.
2. Suelo arcilloso con un nivel óptimo de humedad del 18,09 % y una DLD de 1,867 g/cm³. En comparación, la muestra con cinco% de insumo de ceniza de madera presentó una DLD de 1,867 g/cm³ y una humedad con una cantidad óptima del diecisiete %. La adición de un quince% del insumo de ceniza de madera resultó en un CMS de 1,885 g/Cm³ y una humedad óptima con un contenido del quince punto cuarenta y uno %. La adición de un treinta% del insumo de ceniza de madera produjo un CMS de 1,896 g/Cm³ y una humedad óptima con un contenido del trece punto veintitrés %.
3. El insumo de ceniza de madera potencia el CBR del suelo arcilloso en su superficie, mejorando así su calidad. Esta propiedad mecánica mejora la subrasante del pavimento. El índice de CBR para suelos arcillosos es del cuatro punto cuatro%, mientras que el espécimen con un 5 % de ceniza de madera mostró un trece punto sesenta y siete %, el 25 % un 28,56 % y el 50 % un 51,78%.



RECOMENDACIONES

1. Los probadores de límite de Atterberg deben utilizar material intacto a temperatura constante. Se evitarán resultados desiguales. Las hebras del material probado deben romperse en el LL, por lo que la prueba debe seguir el reglamento.
2. La repetibilidad de los valores hallados del ensayo CBR debe evaluarse mediante pruebas adicionales. Se recomiendan especímenes para cada uso (4). Esto aclarará la lógica de esta finalidad importante.
3. Para comprender mejor la estabilidad de la superficie de la arcilla, se deben realizar investigaciones adicionales en diferentes superficies.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahmaruzzaman, M. (2010). A review on the utilization of fly ash. *Progress in Energy and Combustion Science*, 2010(36), 327-363.
- Conanma (2016). *Geotecnia*. Andalucía, España: Asociación de Laboratorios Acreditados de Andalucía.
- Coenen, A. R., Titi, H.H. & Elias, M. B. (2010). Resilient Characteristics of Bottom Ash and Bottom Ash-soil Mixtures. *Journal of ASTM International*, 8(9), 1-15.
- James, A. K., Thring, R. W, Helle, S. & Ghuman, H. S. (2012). Ash Management Review – Applications of Biomass Bottom Ash. *Energies*, 2012(5), 3856-3873; doi:10.3390/en5103856.
- Morales, D. (2015). Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas. (Tesis para Optar el Título de Ingeniero Civil). Universidad de Medellín facultad de Ingeniería Civil, Medellín, Colombia.
- Pontificia Universidad Católica del Perú (2012). Guía de Laboratorio de Mecánica de Suelos. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/314758517/MECANICA-DE-SUELOSPUCP-pdf>
- Rico, A. y Del Castillo, H. (1978). *La Ingeniería de Suelos en las vías Terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Autopistas*. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/164716790/La-ingenieri-a-de-suelos-en-lasvi-as-terrestres-pdf>
- Soriano, C. (2012). *Diagnóstico Nacional del Sector Ladrillero Artesanal*. Lima, Perú: Mercadeando S.A. as.net/assets/files/08f34d2be1d32a80a13a48f2633dd73c.pdf



Swisscontact. (2012). Programa Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales de América Latina para Mitigar el Cambio Climático (EELA). Lima, Perú: Calandria. Recuperado de <http://www.redladrilleras.net/assets/files/fb27f168113ce59412e89faab27e4633.pdf>

Whitlow, R. (1994). Fundamentos de Mecánica de suelos. Recuperado de <http://apuntesingenierocivil.blogspot.pe/2010/10/composicionmineralogica-delsuelo.html>



ANEXOS



ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tema : Análisis de la Estabilización de Suelos Arcillosos con la Adición de Ceniza de Madera en Proporciones Diferentes para Subrasantes en Vías de la Ciudad de Juliaca

Ejecutor : Bach. Kevin Duran Chura

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Índices	Instrumentos de medición
Interrogante general. ¿En qué medida se podrá mejorar los suelos arcillosos con la adición de ceniza de madera en proporciones diferentes para la estabilización de las subrasantes en vías de la ciudad de Juliaca?	Objetivo general. Analizar la influencia de la adición de ceniza de madera en proporciones diferentes en suelos arcillosos para la estabilización de subrasantes en vías de la ciudad de Juliaca.	Hipótesis general. La adición de ceniza de madera en los suelos arcillosos permitirá mejorar la estabilización en subrasantes de las vías de la ciudad de Juliaca.	Variable independiente: Ceniza de madera	<ul style="list-style-type: none"> Cantidades en porcentaje 	<ul style="list-style-type: none"> 10% 15% 20% 	<ul style="list-style-type: none"> Ensayos de laboratorio. Ensayos de laboratorio. Ensayos de laboratorio.
Interrogantes específicos 1. ¿Cómo influye en las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural la adición de ceniza de madera para estabilización de subrasantes en vías de la ciudad de Juliaca? 2. ¿Qué características presentarán los Límites de Atterberg que permitirán determinar el valor del índice de plasticidad de suelos arcillosos que estará estabilizado con ceniza para las subrasantes en vías de la ciudad de Juliaca? 3. ¿Cuánto será la humedad óptima del suelo arcilloso estabilizado con ceniza de madera que será usado para la estabilización de subrasantes en vías de la ciudad de Juliaca?	Objetivos específicos 1. Analizar la influencia en las propiedades mecánicas y físicas del suelo natural con la adición de ceniza de madera para la estabilización de subrasantes en vías de la ciudad de Juliaca. 2. Analizar la influencia en el índice de plasticidad del suelo arcilloso con la adición de ceniza de madera para la estabilización de subrasantes en vías de la ciudad de Juliaca. 3. Determinar la humedad óptima de los suelos arcillosos estabilizado con ceniza de madera para la estabilización de subrasantes en vías de la ciudad de Juliaca.	Hipótesis específicas 1. Las propiedades mecánicas y físicas del suelo natural son positivos con la adición de la ceniza de macera que permite la estabilización de subrasantes en vías de la ciudad de Juliaca. 2. La aplicación de ceniza de madera permite la reducción de la plasticidad del suelo arcilloso para la estabilización de subrasantes en vías de la ciudad de Juliaca. 3. El uso de ceniza de madera aumenta la calidad del suelo arcilloso para la estabilización de subrasantes en vías de la ciudad de Juliaca.	Variable dependiente: Superficies arcillosas estabilizadas	<ul style="list-style-type: none"> Límites de atterberg P. modificado CBR Máxima densidad seca Humedad optima Índice de resistencia 	<ul style="list-style-type: none"> % 	<ul style="list-style-type: none"> Ensayos de laboratorio. Ensayos de laboratorio. Ensayos de laboratorio.

ANEXO 2

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1. Peso del recipiente para realizar el ensayo



Fotografía 2. Muestras retenidas en los tamices



Fotografía 3. Peso de la muestra retenida en el tamiz



Fotografía 4. Muestra secada al horno



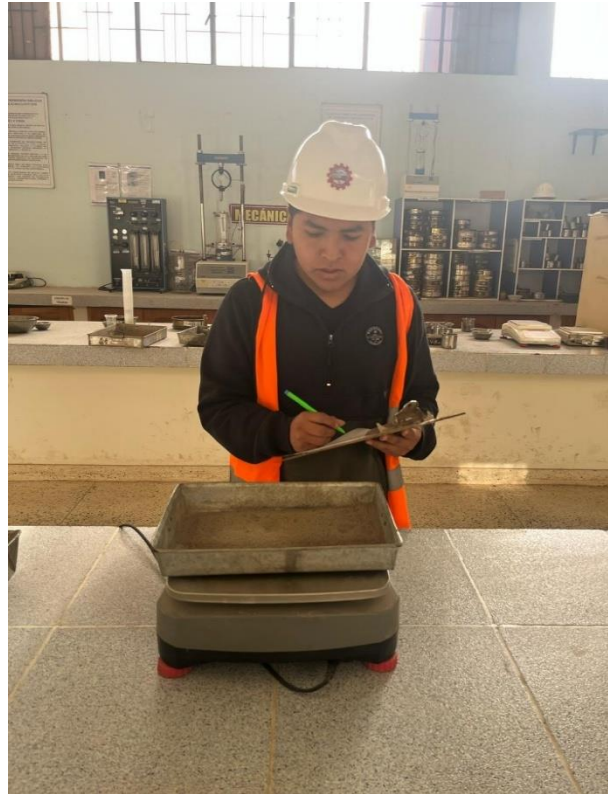
Fotografía 5. Peso del material a prueba



