



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y
CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS
EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA –
ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA - PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA – ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

ASESOR DE TESIS

: 
Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1073-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 19 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 13259 presentado por el (la) Bachiller: **JAVIER MAMANI ESTOFANERO** 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. **JAVIER MAMANI ESTOFANERO**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- * **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **2do Miembro** : Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

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

ARTICULO TERCERO . – APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **JAVIER MAMANI ESTOFANERO**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 26 de setiembre del 2024
- * **HORA** : 14:00 p.m.
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
C.P. 47700


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

cc.
Archivo
Ingresado (a)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 579-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 09 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 7451 por el señor (a): **JAVIER MAMANI ESTOFANERO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 595- 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 119- 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): **JAVIER MAMANI ESTOFANERO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 119- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

RESUELVE:

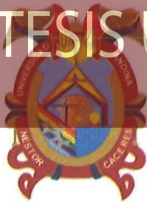
ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **JAVIER MAMANI ESTOFANERO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Mgtr. 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 NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Efraim Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 127-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 08 de abril del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-00664, presentado por el señor (a) **JAVIER MAMANI ESTOFANERO** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 076-2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 52 -2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) estudiante: **JAVIER MAMANI ESTOFANERO** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 52 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **JAVIER MAMANI ESTOFANERO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Mgtr. 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 Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE CLORURO DE SODIO CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA – ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

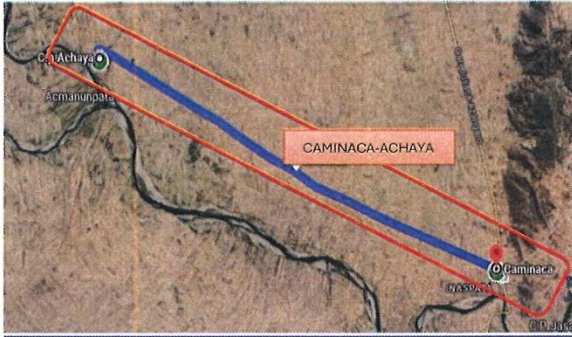
1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
2	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	3%
4	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	3%
5	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Submitted to Universidad Cesar Vallejo



Metadatos Complementarios

Título de la Tesis	
ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA – ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	JAVIER MAMANI ESTOFANERO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70119654
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-8406-7007
Datos de autor	
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	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01316765
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento

Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Azángaro Distrito: Caminaca-Achaya CARRETERA CAMINACA – ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO Coordenadas: Latitud:-15.32421 Longitud:-70.07281 URL Maps https://maps.app.goo.gl/2VeEVtQihq3Xabiw9</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Abril 2024 – Julio 2024
URL de disciplinas OCDE - Librería	<p>Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</p> <p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p>

UNIVERSIDAD NACIONAL NESTOR CERDAS VELASQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS
UNIDAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Efraín Parilla Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo Javier Mamani Estofanero, identificado con DNI Nro. 70119654, 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 incorporación de cloruro de sodio y cal para la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de la carretera caminaca - Achaya de la región Puno”

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 21 de Octubre del 2024

Firma del Asesor

Firma del Estudiante



Huella



DEDICATORIA

A mis padres por brindarme apoyo en mi formación profesional, gracias por sus palabras de aliento que cada día me ayudan a crecer como persona, por estar en los momentos más importantes de mi vida y darme su apoyo incondicionalmente.

A dios que me permitió seguir toda la etapa de mi formación profesional y me dio fuerzas para no rendirme.

A toda mi familia por su apoyo y los consejos que me brindan para crecer profesionalmente.

J.M.E



AGRADECIMIENTO

A Dios por darme vida, fortaleza y perseverancia para seguir adelante a pesar de cualquier obstáculo.

A la universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez por haberme permitido formarme profesionalmente, asimismo a los diferentes docentes que permitieron brindarme su conocimiento para posteriormente aplicarlos profesionalmente.

J.M.E



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTO ii

ÍNDICE DE CONTENIDO iii

ÍNDICE DE TABLAS vii

ÍNDICE DE FIGURAS viii

RESUMEN ix

ABSTRACT x

INTRODUCCIÓN xi

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

1.1 Exposición de la situación de problemática 1

1.2 Planteamiento del problema 2

 1.2.1 Pregunta general 2

 1.2.2 Preguntas específicas 2

1.3 Justificación de la investigación 2

 1.3.1 Justificación practica 3

 1.3.2 Justificación social 3

 1.3.3 Justificación metodológica 3

1.4 Objetivos 3

 1.4.1 Objetivo general 3

 1.4.2 Objetivos específicos 3



1.5	Hipótesis.....	4
1.5.1	Hipótesis general	4
1.5.2	Hipótesis específicas	4
1.6	Variables e indicadores	4
1.7	Operacionalización de variables.....	5

CAPITULO II

MARCO TEORICO REFERENCIAL

2.1	Antecedentes de la investigación	6
2.1.1	Antecedentes internacionales	6
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	8
2.1.3	Antecedentes locales	11
2.2	Marco teórico	12
2.2.1	Pavimento.....	12
2.2.2	Tipos de pavimento	14
2.2.3	Suelo.....	16
2.2.4	Granulometría de la Superficie.....	17
2.2.5	Organización de suelos.....	17
2.2.6	Procedencia de los Suelos Arcillosos	20
2.2.7	Subrasante.....	25
2.2.8	Especificaciones de las Estabilizaciones	27
2.2.9	Cloruro Sódico (NaCl)	30
2.2.10	Cal.....	36



2.2.11 Clases de CaO.....	36
2.2.12 Estabilización con CaO	37
2.2.13 Ensayos de Laboratorio	38
2.3 Marco conceptual	41

CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación.....	44
3.1.1 Nivel de investigación	44
3.1.2 Tipo de investigación	44
3.1.3 Método de investigación.....	45
3.1.4 Enfoque de investigación	45
3.2 Población y muestra	45
3.2.1 Población.....	45
3.2.2 Muestra.....	45
3.2.3 Diseño muestral	45
3.2.4 Locación de la zona en estudio.....	46
3.2.5 Métodos e instrumentos de recolección de información	46
3.2.6 Ensayos a realizar en el laboratorio.....	47

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados de la investigación.....	56
4.1.1 Prueba de evaluación granulométrica.....	56



4.1.2	Prueba de límites de consistencia de la muestra natural.....	57
4.1.3	Prueba de límites de consistencia de la muestra natural más la incorporación de cloruro de sodio y cal.....	58
4.1.4	Ensayo de Proctor de la muestra natural	61
4.1.5	Resumen Ensayo de CBR.....	64
4.2	Discusión de resultados.....	65
	CONCLUSIONES.....	66
	RECOMENDACIONES.....	69
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	70
	ANEXOS	72



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	5
Tabla 2. Símbolos para fines de reconocimiento de suelos en el sistema unificado	19
Tabla 3. Compresibilidad de una superficie en relación de su índice de compresión C_c	24
Tabla 4. Cualidades comunes de la sal (Cloruro de Sodio)	32
Tabla 5. Calicatas extraídas	46
Tabla 6. Resumen del análisis granulométrico d la muestra natural C1	56
Tabla 7. Resumen de Límites de consistencia muestra natural C1	57
Tabla 8. Datos obtenidos de Límites de consistencia muestra orgánica C1	57
Tabla 9. Organización de superficies sistema SUCS y AASTHO	58
Tabla 10. Resumen de Límites de consistencia MN + 2% de Cloruro de sodio y 2% Cal.....	58
Tabla 11. Resultados de Límites de consistencia MN + 2% de NaCl y 2% CaO.....	58
Tabla 12. Resumen de Límites de consistencia MN + 4% de Cloruro de sodio y 4% CaO....	59
Tabla 13. Datos obtenidos de Límites de consistencia MN + 4% de NaCl y 4% CaO	59
Tabla 14. Resumen de Límites de consistencia MN +6% de Cloruro de sodio y 6% CaO.....	59
Tabla 15. Conclusiones de Límites de consistencia MN + 6% de NaCl y 6% CaO.....	59
Tabla 16. Resumen de LL, LP e IP.....	60
Tabla 17. Valores de MDS y OCH Para muestra natural	61
Tabla 18. MDS y OCH Para SN + 2% de Cloruro de sodio y 2% Cal.....	62
Tabla 19. MDS y OCH Para SN + 4% de NaCl y 4%CaO	62
Tabla 20. MDS y OCH Para SN + 6% de Cloruro de sodio y 6%CaO	63
Tabla 21. Resumen de MDS y OCH.....	63
Tabla 22. Resumen de CBR.....	64