Fotografía 6. Peso del molde para ejecutar la prueba



Fotografía 7. Peso de la muestra seleccionada



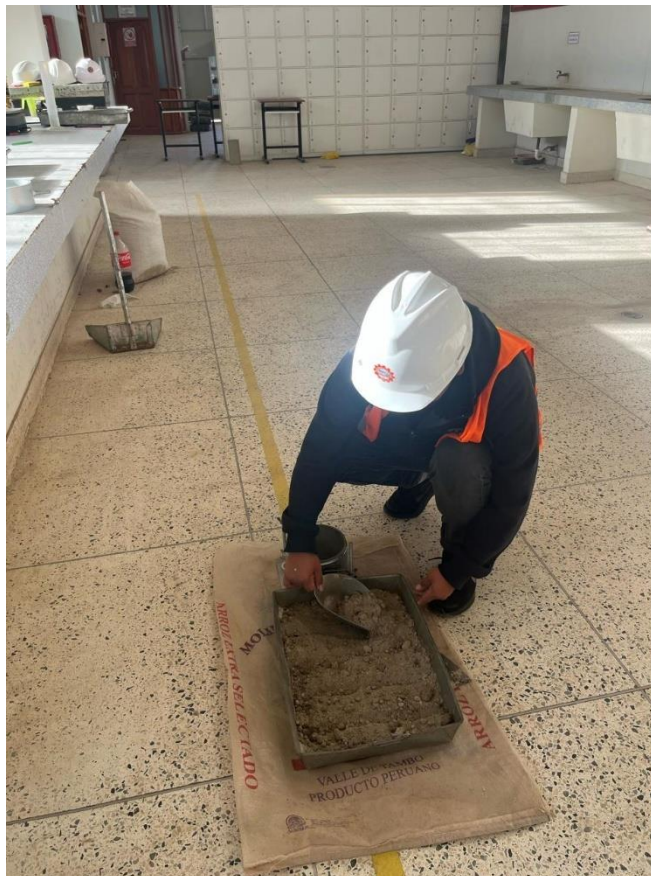
Fotografía 8. Peso de la probeta para el ensayo



Fotografía 9. Procediendo a saturar la muestra



Fotografía 10. Colocando la muestra en el molde



Fotografía 11. Realizando la caída del pisón en el material



Fotografía 12. Pesando el molde más la muestra a prueba



Fotografía 13. Peso del material en los recipientes



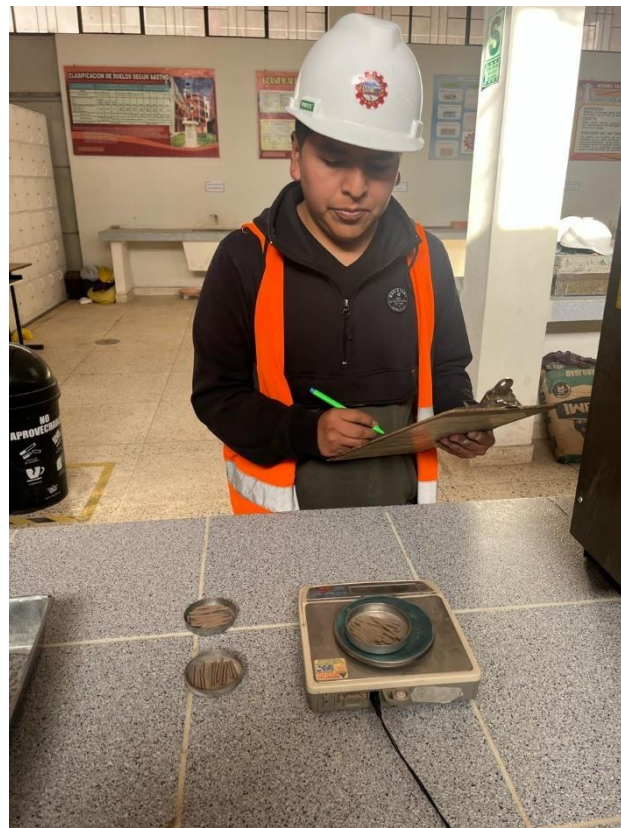
Fotografía 14. Ensayo de la cuchara Casagrande



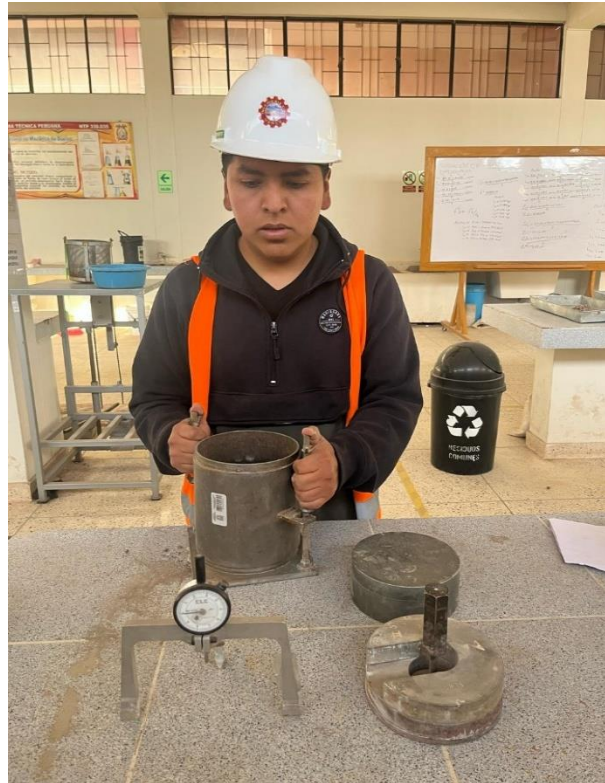
Fotografía 15. Ensayo de limite plástico



Fotografía 16. Peso de las muestras para la prueba de limite plástico



Fotografía 17. Preparación del molde para el ensayo de CBR



Fotografía 18. Colocación de la muestra en el molde - CBR





ANEXO 3

CERTIFICADO DE ENSAYOS DE LABORATORIO



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



TESIS : ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : Bach. KEVIN DURAN CHURA

UBICACIÓN : CIUDAD DE JULIACA

MUESTRA : NATURAL

FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	88.08
SUELO SECO + TARRO	gr	78.03
PESO DEL TARRO	gr	20.23
PESO DEL AGUA	gr	10.05
PESO DEL SUELO SECO	gr	57.80
HUMEDAD %	%	17.72

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	36.85	35.17
SUELO SECO + TARRO	gr	28.02	26.64
PESO DEL TARRO	gr	7.55	9.05
PESO DEL AGUA	gr	8.83	8.53
PESO DEL SUELO SECO	gr	20.47	17.59
HUMEDAD %	%	43.14	48.49
N° DE GOLPES		28	28

LÍMITE PLASTICO

1	2
20.72	21.02
17.35	18.03
6.28	6.35
3.37	2.99
11.07	11.68
30.44	25.60

LÍMITE LIQUIDO % : 46.45 **LÍMITE PLASTICO %** : 28.02

INDICE PLASTICO % : 18.43

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



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

B. N° 006-00315648



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



TESIS : ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : Bach. KEVIN DURAN CHURA

UBICACIÓN : CIUDAD DE JULIACA

MUESTRA : CON CENIZA DE MADERA AL 5%

FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	90.34
SUELO SECO + TARRO	gr	81.07
PESO DEL TARRO	gr	20.89
PESO DEL AGUA	gr	9.27
PESO DEL SUELO SECO	gr	60.18
HUMEDAD %	%	15.37

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.43	34.88
SUELO SECO + TARRO	gr	28.55	26.84
PESO DEL TARRO	gr	7.66	9.02
PESO DEL AGUA	gr	6.88	8.04
PESO DEL SUELO SECO	gr	20.90	17.82
HUMEDAD %	%	32.93	45.12
N° DE GOLPES		30	30