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Partes de un pavimento	13
Figura 2. Estructura del pavimento asfáltico	15
Figura 3. Estructura del pavimento semirrígido	15
Figura 4. Estructura del pavimento rígido	16
Figura 5. Minerales que conforman la arcilla en relación a su arreglo reticular	22
Figura 6. Reconocimiento de minerales habituales de arcilla en la carta de plasticidad	23
Figura 7. Formas de lograr la estabilización.....	30
Figura 8. Uso de NaCl en grano	34
Figura 9. Control de polvo y estabilización de caminos con cloruros.....	35
Figura 10. Visualización de la C1	47
Figura 11. Trituración de la muestra	49
Figura 12. tamizando la muestra.....	50
Figura 13. instrumentos del límite liquido.....	51
Figura 14. ensayo del límite liquido	52
Figura 15. ensayo de Proctor	53
Figura 16. Ensayo de CBR	55
Figura 17. Curva granulométrica.....	57
Figura 18. Curva de Compactación suelo natural.....	62



RESUMEN

Esta investigación tuvo como meta evaluar el uso de cloruro de sodio y CaO para el control de la subrasante de la ruta Caminaca - Achaya. Asimismo, cuando se aplicó cloruro de sodio y cal en concentraciones de 2%, 4% y 6%, los valores resultantes para el PI fueron 24,08%, 9,96%, 6,38% y 5,53% respectivamente. Estos valores correspondieron a la adición de 0%, 2%, 4% y 6% de las sustancias. El MDS arrojó valores de 1,958gr/cm³, 1,951gr/cm³, 2,085gr/cm³ y 2,073gr/cm³, que correspondieron a la incorporación de 0%, 2%, 4% y 6%, de forma respectiva. El CBR arrojó valores de 6,5%, 6,0%, 15,3% y 15,5%, que correspondieron a la adición de 0%, 2%, 4% y 6%, respectivamente. Así, tras realizar numerosos experimentos con adiciones variadas, se determinó que los resultados más favorables se obtenían añadiendo un 6% de cloruro sódico y cal.

Basándose en las especificaciones establecidas por el Manual de Carreteras (MTC) y en las pruebas llevadas a cabo con la adición de CaO y cloruro sódico, el estudio concluye que la capacidad portante de la subrasante mejora notablemente.

Palabras clave: Cloruro de sodio, Cal, estabilización, suelo, subrasante.



ABSTRACT

This study aimed to investigate the use of sodium chloride and lime for stabilizing the subgrade of the Caminaca - Achaya route. Similarly, when sodium chloride and lime were applied at concentrations of 2%, 4%, and 6%, the resulting values for the PI were 24.08%, 9.96%, 6.38%, and 5.53% respectively. These values corresponded to the incorporation of 0%, 2%, 4%, and 6% of the substances. The MDS yielded values of 1.958gr/cm³, 1.951gr/cm³, 2.085gr/cm³, and 2.073gr/cm³, which corresponded to the incorporation of 0%, 2%, 4%, and 6%, respectively. The CBR yielded values of 6.5%, 6.0%, 15.3%, and 15.5%, which corresponded to the incorporation of 0%, 2%, 4%, and 6%, respectively. Thus, after conducting many experiments with varied additions, it was determined that the most favourable results were obtained while adding 6% sodium chloride and lime.

Based on the specifications set by the Highway Manual (MTC) and the tests conducted with the addition of lime and sodium chloride, the study concludes that the subgrade's bearing disposition is greatly improved.

Key words: Lime, sodium chloride, stabilization, soil, subgrade.



INTRODUCCIÓN

El control de superficies es una manera usada para optimizar las cualidades mecánicas de los suelos que no logran cumplir las especificaciones para la ejecución de infraestructuras. La estabilización de superficies arcillosas es un procedimiento habitual cuando se encuentran este tipo de suelos durante los proyectos de infraestructuras. Estos suelos poseen propiedades plásticas y son susceptibles a cambios volumétricos cuando entran en contacto con el agua. En consecuencia, experimentan asentamientos que pueden afectar negativamente a las estructuras construidas sobre ellos.

El objetivo de realizar una investigación que examine los atributos de los suelos arcillosos suplementados con cloruro sódico (sal) y óxido cálcico (cal) es explorar el potencial de estabilización de los suelos arcillosos. Ambos compuestos químicos, cuando se introducen en suelos arcillosos, pueden mejorar propiedades como el contenido óptimo de humedad, los límites de consistencia, la densidad seca máxima y demás, aumentando así la estabilidad.

Las carreteras se han utilizado desde la antigüedad para juntar pueblos, con el fin de entre ellos cambiar bienes procedentes de la agricultura y la ganadería, así mismo fueron cruciales para el progreso de sus sociedades. De manera internacional, ha surgido el requerimiento de controlar carreteras con fallas en la subrasante, y se ha demostrado que la suma de cal y cloruro de sodio crece la disposición portante CBR. Así lo afirma García (2019).

A nivel nacional, las vías de transporte tienen una enorme importancia para el avance del desarrollo cultural, económico y social. Los errores de la estructura se observan mayormente en carreteras que tienen una reconocida capa de rodadura. Este problema surge como consecuencia de que estas carreteras tienen una pobre capacidad portante de CBR en la subrasante. Según Díaz (2018), la degradación que se produce en las distintas partes de



la carretera se traduce en una disminución del servicio, algo que es necesario subsanar mediante el uso de tecnologías de control de superficies.

Hoy en día, las carreteras y autopistas son de suma importancia para la población, ya que sirven como eje principal para conectar varios centros de población. En consecuencia, los métodos utilizados para su desarrollo y mantenimiento se consideran esenciales.

La investigación se desarrolló con la intención de estabilizar el suelo de la carretera Caminaca-Achaya mediante la suma de cal y cloruro de sodio. Esto redundará en un beneficio significativo para la población que se encuentra en las inmediaciones de esta carretera. La mejora integral de la carretera permitirá cumplir con los requerimientos fundamentales a un costo accesible. Las carreteras en mal estado aumentarán los costes asociados al transporte. Un sistema vial seguro y en condiciones correctas para el crecimiento de la calidad de vida de sus pobladores, es proporcionada a la población como resultado del plan de estabilización, que optimiza las características físicas y mecánicas de la subrasante de la ruta Caminaca - Achaya.

Estos son los capítulos que comprende el proyecto: En el primer capítulo se plantea la situación de la problemática, el razonamiento y las metas. En el segundo capítulo se profundiza en el marco teórico, el marco conceptual y las definiciones terminológicas. Los métodos, tipos, niveles y diseños del análisis, así como la población y la muestra, los métodos y equipos de recogida de información, las estrategias de tratamiento de la información y la evaluación de los datos se tratan en la parte III. Los resultados, las conclusiones y las sugerencias se exponen en la parte IV, en el que se detallan los resultados a través del análisis y la interpretación.



CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

1.1 Exposición de la situación de problemática

Las arcillas expansivas entrañan riesgos importantes en los proyectos de ingeniería a escala mundial, nacional y local. Estos riesgos incluyen deformaciones y asentamientos diferenciales, que pueden provocar pérdidas económicas sustanciales. Obras de ingeniería como centrales hidroeléctricas, edificios, estabilidad de taludes, puentes, presas y pavimentos son especialmente vulnerables a estos peligros. En entornos naturales, las arcillas expansivas experimentan fluctuaciones sustanciales en su contenido de agua. Durante la estación lluviosa, la capa superior se satura, mientras que durante la estación seca sufre desecación y se desenvuelve como un suelo saturado a medias (Camarena, Ordoñez, & Guichard, 2014).

Puno enfrenta amenazas geológicas, principalmente en relación al suelo. Estos peligros se clasifican en cuatro categorías de riesgo. La zona con mayor nivel de peligrosidad está constituida principalmente por arcillas limosas y plásticas, que tienen un contenido de humedad ligeramente alto. Esto se debe principalmente a la existencia de un nivel freático alto. La zona se caracteriza sobre todo por una presencia significativa de suelos expansivos. Las características del suelo contribuyen a su elevada actividad sísmica.



La carretera investigada, Caminaca - Achaya, es una calzada que está experimentando deslizamientos debido a la erosión de sus áridos. Además, se han formado baches debido a las condiciones meteorológicas. Estos problemas están provocando dificultades, retrasos y problemas de seguridad para los conductores que utilizan esta ruta.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Pregunta general

¿Cómo será el análisis de la incorporación de cloruro de sodio y cal para la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya de la región de Puno?

1.2.2 Preguntas específicas

1. ¿Cuál será las cualidades físicas y mecánicas del suelo natural de la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya?
2. ¿Cómo será el uso de Cloruro de sodio y Cal en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya?
3. ¿Cómo será el uso de Cloruro de sodio y Cal en la capacidad de soporte de subrasante de la carretera Caminaca – Achaya?

1.3 Justificación de la investigación

La meta de este proyecto fue mejorar la disposición portante del suelo mediante el uso de cloruro de sodio y cal. La utilización de cloruro de sodio y CaO para la estabilización de subrasantes no es común en la ciudad de Puno. Esto se debe principalmente a la falta de conciencia sobre los pros que brindan, así como la percepción de que son caros en contraste con los modelos convencionales de mejora de carreteras que implican base, subbase y asfalto o ligante rígido. Las principales ventajas del uso de esta tecnología estabilizadora se logran mediante el aumento del Coeficiente de Soporte de California (CBR) de la subrasante de la carretera.