LÍMITE PLASTICO

3	4
20.94	21.15
17.42	18.66
6.34	6.40
3.52	2.49
11.08	12.26
31.77	20.31

LÍMITE LIQUIDO % : 39.89 **LÍMITE PLASTICO %** : 26.04

INDICE PLASTICO % : 13.85

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

Donde:

LL = Limite Liquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes


 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 JULIACA - PERÚ
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

B. N° 006-00315648



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



TESIS : ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : Bach. KEVIN DURAN CHURA

UBICACIÓN : CIUDAD DE JULIACA

MUESTRA : CON CENIZA DE MADERA AL 5%

FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	90.34
SUELO SECO + TARRO	gr	81.07
PESO DEL TARRO	gr	20.89
PESO DEL AGUA	gr	9.27
PESO DEL SUELO SECO	gr	60.18
HUMEDAD %	%	15.37

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.43	34.88
SUELO SECO + TARRO	gr	28.55	26.84
PESO DEL TARRO	gr	7.66	9.02
PESO DEL AGUA	gr	6.88	8.04
PESO DEL SUELO SECO	gr	20.90	17.82
HUMEDAD %	%	32.93	45.12
N° DE GOLPES		30	30

LÍMITE PLASTICO

3	4
20.94	21.15
17.42	18.66
6.34	6.40
3.52	2.49
11.08	12.26
31.77	20.31

LÍMITE LIQUIDO % : 39.89 **LÍMITE PLASTICO %** : 26.04

INDICE PLASTICO % : 13.85

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


 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 JULIACA - PERÚ
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

B. N° 006-00315648



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

TESIS : ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

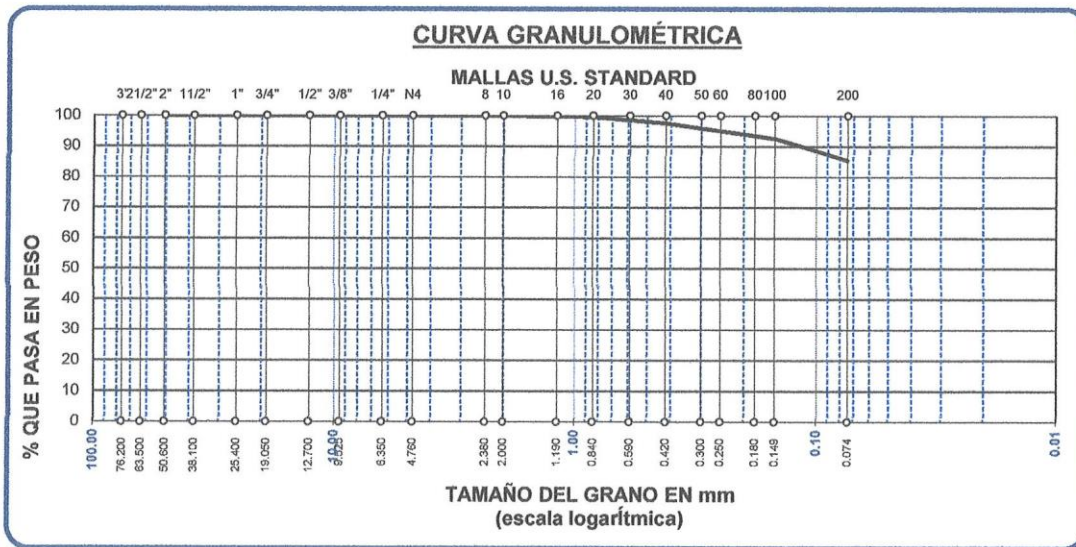
SOLICITANTE : Bach. KEVIN DURAN CHURA

UBICACIÓN : CIUDAD DE JULIACA

MUESTRA : CON CENIZA DE MADERA AL 5%

FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200					P.I.= 300.00
2 1/2"	63.500					P.L.= 87.68
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	P.P.= 212.32
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	% w = 15.37
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 39.89
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 26.04
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	I.P.= 13.85
1/4"	6.350					CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	D10= --- Cu= ---
No8	2.380					D30= --- Cc= ---
No10	2.000	0.69	0.12	0.12	99.89	D60= ---
No16	1.190					CLASIFICACIÓN:
No20	0.840	2.06	0.34	0.46	99.54	I.G. =
No30	0.590					SUSCS : CL
No40	0.420	11.99	2.00	2.46	97.54	
No 50	0.300	10.02	1.67	4.13	95.87	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.149	19.98	3.33	7.46	92.54	
No200	0.074	42.94	7.16	14.61	85.39	
BASE		212.32	35.39	50.00	50.00	
TOTAL		300.00	100.00			
% PERDIDA		70.77				



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 R.C.P. - CAP. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

B. N° 006-00315648



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



TESIS : ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : Bach. KEVIN DURAN CHURA

UBICACIÓN : CIUDAD DE JULIACA

MUESTRA : CON CENIZA DE MADERA AL 15%

FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	91.23
SUELO SECO + TARRO	gr	83.12
PESO DEL TARRO	gr	28.09
PESO DEL AGUA	gr	8.11
PESO DEL SUELO SECO	gr	55.03
HUMEDAD %	%	14.74

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		E	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	34.35	34.06
SUELO SECO + TARRO	gr	27.44	26.41
PESO DEL TARRO	gr	7.20	8.50
PESO DEL AGUA	gr	6.91	7.65
PESO DEL SUELO SECO	gr	20.24	17.91
HUMEDAD %	%	34.14	42.71
N° DE GOLPES		28	28

LÍMITE PLASTICO

5	6
21.47	21.85
18.06	19.10
6.54	6.70
3.41	2.75
11.52	12.40
29.60	22.18

LÍMITE LIQUIDO % : 38.96 **LÍMITE PLASTICO %** : 25.89

INDICE PLASTICO % : 13.07

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

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 P.C.P. - C.A.B. INGENIERÍA CIVIL

 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

B. N° 006-00315648



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

TESIS : ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

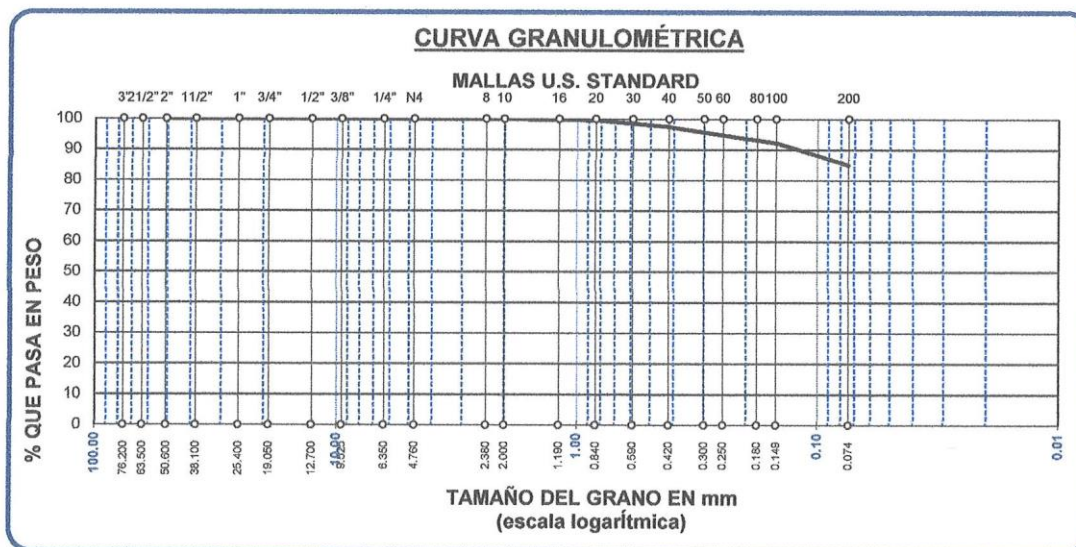
SOLICITANTE : Bach. KEVIN DURAN CHURA

UBICACIÓN : CIUDAD DE JULIACA

MUESTRA : CON CENIZA DE MADERA AL 15%

FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	76.200					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500					P.I.= 300.00
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	P.L.= 90.11
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	P.P.= 209.89
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	% w = 14.74
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 38.96
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 25.89
1/4"	6.350					I.P.= 13.07
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380					D10= --- Cu= ---
No10	2.000	0.79	0.13	0.13	99.87	D30= --- Cc= ---
No16	1.190					D60= ---
No20	0.840	1.95	0.33	0.46	99.54	CLASIFICACIÓN:
No30	0.590					I.G. =
No40	0.420	12.50	2.08	2.54	97.46	SUSCS : CL
No 50	0.300	11.06	1.84	4.38	95.62	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.149	20.92	3.49	7.87	92.13	
No200	0.074	42.89	7.15	15.02	84.98	
BASE		209.89	34.98	50.00	50.00	
TOTAL		300.00	100.00			
% PERDIDA		69.96				



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

B. N° 006-00315648



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



TESIS : ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : Bach. KEVIN DURAN CHURA

UBICACIÓN : CIUDAD DE JULIACA

MUESTRA : CON CENIZA DE MADERA AL 25%

FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	88.08
SUELO SECO + TARRO	gr	81.77
PESO DEL TARRO	gr	22.56
PESO DEL AGUA	gr	6.31
PESO DEL SUELO SECO	gr	59.21
HUMEDAD %	%	10.66

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		G	H
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	35.02	33.09
SUELO SECO + TARRO	gr	27.62	26.11
PESO DEL TARRO	gr	8.02	8.46
PESO DEL AGUA	gr	7.40	6.98
PESO DEL SUELO SECO	gr	19.60	17.65
HUMEDAD %	%	37.76	39.55
N° DE GOLPES		27	27

LÍMITE PLASTICO

7	8
20.84	21.77
17.85	18.64
6.80	6.73
2.99	3.13
11.05	11.91
27.06	26.28

LÍMITE LIQUIDO % : 39.01 **LÍMITE PLASTICO %** : 26.67

INDICE PLASTICO % : 12.34

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

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FIOP - CAF - INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

B. N° 006-00315648



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422) ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

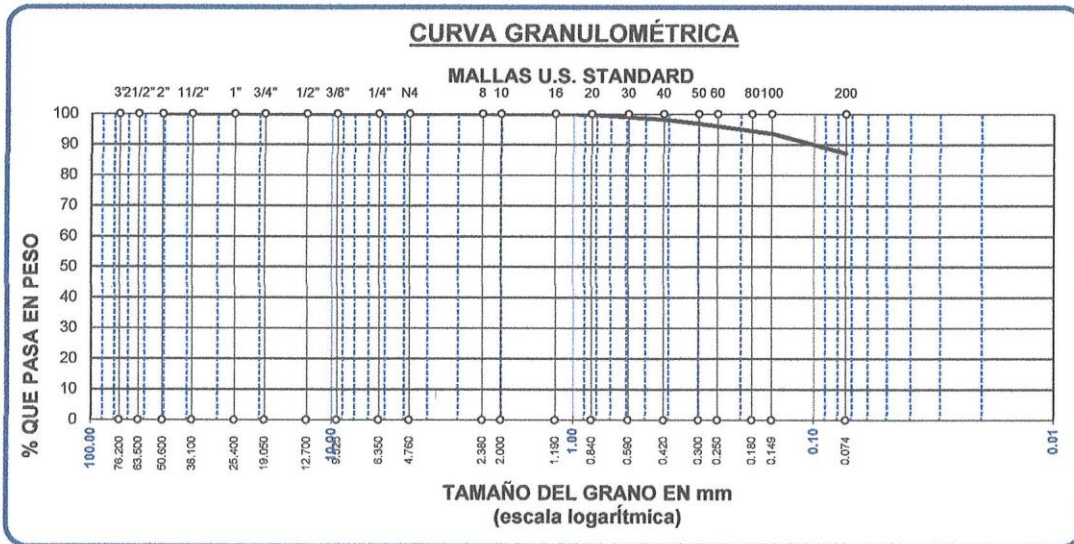
SOLICITANTE : Bach. KEVIN DURAN CHURA

UBICACIÓN : CIUDAD DE JULIACA

MUESTRA : CON CENIZA DE MADERA AL 25%

FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	76.200					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500					P.I.= 300.00
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	P.L.= 76.97
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	P.P.= 223.03
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	% W = 10.66
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 39.01
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 26.67
1/4"	6.350					I.P.= 12.34
No4	4.760	0.00	0.00	0.00	100.00	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380					D10= --- Cu= ---
No10	2.000	0.29	0.05	0.05	99.95	D30= --- Cc= ---
No16	1.190					D60= ---
No20	0.840	1.15	0.19	0.24	99.76	CLASIFICACIÓN:
No30	0.590					I.G. =
No40	0.420	9.84	1.64	1.88	98.12	SUSCS : CL
No 50	0.300	7.84	1.31	3.19	96.81	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.149	19.87	3.31	6.50	93.50	
No200	0.074	37.98	6.33	12.83	87.17	
BASE		223.03	37.17	50.00	50.00	
TOTAL		300.00	100.00			
% PERDIDA		74.34				



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 EICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEPATURA JULIACA

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

B. N° 006-00315648



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

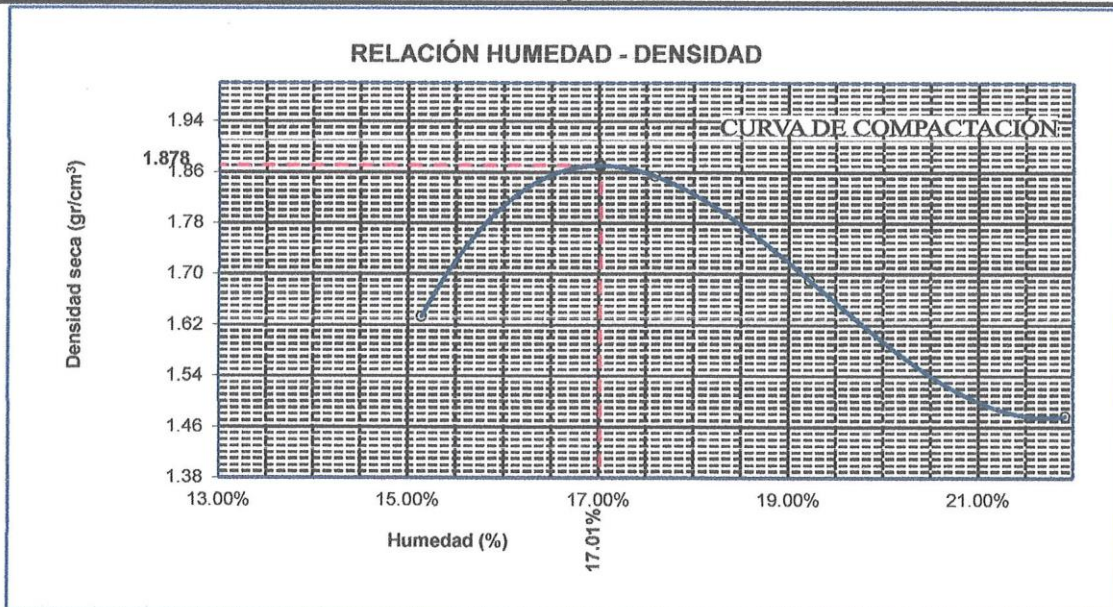
TESIS	: ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: Bach. KEVIN DURAN CHURA
MUESTRA	: CON 5% DE CENIZAS DE MADERA
UBICACIÓN	: CIUDAD DE JULIACA
LUGAR	: PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO
FECHA	: 06 DE SETIEMBRE DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2109 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9963	10595	10248	9796
Peso del Molde	gr.	5998	5998	5998	5998
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3965	4597	4250	3798
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.880	2.180	2.015	1.801

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	527.50	481.49	394.62	368.24	380.50	378.10	385.20	390.10
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	463.57	423.30	341.53	318.81	325.00	324.05	322.85	327.00
Peso del Agua	gr.	63.93	58.19	53.09	49.43	55.50	54.05	62.35	63.10
Peso de la Capsula	gr.	41.10	39.30	39.00	38.50	39.52	39.62	39.00	38.50
Peso del Suelo Seco	gr.	422.47	384.00	302.53	280.31	285.48	284.43	283.85	288.50
% de Humedad	%	15.13%	15.15%	17.55%	17.63%	19.44%	19.00%	21.97%	21.87%
Promedio de Humedad	%	15.14%		17.59%		19.22%		21.92%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.633		1.854		1.690		1.477	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.878 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 17.01%