1.3.1 Justificación práctica

La racionalidad práctica surge cuando el avance del estudio sugiere técnicas que, al ser implementadas, apuntan a solucionar el problema. La suma de cloruro de sodio y CaO se emplea para controlar superficies arcillosas a nivel de subrasante en la carretera Caminaca - Achaya. Con esta intervención se pretende solucionar el problema de la inestabilidad de los suelos y lograr pavimentos más duraderos y eficientes, garantizando una movilidad fluida a las personas que transitan a pie y en vehículo por el área de evaluación.

1.3.2 Justificación social

La aplicación de cloruro sódico y cal ayudará a evitar problemas sociales, por lo que la meta de esta investigación es optimizar la calidad de vida de los que habitan la región investigada.

1.3.3 Justificación metodológica

El control de superficies arcillosas a nivel de subrasante en la carretera Caminaca - Achaya, a la adición de cloruro de sodio y CaO. Para ello se realiza el control de superficies arcillosas a nivel de subrasante en la vía Caminaca - Achaya, a la incorporación de cloruro de sodio y CaO con % de 6%; 4% y 2% y de estos se definirá que cantidad de cloruro de sodio y homrigón alcanza mayor control del suelo según examen.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Determinar el análisis de la incorporación de cloruro de sodio y cal para la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya de la región de Puno.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Analizar las cualidades físicas y mecánicas del suelo natural de la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya.



2. Analizar la aplicación de Cloruro de sodio y Cal en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya.
3. Analizar la aplicación de Cloruro de sodio y Cal en la capacidad de soporte de subrasante de la carretera Caminaca – Achaya.

1.5 Hipótesis

1.5.1 *Hipótesis general*

Al determinar el porcentaje de la incorporación de cloruro de sodio y cal mejora la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya de la región de Puno.

1.5.2 *Hipótesis específicas*

1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural de la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya.
2. Al determinar la aplicación de Cloruro de sodio y Cal mejora la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya
3. Al determinar la aplicación de Cloruro de sodio y Cal mejora en la capacidad de soporte de subrasante de la carretera Caminaca – Achaya

1.6 Variables e indicadores

✓ Variable independiente

Cloruro de sodio y Cal

a. Indicadores

- Muestra natural + % de Cloruro de sodio y Cal

✓ Variable dependiente

Estabilización de la subrasante

b. Indicadores

- LL
- LP
- IP
- CBR
- MDS

1.7 Operacionalización de variables**Tabla 1***Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICION	DIMENSIÓN	INDICADOR
Variable independiente: Cloruro de sodio y Cal	<p>Esto es lo que dice el manual de carreteras del MTC sobre el cloruro sódico: Además de ser un estabilizante natural de la más alta calidad, el cloruro sódico se encuentra a menudo en forma de cristales, y se suele utilizar en regiones que son muy secas.</p> <p>Se estabiliza el polvo y es un excelente controlador natural. Se emplea en lugares que son muy secos.</p>	2%, 4% y 6%	Muestra natural + % de Cloruro de sodio y CaO
Variable dependiente: Estabilización de la subrasante	Según el manual de carreteras del MTC, que rige que es un método mecano-físico que busca la mejora en sus cualidades, con el objetivo de poder ser utilizado en una respectiva carretera a nivel de sub rasante, es una técnica que se supone que puede ser utilizada.	Cualidades físicas y mecánicas	LL LP IP CBR MDS



CAPITULO II

MARCO TEORICO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Proporciona un método de evaluación y control de la arcilla negra utilizando cloruro sódico, arena pómez, CaO y hormigón para optimizar sus características mecánicas. La meta era evaluar el control de la arcilla negra utilizando cloruro sódico (NaCl), arena pómez, cal y cemento para optimizar sus características mecano-físicas. Para llevar a cabo esta investigación experimental, se construyó un pozo de 1m x 1m x 1m para analizar la arcilla. Durante este procedimiento, se extrajeron tres especímenes modificados que se enviaron a un laboratorio para su examen, siguiendo las normas de la A.S.T.M. La muestra con los atributos físico-químicos más favorables se eligió en función de la evaluación técnica. Finalmente, se determinó que la arcilla negra presentaba una resistencia algo mayor al cloruro sódico (6,9, 6,6 y 6,5 kg/cm²) y a la arena pómez (6,8, 6,4 y 6,1 kg/cm²) en comparación con el suelo orgánico (5, 6 y 6,2 kg/cm²). Los valores de resistencia del suelo se midieron en 5,8 kg/cm², que está por debajo de la norma requerida de 21 kg/cm² (Norma I.N.V. E-614). Como resultado, el segundo controlador no es aplicable a esta superficie. Sin embargo, el estabilizador con cemento arrojó mayores valores de resistencia (26,2, 19,2, y 13,8 kg/cm²) en comparación con la CaO apagada (23,0, 17,2, y 11,5 kg/cm²). Además, se descubrió que, al reforzar la arcilla actual con hormigón, su



resistencia a la compresión aumentó de 0 a 24,7, lo que se tradujo en una mejora de las cualidades mecano-físicas. Respecto al estudio realizado por Robles Díaz en 2018 titulado “Analizar y estabilizar la arcilla negra con cloruro sódico (NaCl), arena pómez, CaO y cemento para mejorar sus propiedades mecánicas”.

Como se indica en la investigación de Gómez y Obil (2002), el proceso de control de superficies utilizando cloruro de sodio para su utilización en carreteras. El desenvolvimiento de suelos arcillosos que habían sido combinados con cloruro de sodio fue el objeto del proyecto, con el propósito de hallar el nivel de estabilización del suelo. El cloruro sódico, por ejemplo, es la sustancia más utilizada en las carreteras debido a su bajo coste. En ciertos casos, el cloruro de sodio se emplea con eficiencia creciente o decreciente en relación de las cualidades individuales de cada situación. Se ha llevado a cabo una evaluación para hallar las alteraciones que se producen en las cualidades mecano-físicas de las superficies a causa de la adición de sales en cantidades variables. Existen dos formas distintas de utilizar la sal: granulada y diluida. Al analizar los atributos físicos se tienen en cuenta las limitaciones de densidad y, por tanto, su categorización en términos de SUCS y potencial de hidrógeno (pH), así como la consolidación. En el gráfico de plasticidad, las colocaciones de los suelos en su estado natural se sitúan por encima de la línea A y a la derecha de la línea B. En consecuencia, se categorizan como arcillas elevadamente compresibles (CH); en forma que crece la cantidad de sal en la superficie, éste tiene tendencia a migrar hacia la izquierda de la curva de fluencia límite, lo que indica que se clasifica como suelo CL. Se comprobó que los IP de los suelos examinados no se veían influidos por el tiempo transcurrido entre los valores de salinidad y la prueba. Sin embargo, se descubrió que la consolidación de la superficie eleva la densidad del elemento seco y reduce el contenido eficaz de humedad cuando aumenta la concentración de sal. Esto ocurría independientemente de si el suelo estaba compactado o no. Posiblemente, esto se deba a que ha aumentado el número de cristales de sal adheridos a las sustancias de la



superficie. En ambos suelos, se observó que las características de expansión disminuían cuando aumentaba el contenido de agua de los especímenes. Esto es algo que debe tenerse en cuenta. Cuando aumenta la cantidad de sal en una sustancia, ya sea salmuera o grano, el módulo de elasticidad suele llegarse a reducir. Como resultado, se reduce la f^c de los suelos que han sido controlados con cloruro sódico para su uso en carreteras. El control de las superficies con cloruro sódico tiene diversos datos obtenidos para los suelos desarrollados, proporcionando cualidades aún más desprometedores para las superficies que se utilizan como pavimentos. Esto se basa en los hallazgos. Por ello, es fundamental realizar una investigación previa del impacto que tiene el producto en el proceso de estabilización. Cabe destacar que se detectó una reducción de la cualidad de expansión, y esta disminución creció paralelamente al aumento del contenido de humedad de la superficie. Es factible usar este método en situaciones en las que el contenido de agua es superior al grado óptimo de compactación. La tensión superficial del líquido en la superficie se ve alterada por la sal de forma que se disminuye la cantidad de agua que se evapora, como se ha indicado anteriormente. Un suelo que ha sido compactado y cuya dimensión de humedad coincide con el brazo húmedo de la curva de consolidación Proctor puede tener este atributo, que puede ser un rasgo de carácter esencial.

Acorde a Roldán (2010), en su tesis titulada “Estabilización de suelos con cloruro sódico (NaCl) para bases y subbases”, llega a la conclusión de que el % de F^c disminuye cuando se añade NaCl al suelo. Por otro lado, el porcentaje aumenta con la incorporación de NaCl en % que no superan el 2% para materiales que incluyen arena limosa y arena caliza. En consecuencia, el % límite permitido para la arena limosa y la arena caliza puede pasar el 2% de la masa del elemento.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Quispe y Rodríguez (2020) realizaron un proyecto denominado “Mejoramiento de suelos arenosos y limosos utilizando cloruro de sodio y cal para subrasante con ensayos



CBR - Cusco 2020". La meta es examinar e identificar el comportamiento del cloruro de sodio y la cal en una subrasante mediante la realización del ensayo CBR. La técnica de investigación utilizada se caracterizó por su carácter científico, aplicación práctica y enfoque explicativo. La población incluyó desde la APV (Asociación Pro Vivienda) Agua Buena hasta la APV Qotacalle. El espécimen estuvo delimitado por un tramo de 442 metros de la calzada, tomando con relación al APV Qotacalle. Para alcanzar la meta, se llevaron a cabo experimentos de laboratorio para analizar la organización granulométrica, determinar el LL y LP, realizar pruebas de compactación Proctor modificado y evaluar el California Bearing Ratio (CBR). Además, se incluyeron cloruro sódico y cal en proporciones de 4%, 8% y 12%, con una composición de 50% de cal y 50% de cloruro sódico. Los datos obtenidos indican que la clase de superficie es SM (arena limosa) según la clasificación SUCS y A - 4 (0) según la clasificación AASHTO. El LL es de 18,33, con un LP y un IP de cero. El suelo tiene una humedad del 1,94%. La densidad seca máxima es de 1,82 gr/cm³, con una humedad funcional del 12,40%. El valor CBR al 95% de la densidad seca máxima es del 3%, y al 100% de la densidad seca máxima, el valor CBR es del 4%. A continuación, se llevaron a cabo experimentos con cloruro sódico y CaO en dosis del 4%, 8% y 12%. La mayor densidad alcanzada fue de 2,00 gr/cm³, 1,98 gr/cm³ y 1,96 gr/cm³, respectivamente. El nivel de humedad óptimo para estas dosificaciones fue de 13,80%, 9,70% y 13,70%. Los valores de CBR al 95% de la densidad seca máxima fueron del 12%, 11% y 10% para las dosis del 4%, 8% y 12% de cloruro sódico y CaO, respectivamente. Los datos de CBR al 100% de la densidad seca máxima son del 14%, 17% y 19%, de forma respectiva. Los investigadores determinaron que la dosis más eficaz para mejorar el valor CBR del suelo es el 8% de cloruro sódico con cal.

En el trabajo de análisis que lleva por nombre "Estabilización de suelos arcillosos para el mejoramiento de subrasantes mediante la adición de cloruro de sodio: Tramo Primorpampa-Cascapara, Yungay, Ascash 2021" realizado por Méndez Cerna (2021), el



objetivo fue investigar el impacto de la incorporación de cloruro sódico en el control de la subrasante en el tramo carretero que une el centro con población de Primorpampa y el distrito de Cascapara. Sin embargo, la metodología utilizada en este estudio fue experimental y siguió un enfoque cuantitativo. Seguidamente se señalan los datos obtenidos de las pruebas realizadas sobre la evaluación granulométrica, límite líquido y límite plástico del espécimen orgánico. Los resultados mostraron que el LL era del 32% y el LP del 18%, dando lugar a un (IP) del 14%. Se confirmó que la clase de superficie para el esquema SUCS era "CL", mientras que para el sistema AASTHO se confirmó que era "A-6(8)". Alternativamente, para este proyecto de referencia, se sugirió incluir NaCl en concentraciones de 1,5%, 3% y 4,5%. Por consiguiente, a continuación, daremos los datos obtenidos sobre las limitaciones de consistencia para estas adiciones. Cuando se añadió NaCl al 1,5%, los valores de LL y LP fueron del 28% y 16% de forma respectiva, lo que dio como resultado un PI del 12%. La adición de un 3% de NaCl dio lugar a unos valores LL y LP del 26% y el 15% respectivamente, dando lugar a un PI del 11%. Cuando añadimos 4,5% de NaCl, medimos valores de LL y LP de 28% y 16% de forma respectiva, resultando un PI de 12%. Confirmamos los resultados de la prueba Proctor modificada obteniendo valores de MDS y OCH de 1,799 gr/cm³ y 14%, de forma respectiva, para la muestra natural. Además, proporcionamos los resultados de la adición de NaCl en concentraciones de 1,5%, 3% y 4,5%. Obtuvimos un MDS y OCH de 1,83 gr/cm³ y 13% de manera respectiva al añadir 1,5%. Al añadir un 3%, obtuvimos un MDS y un OCH de 1,842 gr/cm³ y un 12,5% respectivamente. Por último, al añadir un 4,5%, obtuvimos un MDS y un OCH de 1,81 gr/cm³ y un 12% de forma respectiva. Siguiendo con la incorporación de los datos, pasamos ahora a examinar los datos obtenidos en la prueba CBR. En primer lugar, nos centramos en la muestra natural o no modificada. Los valores adquiridos para esta muestra fueron del 4,83% del 95% del MDS y del 5,80% del 100% del MDS, todo esto para una penetración de 0,1 pulgadas. Además, proporcionamos los datos obtenidos de la



incorporación de NaCl en concentraciones del 1,5%, 3% y 4,5%. La adición de NaCl al 1,5% dio lugar a un valor CBR de 6,30% y 5,50% para MDS del 100% y 95% de forma respectiva. La incorporación de Cloruro Sódico al 3% produjo un valor CBR de 6,50% y 5,63% para MDS de 95% y 100% de forma respectiva. La adición de 4,5% de NaCl produjo un dato CBR de 6% y 4,95% para MDS de 100% y 95% respectivamente. Las conclusiones de Méndez Cerna sugieren que la aplicación de cloruro sódico en las proporciones especificadas produjo un aumento de los valores CBR, transformándolos de inadecuados a satisfactorios. No obstante, señala que estas mejoras no fueron sustanciales.

2.1.3 Antecedentes locales

(En el año 2021, Velázquez y Olarte) El proyecto de titulación, cuyo título es “Estabilización de suelos subrasantes arcillosos incorporando cal y cloruro de sodio, carretera Titilaca-Santa Rosa, Puno 2021”, tuvo como meta evaluar el mecanismo de falla en el pavimento afirmado de la carretera Titilaca-Santa Rosa y plantear respuestas al problema de formas técnicas de estabilización química con fines de modelo. El trabajo de investigación tratado se realizó utilizando como metodología el nivel explicativo, el método científico de tipo aplicado y diseño cuasi experimental. Los hallazgos que se obtuvieron del examen de los mecanismos de falla que se generaron por los pesos y déficit constructivo en la subrasante, así como la respuesta técnica más adecuada, son a través del control de cal y cloruro de CaO y Cloruro sódico como 1% CaO + 3% Cloruro sódico, que dio como resultado un valor de CBR de 16%. Los datos obtenidos del proyecto señalan que, conforme con las especificaciones que fueron definidas por el (MTC), así como las pruebas que se llevaron a cabo con la inclusión de CaO y Cloruro sódico, la disposición portante de la subrasante se incrementó en gran medida.

Para el propósito de la tesis de Palli (2016), titulada “Una guía completa para la estabilización del suelo con cal en carreteras de bajo tráfico en la provincia de San Román”.



La meta era explorar la influencia del control del suelo con cal utilizando un enfoque de análisis experimental. A través de la manipulación deliberada del suelo y el examen de los resultados, se obtuvieron los siguientes datos obtenidos: añadiendo un 2% de cal a la superficie natural, se alcanzó un CBR (California Bearing Ratio) del 25%; añadiendo un 4% de cal, se alcanzó un CBR del 44%; y añadiendo un 6% de cal, se alcanzó un CBR del 60%. Se observó una reducción de la flexibilidad del suelo natural y un aumento de su capacidad portante como resultado de la adición de CaO al suelo.

En el año 2022, Tique Condori En el marco del presente proyecto de estudio denominado “Estabilización de suelos incorporando cal y aceites reciclados de vehículos automotores en el tramo Collacachi - Inchupalla, Puno 2022”. Esta investigación se realizó con la intención de optimizar la accesibilidad de las carreteras que no se encontraban asfaltadas. Los datos hallados según los especímenes in situ y las pruebas de laboratorio señalan que la subrasante cuenta con arcilla arenosa de menor plasticidad la cual fue estabilizada a través la suma de cal y aceites reutilizados, usando la metodología de Eades & Grim para hallar el contenido eficaz de cal el cual se halló en 6% y los aceites reciclados se incorporaron en porcentajes de 1%, 2%, 3%, 4% con un valor de CBR de California (95%) de 8, 9.8, 12 y 9.87 de forma respectiva para cada una de las que fueron muestreadas. En conclusión, la adición de 6% de cal y 3% de aceites reutilizados, que agrega cualidades hidrofóbicas a la superficie controlada, es el método más apropiado para el control de la subrasante en la zona Collacachi - Inchupalla, Puno 2022. Esta es la forma más apropiada.