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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 JULIACA - PUNO
Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

B. N° 006-00315648



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	: ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: Bach. KEVIN DURAN CHURA
MUESTRA	: CON 5% DE CENIZAS DE MADERA
UBICACIÓN	: CIUDAD DE JULIACA
LUGAR	: PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO
FECHA	: 06 DE SETIEMBRE 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.	11015	10501	11003	10670	11170	11010
Peso del Molde	gr.	6685	6685	6745	6745	6740	6740
Peso del Suelo Humedo	gr.	4330	3816	4258	3925	4430	4270
Volumen del Suelo	cc.	2101.36	2101.36	2113.98	2113.98	2116.87	2116.87
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.061	1.816	2.014	1.857	2.093	2.017

Capsula No	No	4																	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	292.30	263.30	325.60	284.50	270.10	276.50	268.40	282.20	308.40									
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	265.87	242.86	310.93	264.03	253.58	264.92	251.45	265.65	294.22									
Peso del Agua	gr.	26.43	20.44	14.67	20.47	16.52	11.58	16.95	16.55	14.18									
Peso de la Capsula	gr.	37.50	36.00	35.50	35.60	35.60	37.10	35.10	36.20	37.10									
Peso del Suelo Seco	gr.	228.37	208.86	275.43	228.43	217.98	227.82	216.35	229.45	257.12									
% de Humedad	%	11.57%	9.88%	5.33%	8.96%	7.58%	5.08%	7.83%	7.21%	5.51%									
Promedio de Humedad	%	10.73%			5.33%			8.27%			5.08%			7.52%			5.51%		
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.861			1.724			1.860			1.767			1.946			1.912		

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
1/09/2024	10:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
2/09/2024	10 00: a.m.	24:00:00	0.53	0.01	0.01	0.48	0.01	0.01	0.43	0.01	0.01
3/09/2024	10 00: a.m.	48:00:00	0.56	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01	0.45	0.01	0.01
4/09/2024	10 00: a.m.	72:00:00	0.59	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01	0.48	0.01	0.01
5/09/2024	10:00: a.m.	96:00:00	0.62	0.02	0.01	0.53	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		3.10	38.3	1.9		6.10	51	2.6		7.80	58	2.9	
1.27	01:00		9.20	64.2	3.2		14.50	87	4.4		16.20	94	4.7	
1.91	01:30		16.50	95.2	4.8		21.20	115	5.8		24.10	127	6.4	
2.54	02:00	70.31	22.10	118.9	6.0		28.10	144	7.3		32.10	161	8.2	
3.81	03:00		33.20	166.0	8.4		38.90	190	9.6		43.20	208	10.5	
5.09	04:00	105.00	42.10	203.8	10.3		47.20	225	11.4		52.10	246	12.4	
6.35	05:00		48.20	229.7	11.6		55.10	259	13.1		59.10	276	14.0	
7.62	06:00		53.20	250.9	12.7		62.10	289	14.6		65.10	301	15.2	
8.84	07:00													
10.16	08:00													


 UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP - INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A.
 JEFATURA
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

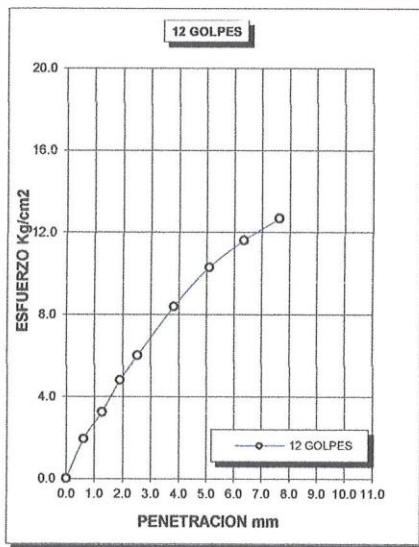
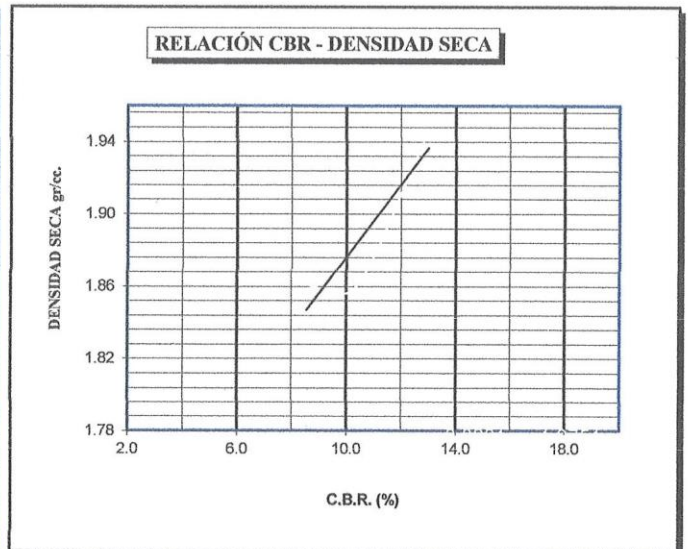
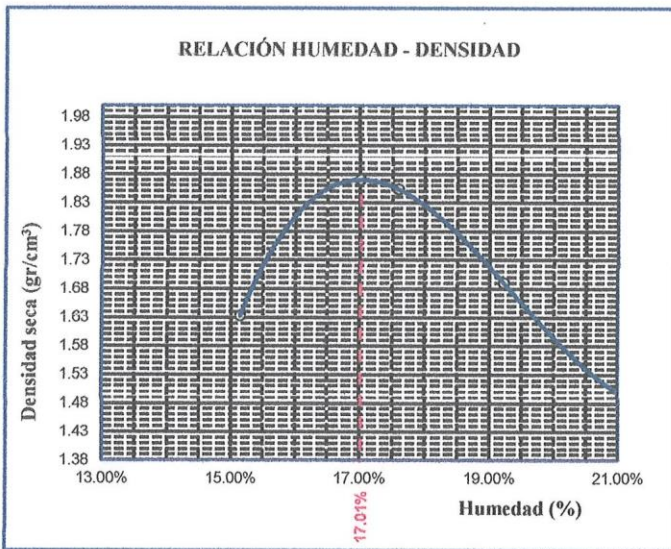
B. N° 006-00315648



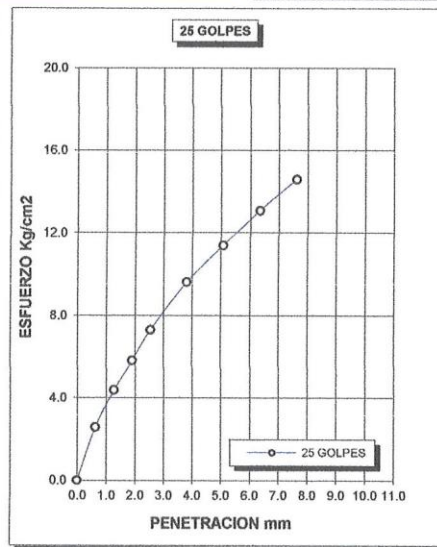
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



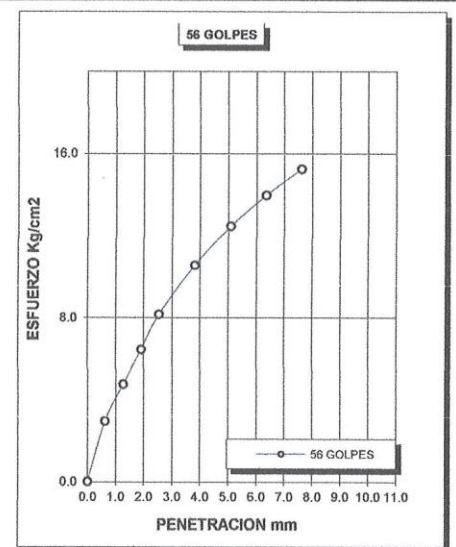
TESIS	: ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITANTE	: : Bach. KEVIN DURAN CHURA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.878
MUESTRA	: CON 5% DE CENIZAS DE MADERA	HUMEDAD OPTIMA (%)	17.01%
UBICACIÓN	: CIUDAD DE JULIACA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	13.67
LUGAR	: PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	9.15
FECHA	: : 06 DE SETIEMBRE DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	
		AASHTO	: : A-1-a (0)
		EMBEBIDO	: 4 DIAS