2.2 Marco teórico

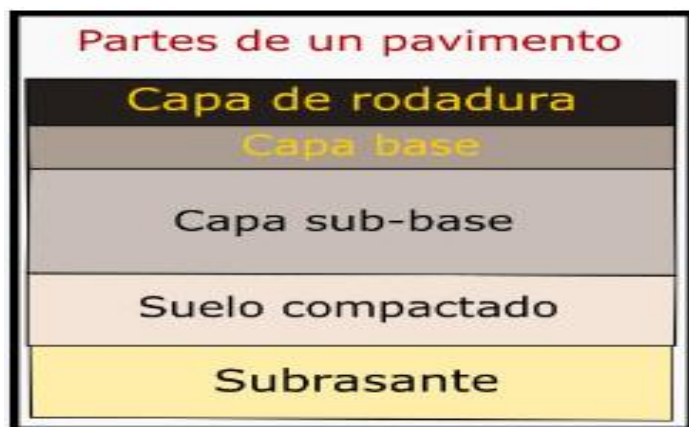
2.2.1 Pavimento

La autopista está formada por una serie de niveles puestos una con la otra que tienen una forma razonablemente horizontal. Estas capas se fabrican con materiales adecuadamente compactados y bien planificados desde la referencia técnica. El subsuelo

de la carretera que se adquiere mediante excavación durante la exploración es esencial para la construcción de estas estructuras estratificadas, que deben ser capaces de soportar suficientemente las repetidas cargas de tráfico que se espera que se produzcan a lo largo de la vida útil para la que se planificaron. (Montejo, 2006).

Figura 1

Partes de un pavimento



2.2.1.1 Partes de un pavimento

- ✓ **Capa de rodadura o desgaste:** La superficie de la vía, compuesta por materiales como el hormigón bituminoso, el cemento Portland o los adoquines, sirve para aguantar de forma directa la masa de los coches.
- ✓ **Capa base:** Sirve de cimiento para la carretera, proporcionando estabilidad y distribuyendo el peso de las cargas del tráfico. La capa consistirá en material granular con un California Bearing Ratio (CBR) superior al 80%, o estará desarrollada con cemento, cal o asfalto.
- ✓ **Sub base:** Es un nivel con un espesor predeterminado que proporciona apoyo a la base y al respaldo. Además, se puede utilizar como medio para regular el drenaje o la acción capilar mediante la inclusión de material granular (con un Coeficiente de Soporte de California superior al 40%), cemento o tratamiento con cal.

- ✓ **Sub rasante:** La construcción de carreteras es un componente crucial del conjunto de la infraestructura viaria, y debe atenderse a criterios precisos, incluidas leyes, normativas y principios de modelo de carreteras establecidos por el MTC. Además, ofrece un refuerzo directo a la carretera, ya que se construye sobre la superficie nivelada del terreno natural o pavimento. La capa más baja de las excavaciones en el área orgánica consistirá en un sistema de pavimento construida con materiales del suelo cuidadosamente elegidos y con características deseables. Estos materiales se compactarán en muchas capas para proporcionar una construcción robusta que pueda soportar el tráfico sin verse comprometida. Las consideraciones clave en el modelo del sistema del pavimento son garantizar la estabilidad de la carretera en diversas situaciones de uso, teniendo en cuenta los patrones de tránsito y las cualidades de los elementos.
- ✓ En el desarrollo de la ejecución, es necesario comprimir los 0,30 m últimos de superficie por debajo de la subrasante hasta una densidad del 95% de la densidad seca límite obtenido en la prueba Proctor modificado.
- ✓ La capa de subrasante se sitúa en la base de la construcción del pavimento y debe poseer un valor de (CBR) inferior al 6%. Si se produce un incumplimiento, debe rectificarse utilizando el enfoque más adecuado, rentable y relativamente sólido.

2.2.2 Tipos de pavimento

- a) **Pavimentos flexibles:** Nivel asfáltico que se extiende sobre niveles granulares de mortero asfáltico, mantenimiento por encima bicapa, micropavimentos, macadán asfáltico, combinaciones asfálticas en frío y en calor.

Figura 2

Estructura del pavimento asfáltico



- b) **Pavimento semirrígido:** La composición comprende una capa de asfalto aplicada sobre un sustrato preparado con cemento o CaO. Esta variante de pavimento incorpora adoquines.

Figura 3

Estructura del pavimento semirrígido



- c) **Pavimento Rígido:** Un pavimento es una construcción compuesta en su mayor parte por una subbase granular, y además es posible ser granular y estar estabilizado con cemento, asfalto o CaO. Además, tiene una capa de soporte formada por placas de hormigón de cemento hidráulico que actúan como aglomerante, árido o aditivo. (MTC, 2013).

Figura 4

Estructura del pavimento rígido



2.2.3 Suelo

La superficie está formada por una combinación de partículas rocosas o minerales, junto con agua y aire. Las cualidades del suelo varían según las zonas debido a la presencia de diversos elementos. Además, muchos tipos de suelo presentan comportamientos distintos durante las actividades de construcción. La clase de superficie de una obra tiende significativamente en el modelo y los gastos asociados a la construcción de una estructura. Por lo tanto, la evaluación de la superficie ayuda a determinar la necesidad de más preparativos en la obra.

La superficie se compone de tres etapas diferentes: sólida, líquida y gaseosa. Las moléculas minerales, que forman el esqueleto estructural de la mayoría de los suelos, son responsables de la formación de la fase sólida. El humus humano o las moléculas naturales son absorbidas por las moléculas minerales. Según Cruz (2009), existen espacios porosos que se llenan con la etapa gaseosa y líquida que se localizan entre las moléculas que componen la etapa sólida.

Todas las obras en la rama de la ingeniería civil se basan de una u otra manera en el suelo, y varias de estas obras emplean la superficie como material constructivo de terraplenes, diques y rellenos de forma genérica. A raíz de esto, los siguientes elementos



incidirán en la estabilidad de estas obras, así como en su desenvolvimiento funcional y estético.

2.2.4 Granulometría de la Superficie.

Como indica el MTC (2014), el objetivo de la evaluación granulométrica de una superficie es conocer el porcentaje de sus distintos materiales que lo componen, que se organizan en relación de su granulometría. Es a partir de esta clasificación que se conceptúan los nombres de grava, arena y elemento fino (limo y arcilla).

2.2.5 Organización de suelos

(Braja, 2010), Basándose en el comportamiento ingenieril de los suelos, se crean grupos y subgrupos para los suelos que tienen cualidades comparables entre sí. Es posible transmitir de forma compacta amplias propiedades de los suelos mediante sistemas de clasificación, que proporcionan un vocabulario común para ello. Estas características pueden modificarse indefinidamente sin necesidad de más explicaciones.

2.2.5.1 Organización AASHTO

La AASHTO, en su designación M 145 - 91 (especificación estándar para la organización de superficies y combinaciones de áridos con fines de ejecución de carreteras), proporciona una técnica para la categorización de la superficie en grupos (7), basada en la organización granulométrica, el LL y el IP. Este procedimiento pretende facilitar la construcción de carreteras. Mediante el "índice de grupo", que es un dato derivado de una operación empírica, se lleva a cabo el análisis del suelo incluido en cada conjunto.

Con el fin de determinar la calidad relativa del elemento que compone la superficie para su utilización en construcciones de movimiento de tierras, subrasantes, terraplenes, subbases y bases, debe utilizarse el grupo de clasificación, que incluye el índice de grupo.

➤ Índice de grupo

Es hallado en base a la ecuación empírica a continuación



$$IG=(F-35) [0.2+0.005 (LL-40)] + 0.01 (F-15) (IP-10)$$

Donde:

IG=Índice de grupo

F=es el % de partículas que son capaces de atravesar el tamiz de 75 μ m (n $^{\circ}$ 200), representado como un número entero. El material que pudo pasar por el tamiz de 75 mm (3") es el único fundamento de este porcentaje

LL=Límite líquido

IP=Índice de plasticidad

De acuerdo con la siguiente tabla, el MTC (2014) determina las clasificaciones del suelo subrasante que se basan en el valor de su índice de grupo:

2.2.5.2 Organización SUCS (Sistema unificado de clasificación de suelos)

Se trata de un cambio y adaptación más grande del esquema de categorización que Arthur Casagrande presentó en 1942 para los aeropuertos.

En los campos de la ingeniería y la geología se utiliza un sistema de organización de superficies llamado como Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) para expresar las especificaciones de un suelo, incluida su textura y granulometría. Este método de categorización, que se simboliza mediante un símbolo formado por dos letras, puede utilizarse para la mayoría de los materiales que no están consolidados. A continuación se describe cada letra, a excepción de la letra Pt. Antes de poder clasificar el suelo, primero hay que clasificarlo, lo que puede hacerse por tamizado o mediante otros métodos. La clasificación de Casagrande modificada es otro nombre para esta clasificación (Crespo, 2004).

Los siguientes símbolos se utilizan con fines de identificación dentro del Sistema Unificado.

Tabla 2*Símbolos para fines de reconocimiento de suelos en el Sistema Unificado*

Símbolo	Descripción
P	Mal graduado
W	Bien graduado
L	Baja plasticidad
H	Alta plasticidad
O	Limos orgánicos y arcilla
C	Arcilla
M	Limo
S	Arena
G	Grava

Nota. Tomado de Das 2012

Este esquema separa las superficies inicialmente en grandes conjuntos (2): granos gruesos y granos finos.