CBR 9



CBR 10



CBR 13

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A.
 JEFATURA
 JULIACA - PUNO

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

B. N° 006-00315648



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

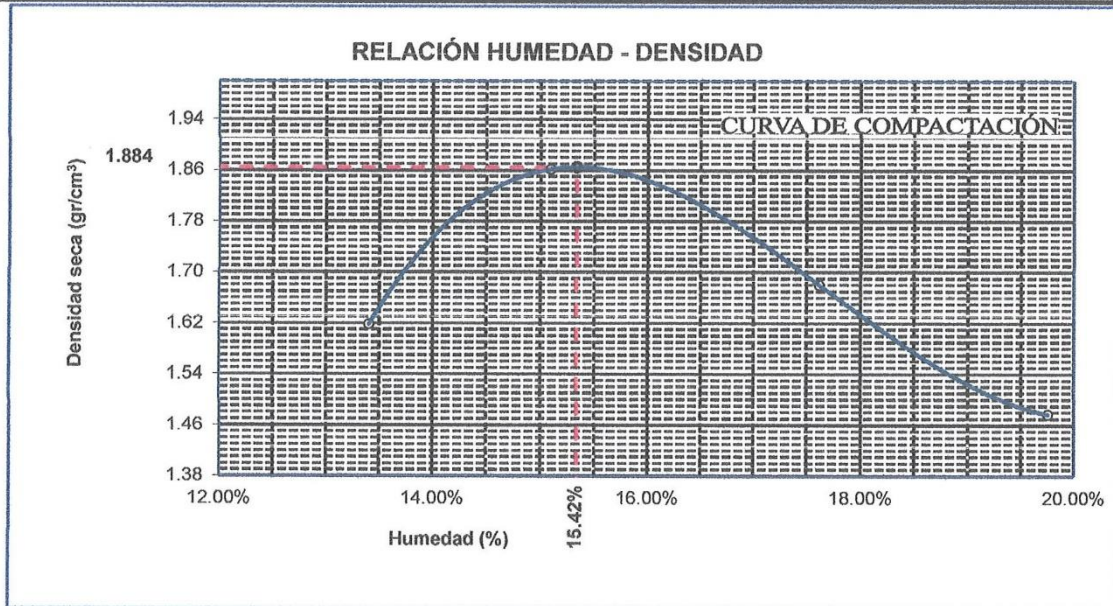
TESIS	: ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: Bach. KEVIN DURAN CHURA
MUESTRA	: CON 15% DE CENIZAS DE MADERA
UBICACIÓN	: CIUDAD DE JULIACA
LUGAR	: PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO
FECHA	: 06 DE SETIEMBRE DEL 2024

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2109 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9870	10518	10167	9730
Peso del Molde	gr.	6000	6000	6000	6000
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3870	4518	4167	3730
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.835	2.142	1.976	1.769

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	382.35	356.12	527.50	481.49	394.62	368.24	401.00	378.10
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	341.53	318.81	463.57	423.30	341.53	318.81	341.02	322.05
Peso del Agua	gr.	40.82	37.31	63.93	58.19	53.09	49.43	59.98	56.05
Peso de la Capsula	gr.	39.25	38.38	38.71	38.90	39.10	39.34	38.66	37.27
Peso del Suelo Seco	gr.	302.28	280.43	424.86	384.40	302.43	279.47	302.36	284.78
% de Humedad	%	13.50%	13.30%	15.05%	15.14%	17.55%	17.69%	19.84%	19.68%
Promedio de Humedad	%	13.40%		15.09%		17.62%		19.76%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.618		1.861		1.680		1.477	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.884 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	:	15.42%



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

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CIP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO
 M.S.C.A.
 JEFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

B. N° 006-00315648



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	: ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: Bach. KEVIN DURAN CHURA
MUESTRA	: CON 15% DE CENIZAS DE MADERA
UBICACIÓN	: CIUDAD DE JULIACA
LUGAR	: PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO
FECHA	: 06 DE SETIEMBRE 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.	10849	10391	10937	10672	11120	10972
Peso del Molde	gr.	6691	6691	6740	6740	6750	6750
Peso del Suelo Humedo	gr.	4158	3700	4197	3932	4370	4222
Volumen del Suelo	cc.	2101.36	2101.36	2113.98	2113.98	2116.87	2116.87
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.979	1.761	1.985	1.860	2.064	1.994

Capsula No	No	4																	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	290.33	261.17	324.01	282.29	268.33	276.03	266.39	280.49	306.11									
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	265.87	242.86	310.93	264.03	253.58	264.92	251.45	265.65	294.22									
Peso del Agua	gr.	24.46	18.31	13.08	18.26	14.75	11.11	14.94	14.84	11.89									
Peso de la Capsula	gr.	38.75	39.17	39.02	39.96	39.40	38.01	38.50	38.69	38.02									
Peso del Suelo Seco	gr.	227.12	203.69	271.91	224.07	214.18	226.91	212.95	226.96	256.20									
% de Humedad	%	10.77%	8.99%	4.81%	8.15%	6.89%	4.90%	7.02%	6.54%	4.64%									
Promedio de Humedad	%	9.88%			4.81%			7.52%			4.90%			6.78%			4.64%		
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.801			1.680			1.847			1.773			1.933			1.906		

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
1/09/2024	10:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
2/09/2024	10:00: a.m.	24:00:00	0.53	0.01	0.01	0.48	0.01	0.01	0.30	0.01	0.01
3/09/2024	10:00: a.m.	48:00:00	0.56	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01	0.33	0.01	0.01
4/09/2024	10:00: a.m.	72:00:00	0.59	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01	0.35	0.01	0.01
5/09/2024	10:00: a.m.	96:00:00	0.60	0.02	0.01	0.53	0.01	0.01	0.34	0.01	0.01

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		4.10	42.5	2.2		18.50	104	5.2		39.30	192	9.7	
1.27	01:00		9.10	63.8	3.2		31.50	159	8.0		53.20	251	12.7	
1.91	01:30		15.60	91.3	4.6		42.50	206	10.4		65.10	301	15.2	
2.54	02:00	70.31	21.10	114.7	5.8		52.30	247	12.5		72.30	332	16.8	
3.81	03:00		28.10	144.4	7.3		65.20	302	15.3		88.10	399	20.2	
5.09	04:00	105.00	33.10	165.6	8.4		77.20	353	17.8		100.10	450	22.7	
6.35	05:00		36.10	178.4	9.0		83.20	378	19.1		112.30	502	25.4	
7.62	06:00		39.50	192.8	9.7		88.10	399	20.2		121.30	540	27.3	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
- JULIACA - PUNO

[Firma]
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

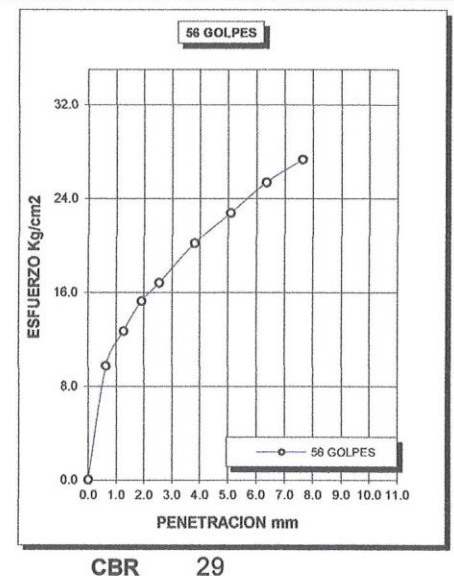
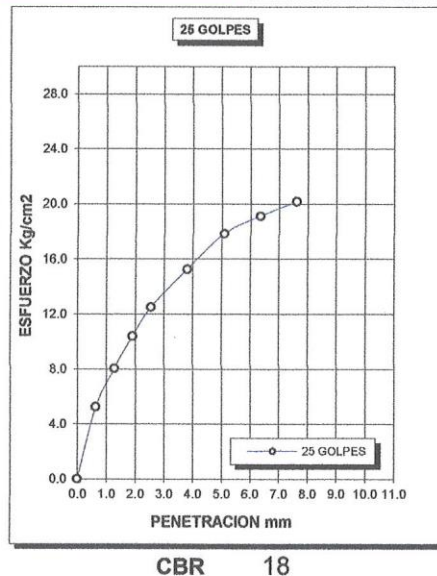
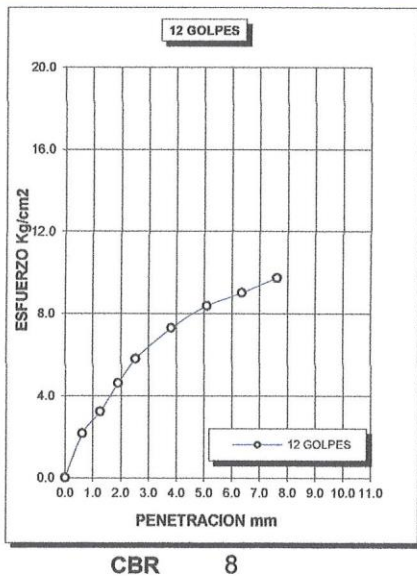
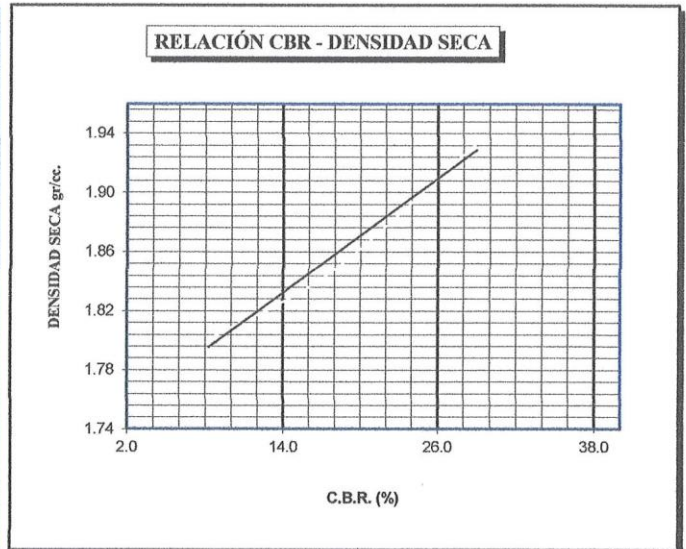
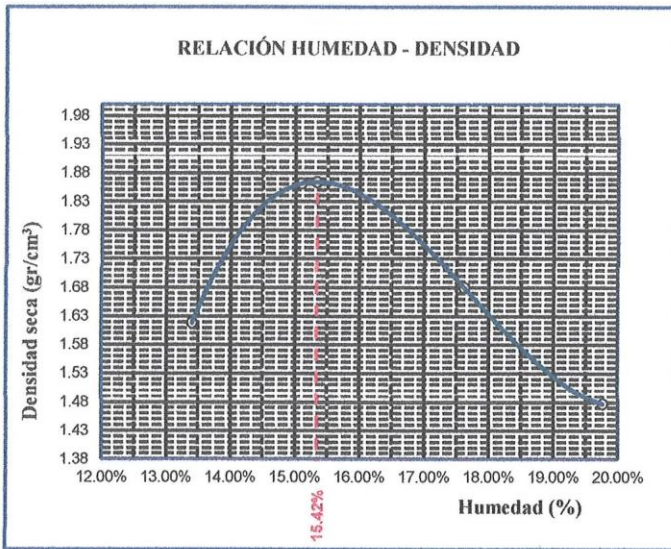
B. N° 006-00315648



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



TESIS	: ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITANTE	: : Bach. KEVIN DURAN CHURA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.884
MUESTRA	: CON 15% DE CENIZAS DE MADERA	HUMEDAD OPTIMA (%) 15.42%
UBICACIÓN	: CIUDAD DE JULIACA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 28.57
LUGAR	: PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 17.77
FECHA	: : 06 DE SETIEMBRE DEL 2024	CLASIFICACIÓN :
		AASHTO : : A-1-a (0)
		EMBEBIDO : 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 C/P 103257

B. N° 006-00315648



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

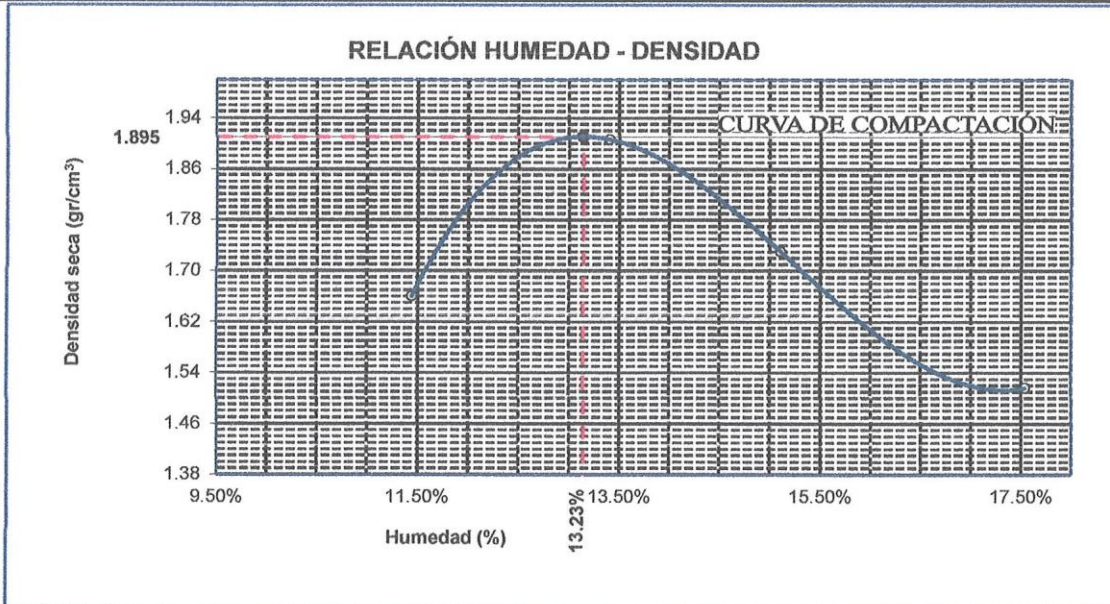
TESIS	: ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: Bach. KEVIN DURAN CHURA
MUESTRA	: CON 25% DE CENIZAS DE MADERA
UBICACIÓN	: CIUDAD DE JULIACA
LUGAR	: PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO
FECHA	: 06 DE SETIEMBRE DEL 2024

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2109 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9902	10559	10199	9759
Peso del Molde	gr.	6000	6000	6000	6000
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	3902	4559	4199	3759
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	1.850	2.162	1.991	1.782

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	377.10	350.00	382.35	356.12	527.50	481.49	394.62	368.24
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	341.53	318.81	341.53	318.81	463.57	423.30	341.53	318.81
Peso del Agua	gr.	35.57	31.19	40.82	37.31	63.93	58.19	53.09	49.43
Peso de la Capsula	gr.	39.25	38.38	38.71	38.90	39.10	39.34	38.66	37.27
Peso del Suelo Seco	gr.	302.28	280.43	302.82	279.91	424.47	383.96	302.87	281.54
% de Humedad	%	11.77%	11.12%	13.48%	13.33%	15.06%	15.16%	17.53%	17.58%
Promedio de Humedad	%	11.44%		13.40%		15.11%		17.54%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.660		1.906		1.730		1.516	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.895 gr/cm3
		HUMEDAD OPTIMA	:	13.23%



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

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103267

B. N° 006-00315648



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	: ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: Bach. KEVIN DURAN CHURA
MUESTRA	: CON 25% DE CENIZAS DE MADERA
UBICACIÓN	: CIUDAD DE JULIACA
LUGAR	: PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO
FECHA	: 06 DE SETIEMBRE 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.	10949	10480	10952	10655	11163	10949
Peso del Molde	gr.	6691	6691	6740	6740	6750	6750
Peso del Suelo Humedo	gr.	4258	3789	4212	3915	4413	4199
Volumen del Suelo	cc.	2101.36	2101.36	2113.98	2113.98	2116.87	2116.87
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.026	1.803	1.992	1.852	2.085	1.984