2.2.5.2.1 Organización para superficies gruesas

Hay más de un cincuenta por ciento de granos en el primero que son más grandes que el tamiz n.º 200 (0,075 mm). Se denotan con el signo G si >50% de las moléculas gruesas, medidas en peso, se mantienen en el tamiz n.º 4 (4,75 mm), y se denotan con el valor S si >50% de las moléculas gruesas pueden atravesar el tamiz n.º 4 (4,75 mm). Para describir la gradación, se añade una segunda letra a la G o a la S: W, que señala una correcta gradación con pocos o ningún fino; P, que indica una gradación pobre, sin variantes o no continua con pocos o ningún fino; M, que señala que la zona contiene limo o limo y arena; C, que indica que la zona tiene arcilla o arena y arcilla (NTP 339.134, 1999).

Es posible establecer una correlación entre los esquemas de categorización de suelos AASHTO y SUCS del siguiente modo:



2.2.6 Procedencia de los Suelos Arcillosos

Las arcillas, según la definición de Crespo (2004), son componentes sólidos que tienen un diámetro menor a 0,005 milímetros y cuya masa tiene la propiedad de volverse flexible al mezclarse con líquido mediante el proceso de mezclado.

Los agentes químicos de descomposición, como afirman Juárez y Rico (2005), son los responsables de la formación de un producto último como la arcilla a partir de una gran variedad de sustancias, en su mayoría silicatos que están presentes en las rocas ígneas y metamórficas. Las arcillas, en cambio a los suelos gruesos, tienen una estructura que influye mucho en su desenvolvimiento mecánico. En particular, la formulación mineralógica de las arcillas influye considerablemente en su comportamiento mecánico.

El reducido tamaño de las moléculas de las superficies cohesivas, inferior a 0,063 milímetros, es la razón por la que tienen una elevada superficie específica, como afirman Kraemer et al. (2004). Las arcillas son un ejemplo de suelos cohesivos. Como consecuencia de ello, tienen una gran disposición para retener agua, lo que se representa en fluctuaciones de volumen provocadas por las diferencias de humedad. Además de hincharse y contraerse, los suelos cohesivos también pueden mostrar una reducción de su poder de resistencia.

2.2.6.1 Minerales que conforman las arcillas

De acuerdo con las conclusiones de Juárez y Rico (2005), las arcillas están formadas principalmente por silicatos de aluminio con agua. Existen otros silicatos de magnesio, hierro y otros elementos que pueden clasificarse como arcillas. Estos silicatos están igualmente hidratados. La presencia de silicatos de otros metales en las arcillas sólo es posible en circunstancias poco habituales. Estos minerales casi siempre tienen una estructura cristalina que puede describirse con precisión. Los átomos que componen estos minerales están dispuestos en láminas y pueden clasificarse como silíceos o aluminosos.

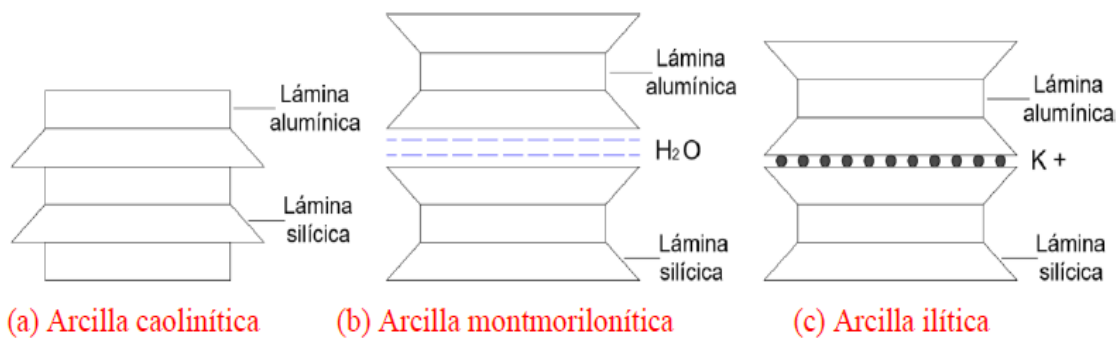


Según Crespo (2004), los minerales arcillosos pueden organizarse en clases primarias (3) en relación de la disposición reticular de sus estructuras cristalinas. Estas categorías de minerales son las siguientes:

- A. **El caolínítico:** Este hecho concreto puede remontarse a la carbonatación de la ortoclasa, también denominada feldespato potásico. Las arcillas caolíníticas están conformadas por una capa silícica y otra aluminosa que se superponen indefinidamente y con tal unión entre sus entramados que no dejan la penetración de partículas de líquido entre estas. Esto se debe a que desarrollan un nivel electrónicamente neutro, lo que hace que estas arcillas sean bastante controlables en existencia de líquido.
- B. **El montmorilonítico:** Se crean por la superposición indeterminada de una capa aluminosa entre dos capas silíceas, pero con una débil unión entre sus retículos, esto permite que el líquido se infiltre fácilmente en su sistema. La bentonita es un tipo de mineral que pertenece a esta categoría. Cuando estas arcillas entran en contacto con el líquido, experimentan una importante expansión, lo que causa su descontrol.
- C. **El íltico:** Son un elemento de la hidratación de las micas y tienen una disposición reticular comparable a la de las arcillas montmorilloníticas. Sin embargo, tienen tendencia a desarrollar grumos debido a la existencia de potasio, que disminuye la superficie expuesta al líquido. Este es el por qué la que no son tan expansivas como las arcillas montmorilloníticas.

Figura 5

Minerales que conforman la arcilla en relación a su arreglo reticular



Nota. Tomado de Crespo 2004

También menciona que las arcillas, independientemente de que sean caoliníticas, montmorilloníticas o ilíticas, son flexibles, se encogen cuando se secan, presentan una cohesividad notable en función de su humedad, son compresibles y, cuando se aplica un peso sobre su suelo, se contraen despacio.

2.2.6.2 Reconocimiento de los minerales de la arcilla

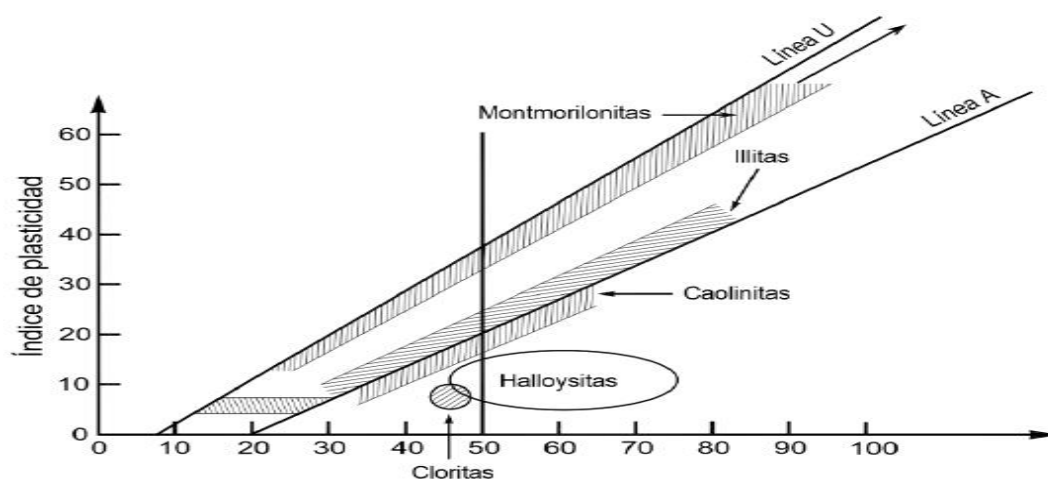
Holtz et al. (2011) afirman que la identificación de los minerales arcillosos no se puede lograr utilizando las técnicas mineralógicas ópticas convencionales que se utilizan en geología. En consecuencia, es necesario recurrir a métodos adicionales. Los minerales de arcilla se caracterizan por su diminuto tamaño. Los rayos X son difractados por sustancias que tienen estructuras cristalinas organizadas en patrones regulares o repetidos. Los minerales que tienen diversas partes cristalinas tendrán patrones de difracción de rayos X distintos entre sí; estos se utilizan en la primera etapa del proceso de identificación de minerales. No obstante, surgen problemas con los suelos compuestos por minerales arcillosos mezclados, los suelos que incluyen moléculas orgánicas y otros elementos minerales no arcillosos, y los suelos que tienen minerales mezclados en capas. En los casos más habituales, no es posible llevar a cabo un estudio cuantitativo exhaustivo; la única información que puede obtenerse son los minerales presentes y una estimación de la cantidad de cada mineral.