Capsula No	No	4																	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	291.10	262.17	323.02	283.51	269.25	277.02	267.40	281.20	307.06									
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	265.87	242.86	310.93	264.03	253.58	264.92	251.45	265.65	294.22									
Peso del Agua	gr.	25.23	19.31	12.09	19.48	15.67	12.10	15.95	15.55	12.84									
Peso de la Capsula	gr.	39.00	40.00	41.20	40.10	41.02	39.03	39.00	38.00	38.50									
Peso del Suelo Seco	gr.	226.87	202.86	269.73	223.93	212.56	225.89	212.45	227.65	255.72									
% de Humedad	%	11.12%	9.52%	4.48%	8.70%	7.37%	5.36%	7.51%	6.83%	5.02%									
Promedio de Humedad	%	10.32%			4.48%			8.04%			5.36%			7.17%			5.02%		
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.837			1.726			1.844			1.758			1.945			1.889		

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
1/09/2024	10:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
2/09/2024	10:00: a.m.	24:00:00	0.54	0.01	0.01	0.49	0.01	0.01	0.33	0.01	0.01
3/09/2024	10:00: a.m.	48:00:00	0.57	0.01	0.01	0.51	0.01	0.01	0.35	0.01	0.01
4/09/2024	10:00: a.m.	72:00:00	0.60	0.02	0.01	0.53	0.01	0.01	0.37	0.01	0.01
5/09/2024	10:00: a.m.	96:00:00	0.61	0.02	0.01	0.54	0.01	0.01	0.30	0.01	0.01

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		18.50	103.7	5.2		39.30	192	9.7		60.10	280	14.2	
1.27	01:00		31.50	158.8	8.0		53.20	251	12.7		110.20	493	24.9	
1.91	01:30		42.50	205.5	10.4		65.10	301	15.2		138.60	613	31.0	
2.54	02:00	70.31	52.30	247.1	12.5		72.30	332	16.8		163.20	718	36.3	
3.81	03:00		65.20	301.9	15.3		88.10	399	20.2		188.20	824	41.6	
5.09	04:00	105.00	77.20	352.8	17.8		100.10	450	22.7		210.20	917	46.4	
6.35	05:00		83.20	378.3	19.1		112.30	502	25.4		225.10	981	49.6	
7.62	06:00		88.10	399.1	20.2		121.30	540	27.3		240.30	1045	52.8	
8.84	07:00													
10.16	08:00													



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

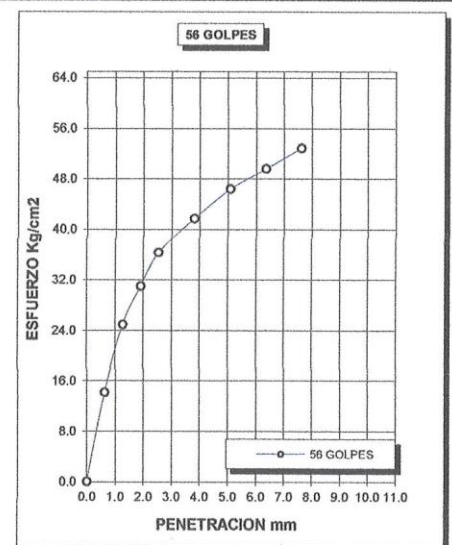
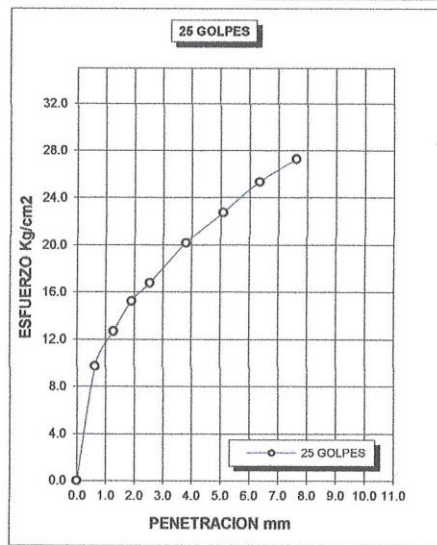
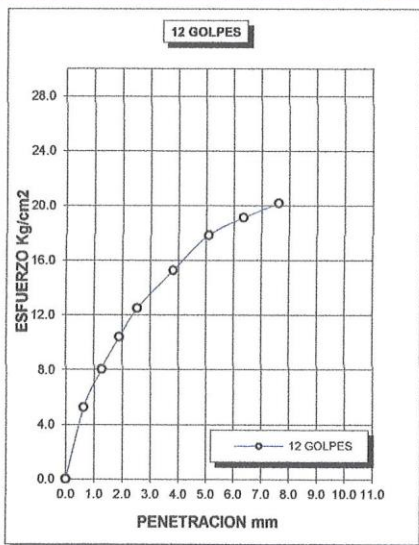
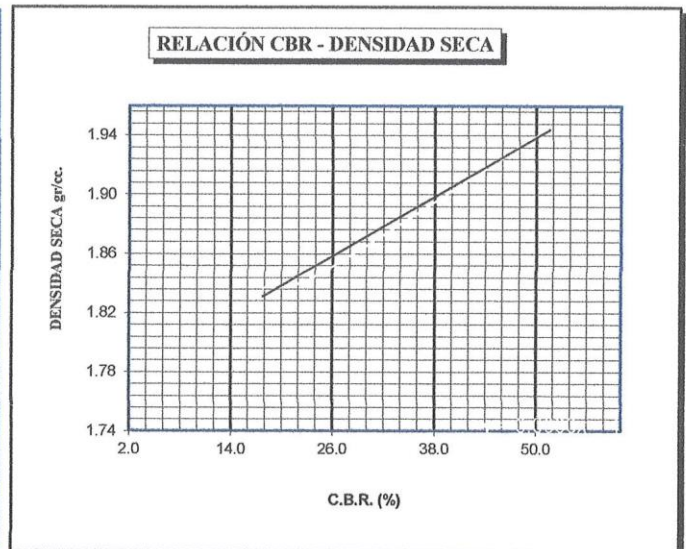
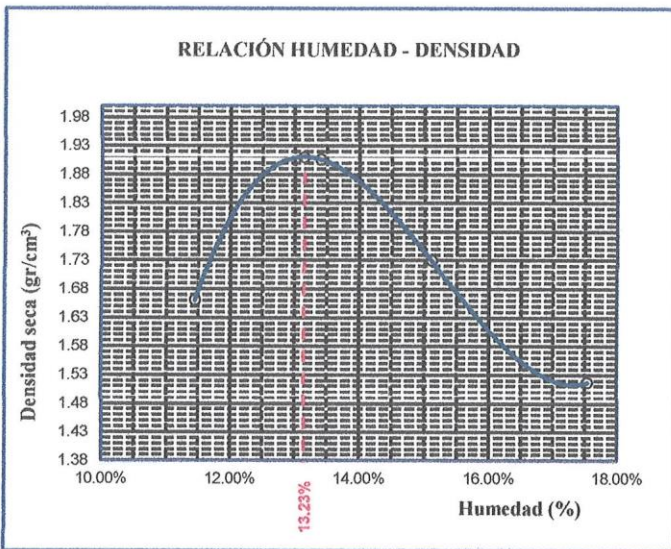
B. N° 006-00315648



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



TESIS	: ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VIAS DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITANTE	: : Bach. KEVIN DURAN CHURA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.895
MUESTRA	: CON 25% DE CENIZAS DE MADERA	HUMEDAD OPTIMA (%)	13.23%
UBICACIÓN	: CIUDAD DE JULIACA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	51.78
LUGAR	: PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	43.50
FECHA	: : 06 DE SETIEMBRE DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	
		AASHTO	: : A-1-a (0)
		EMBEBIDO	: 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres

B. N° 006-00315648



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 01/09/2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: KEVIN DURAN CHURA

Dirección: Jr. Chucuito Nro 138 – Puno

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 72016383

Teléfono: 940611484 email: durancito232@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ANÁLISIS DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON LA ADICIÓN DE CENIZA DE MADERA EN PROPORCIONES DIFERENTES PARA SUBRASANTES EN VÍAS DE LA CIUDAD DE JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): Suelo arcilloso, ceniza, estabilidad, optimización, granulometría.

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

1, 2

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

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



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE MATERIALES – P17

Firma de Autor



huella digital

01 de Setiembre de 2025

Fecha