Además, mencionan el análisis térmico diferencial (ATD), que es otro método que se utiliza ocasionalmente para detectar minerales arcillosos. En un horno eléctrico, una muestra del suelo desconocido se calienta a un ritmo uniforme de varios cientos de grados, y se determina el contraste de temperatura entre el espécimen y el material inerte. El elemento inerte de control también se calienta al mismo ritmo. El registro de estas variables puede contrastarse con los de elementos conocidos esto ya que las reducciones de líquido y las variables de fase se producen a determinadas temperaturas que son exclusivas de ciertos minerales arcillosos. La pérdida de peso del espécimen que se produce como resultado del calentamiento se evalúa en un procedimiento bastante similar a éste y que se conoce como análisis gravimétrico térmico (TGA).

Por último, señalan un método sencillo que fue propuesto por Arthur Casagrande. Este método es capaz de proporcionar un rango acerca de la conformación mineralógica de un suelo arcilloso, al menos desde la perspectiva de la ingeniería. Este método se muestra en la figura siguiente. También se incluyen en este enfoque otros métodos, como las evaluaciones más avanzadas de difracción de rayos X y DTA-TGA:

Figura 6

Reconocimiento de minerales habituales de arcilla en la carta de plasticidad



Nota. Holtz et al. 2011 (Desarrollado por A. Casagrande 1948).

En general, los ensayos de LP y LL se realizan en la porción del suelo que es capaz de pasar por un tamiz de 0,425 milímetros de diámetro.

En su estudio de 2016, Ameratunga y sus colegas especulan que esta proporción es posible incluir arcillas, limos y quizás ciertas arenas finas. El comportamiento de dos arcillas que tienen similar o igual IP podría ser considerablemente diferente entre sí en función de las características mineralógicas y la concentración de arcilla de las arcillas.

2.2.6.3 Compresibilidad de las arcillas

Según Fratelli (1993), la comprensión de las superficies es una cualidad que la diferencia de la roca dura y otros elementos. Esta característica se centra en la disposición de la superficie de alterar significativamente su estructura interna, volviéndose así más compacto al tiempo que disminuye su volumen. Es posible que la humedad y el aire sean evacuados de una masa arcillosa húmeda cuando se consolida, lo que da como resultado en una pérdida de masa que no se logra recuperar de inmediato cuando se retira el peso.

Según Crespo (2004), la comprensión de las arcillas es un parámetro muy utilizado en la operación de asentamientos de edificios para superficies generalmente consolidadas.

El índice de compresión, a menudo conocido como C_c , es una medida de la compresibilidad de un suelo. Es una medida que puede obtenerse utilizando correlaciones empíricas basadas en el estado del espécimen de arcilla.

La siguiente tabla proporciona un esquema de organización de la compresibilidad de los suelos arcillosos, que pueden clasificarse en valores bajos, medios o altos:

Tabla 3

Compresibilidad de una superficie en relación de su índice de compresión C_c

Índice de compresión (C_c)	Compresibilidad
0.40 a más	Alta
0.20 a 0.39	Media
0 a 0.19	Baja

Nota. Tomado de Crespo 2014

2.2.6.4 Suelos arcillosos expansivos

Acorde con Montejo (2002), son los tipos de superficies que presentan un gran cambio de dimensión cuando son sometidos a variaciones de humedad. Estos suelos son responsables por causar dificultades en estructuras como pavimentos, razón por la cual es importante identificarlos y tratarlos con precisión.

Según Crespo (2004), cuando estas arcillas se humedecen, pasan por un período de expansión significativa, y cuando se secan, pasan por un período de contracción significativa. Además, menciona que las arcillas expansivas suelen distinguirse por su elevado LL y un elevado IP, ambos resultados de una gran concentración de minerales activos.

La investigación realizada por Das (2012) indica que las arcillas expansivas, en general, poseen un LL y un IP superiores a 40 y 15, de forma respectiva. También, menciona que la zona activa es la profundidad en un suelo que es capaz de experimentar fluctuaciones periódicas en los niveles de humedad. Se trata de un término que se utiliza a menudo.

2.2.7 Subrasante

La subrasante es el apoyo natural preparado y consolidado, según Menéndez (2013). Es la base sobre la que se puede construir un pavimento. Si bien es responsabilidad de la subrasante proporcionar un soporte generalmente uniforme y que no experimente variables bruscas en el valor de la disposición portante, es imprescindible extremar las precauciones cuando se trata de la expansión de los suelos. Los parámetros físicos, las cualidades de rigidez (módulo resiliente y CBR) y las especificaciones hidráulicas (permeabilidad) son algunas de las variables importantes que deben analizarse en la subrasante.

A los efectos de la coronación de la subrasante, se consideran materiales aceptables los suelos que tienen un CBR igual o superior al 6%.

Se indica en el MTC (2014) que una vez calculado el dato del índice CBR de modelo para cada sector que presente especificaciones iguales, se identificará a qué sector de subrasante que posee el sector o subtramo referenciado.

Es necesario que las superficies de la subrasante bajo el nivel límite de la subrasante tengan un espesor límite de 60 cm del elemento que corresponde al sector dado para designar el sector de subrasante que se muestra en el cuadro que se encuentra arriba. En caso contrario, los suelos de la subrasante se asignarán a la categoría inmediatamente inferior en calidad.

También se recomienda por el MTC (2014) que la subrasante debe estar al menos 60 cm por encima del nivel freático cuando se hable de una subrasante eficiente o muy eficaz (con un CBR que valga al menos 20%), a 80 cm cuando se trate de una subrasante óptima o regular (con un CBR que valga entre 6% y 20%), a 100 cm cuando se trate de una subrasante ineficaz (con un CBR que valga entre 3% y 6%), y a 120 cm cuando se trate de una subrasante incorrecta (con un CBR de 3%). Hay que elevar la subrasante hasta el nivel requerido o instalar subdrenes, capas anticontaminación o capas de drenaje, dependiendo de si son necesarias o no.

Los parámetros que determinan la reacción de la subrasante. En general, el desenvolvimiento de una subrasante viene determinado por tres cualidades fundamentales, interconectadas entre sí. Estas cualidades son las siguientes.

- A. **La capacidad soporte:** La subrasante debe ser capaz de aguantar los pesos transferidos por el sistema del firme. Esta capacidad se basa acorde a la clase de superficie, del grado de consolidación y del contenido de humedad de la superficie. El pavimento se diseña para acomodar el tráfico de vehículos proporcionando una superficie por la que sea agradable circular. Por lo tanto, es requerido que la subrasante sea capaz de aguantar una cantidad significativa de repeticiones de carga sin sufrir ninguna deformación.

- B. **Contenido de humedad:** Las condiciones de drenaje, la elevación del nivel freático, la infiltración y otros factores son las primeras variables que influyen en el contenido de humedad. En presencia de las cargas de tensión que imponen los automóviles, una subrasante que tenga un alto contenido de humedad puede experimentar una deformación temprana. (Ramón, 2013 pág. 7).
- C. **Contracción y/o expansión:** El grado de plasticidad y la cantidad de humedad presentes en ciertos suelos determinan si se expanden o contraen. Si es que no se toman las dimensiones adecuadas, cualquier pavimento que se construya sobre estos suelos tendrá tendencia a romperse y/o degradarse antes de tiempo.
- D. Para no llegar a que las deflexiones admisibles en la subrasante superen los límites normados, Por tanto, es fundamental garantizar que la presión ejercida por el peso se mantenga por debajo del peso máximo transmitido a la tierra. Para ello, es fundamental evaluar el tráfico de diseño, que incluye las repeticiones de carga, las deflexiones máximas proyectadas y la F^c del elemento utilizado para la mejora. (Ramón, 2013).

2.2.8 *Especificaciones de las Estabilizaciones*

Cuando se estabiliza una superficie orgánica, se mejoran sus cualidades mecánicas. Esta categoría abarca resistencia al corte, deformabilidad, compresibilidad, estabilidad volumétrica en presencia de agua y otras propiedades relacionadas. El objetivo de estabilizar un suelo natural es establecer una relación tensión-deformación deseable entre la superficie y el sistema que se construye sobre él durante su vida de servicio.

Un suelo existente puede mejorarse con la adición de una sustancia, que es lo que se conoce como estabilización de suelos. Entre los beneficios directos que se obtienen de la estabilización destacan: el aprovechamiento de suelos de baja calidad, lo que permite



evitar su extracción y transporte a vertederos; la reducción de la sensibilidad de los suelos al agua, lo que aumenta su resistencia a la erosión, heladas y demás elementos del clima; la posibilidad de dejar la circulación por zonas poco practicables; y la adquisición de un suelo estable para aguantar el apoyo de las infraestructuras lineales que apoyan esquemáticamente con él. El control con cal y el control con cemento son las dos técnicas más utilizadas. Sin embargo, también se utilizan aditivos adicionales, en particular desarrollos de control que incluyen ligantes hidrocarbonados y control con cloruros. (Yepes, 2015).

Es posible que el deseo de controlar los suelos sea el resultado de una combinación de múltiples requisitos:

- ✓ Reducir la cantidad de asentamientos que experimentan las construcciones.
- ✓ Es necesario disminuir el potencial de expansión y contracción de las superficies.
- ✓ Optimizar la resistencia de las superficies. Para mejorar el proceso de ejecución.
- ✓ Con el fin de disminuir la permeabilidad de suelos específicos.
- ✓ La meta es reducir la probabilidad de que se produzcan daños como consecuencia de la congelación y descongelación gradual de los elementos del suelo.
- ✓ Como medida temporal, optimiza las cualidades de la superficie (sólo durante la fase de ejecución) (Nolasco, 2015).

Por otra parte, el uso de la estabilización no debe verse sólo como una solución reparadora, sino como una medida preventiva o de seguridad frente a situaciones desfavorables que puedan surgir en el desarrollo de elaboración o durante la vida útil del sistema.

2.2.8.1 Formas de estabilización de suelos

Hoy en día, hay infinidad de técnicas de control. Las que aquí se describen son las maneras de estabilización más reconocidas. No obstante, es importante recordar que existe un gran número de otras maneras más particulares que se excluyen aquí.

- ✓ El control mecánico se refiere al proceso de estabilización de un material por métodos químicos, a menudo realizado mediante la incorporación al material de agentes estabilizantes especializados como cemento, sales, CaO, asfalto u otras sustancias similares.
- ✓ La estabilidad térmica puede lograrse mediante el uso de calor o calcinación.
- ✓ Estabilización por medios electroquímicos.

Entre las anteriores, se explicarán de forma concisa las formas que se utilizan con más frecuencia, incluyendo la estabilización química, la estabilización mecánica y otras.

2.2.8.1.1 Estabilización mecánica

El objetivo del control mecánico es optimizar las cualidades de la superficie. Consta en optimizar el bloqueo mecánico mediante el uso de operaciones de compactación, que pueden ser estáticas o dinámicas. Además, el procedimiento implica la incorporación de roca triturada o el uso de cribado con el fin de excluir las partículas de un determinado tamaño que sean perjudiciales para los objetivos de ingeniería. La compactación, la vibración y el uso de explosivos son los métodos que se utilizan para lograr esta forma de estabilidad.

2.2.8.1.2 Estabilización química

Se entiende por control químico la utilización de un elemento estabilizador químico que, combinado con el suelo, tiene por objeto estabilizarlo. El término “estabilización química” hace alusión al proceso de alteración de las características

de la superficie a través de la aplicación de efectos superficiales físico-químicos a través de la incorporación de diversas sustancias como cal, cemento, asfalto, cloruro sódico y permeabilizantes, y demás. La construcción de un proyecto de carretera es un buen ejemplo de ello; estos aditivos químicos suelen aplicarse a las bases, subbases y terraplenes de la carretera para garantizar su estabilización. El proyecto incluirá la correcta selección y denominación del agente estabilizador que se utilizará. (Duarte, 1015).

Estos elementos se utilizan para controlar la plasticidad, gestionar la variación de volumen y aumentar el aguante. El cemento Portland, el asfalto, el cloruro sódico, las cenizas volantes, el cloruro cálcico y los residuos de papeleras son algunos de los agentes químicos más utilizados. (Rodríguez, 2008).

Figura 7

Formas de lograr la estabilización



2.2.9 Cloruro Sódico (NaCl)

Es posible NaCl sódico en el mercado en cristales de gran tamaño o en polvo fino y de diversos tamaños de pureza; esta propiedad indica que el NaCl puede actuar como enlace entre partículas (Gárnica, 2002). El cloruro de sodio está formado por cristales que son sencillos a la hora de diluirlos en agua y cuentan la disposición de atraer y acumular agua líquida o vapor cuando está presente.



Es posible obtener cloruro sódico (NaCl) mediante tres enfoques distintos. El primer enfoque implica el uso de rayos solares, lo que implica la colocación de agua salada (agua de mar) en zonas donde la fuerza del sol evapora el líquido, generando la formación de residuos de sal. La segunda forma implica la recolección de sal de las minas de sal que se encuentran dentro de la nación, y el tercer enfoque abarca la utilización de hornos industrializados que evaporan el líquido del océano y recogen los restos que luego se transforman en sal.

Además del desarrollo de microcapas de sal y la disminución de la variación de la humedad, la suma de sales al elemento granular y a las arcillas provoca una reducción de la contracción volumétrica de estos materiales. Esto, junto con la formación de microcapas de sales, mantiene las partículas más juntas, lo que a su vez las hace menos receptivos a la abrasión causada por el tránsito y el desgaste.

Además de su uso en carreteras, donde puede emplearse para estabilizar firmes, bases, subbases, suelos naturales o subrasantes, la estabilización con sal también puede utilizarse en otras áreas, como pistas de aeródromos, aparcamientos, centros de consumo, supermercados, escuelas, pistas polivalentes, parques infantiles, estadios y otros lugares, como almacenes al aire libre y patios industriales, aceras y otras áreas. En pocas palabras, puede congeniar de forma sencilla a una amplia gama de usos adicionales. Además de ser imprimadas, doblemente tratadas, asfaltadas u hormigonadas, las superficies estabilizadas con sal no tienen más restricciones que las impuestas por los productos que se van a usar. En la estabilización salina, como en otro método, la calidad de la obra final se basará de los elementos que se usen, así como del compromiso del constructor con una técnica constructiva adecuada y con las directrices generales que le proporcione el distribuidor. (Nolasco, 2015).

Tabla 4*Cualidades comunes de la sal (Cloruro de Sodio)*

Cualidades	Limites
Tamiz 1.18 mm (N°16)	50-70%
Tamiz 4.75 mm (N°4)	20-55%
Ion Sulfato, %	0.125-0.355
Ion Magnesio, %	0.002-0.074
Ion Calcio, %	0.035-0.910
Materia Insoluble, %	0.007-0.175
Humedad, %	2.00-3.60
Cloruro de sodio, %	98.00-99.70

Nota. MTC, 2013

2.2.9.1 Estabilización con cloruro de sodio (NaCl)

El cloruro sódico, más conocido como NaCl, es un insumo que puede encontrarse en modelo de cristales. Es higroscópico, lo que significa que se disuelve rápidamente en agua, y es fácilmente accesible. Debido al aumento de la tensión superficial, se cree que añadir sal a los suelos podría reducir potencialmente la temperatura a la que empieza a evaporarse el agua. Esto se debe al aumento de la tensión superficial. Por otro lado, cuando la superficie expuesta es menos que la cantidad de evaporación, ésta comienza a secarse y el NaCl cristaliza tanto en el suelo como en los huecos. Es posible que esta cristalización ayude a la construcción de una pared que impida que se produzca más evaporación. La incorporación de cloruro sódico en una arcilla genera una disminución de la contracción dimensional, la formación de costras superficiales y una disminución de la varianza de la humedad; además, retiene colectivamente los elementos no arcillosos y que están en el suelo, se separan menos fácilmente cuando sufren los ataques abrasivos de la circulación.

Se cree que el crecimiento de la tensión superficial que se lleva a cabo como resultado de la adición de sal es el responsable de retrasar la evaporación del agua.



Por otra parte, la superficie comienza a secarse y el NaCl cristaliza en la superficie y en los huecos, lo que puede contribuir a construir una pared que impida una mayor evaporación. Esto ocurre cuando el aporte de líquido al suelo expuesto es menor que la evaporación. La sal es un estabilizador orgánico que altera el sistema del elemento pétreo, optimizando así sus características físicas. Esto, a su vez, se suma a un aumento de la resistencia de la piedra a las tensiones de tracción y compresión, lo que a su vez conduce a una reducción de la permeabilidad. A pesar de que puede utilizarse en cualquier clase de superficie, su eficiencia disminuye cuando hay existencia de materia orgánica. Es bien sabido que el cloruro sódico es muy soluble en líquido, lo que le deja diseminarse sencillo y rápidamente por toda la masa del suelo. En consecuencia, la sal disuelta se transporta por los espacios de la superficie que rellena. El contenido de humedad de la combinación suelo-sal disminuye a medida que avanza el tiempo de fraguado. La cristalización del NaCl dentro de los espacios de suelo que rellena como sólido es posible gracias a la pérdida de agua que se produce con el tiempo. Se prevé que esto dé lugar a un incremento de la densidad de la superficie.

2.2.9.2 Maneras de usar el cloruro de sodio a las superficies

Hay varias cualidades del suelo que mejoran con la estabilización con cloruro sódico. Del mismo modo que otras técnicas de estabilización necesitan una manera adecuada para combinarse con la superficie que se va a controlar, el cloruro sódico también requiere una manera correcta para combinarse con la superficie con el fin de limitar los problemas de salud que se plantean a los trabajadores de la obra y crear una combinación suelo-cloruro sódico que desarrolle óptimos datos obtenidos.

Si bien el cloruro sódico puede administrarse directamente a la superficie que debe tratarse, como es el caso de la mayoría de las estabilizaciones, puede determinarse una relación porcentual para garantizar que el suelo se estabilice adecuadamente.

A continuación, se enumeran las numerosas aplicaciones del cloruro sódico:

- ✓ **En grano:** La aplicación de este enfoque no es completamente satisfactoria porque, incluso después de homogeneizar el suelo con cloruro sódico, sigue habiendo partes del suelo que tienen una proporción menor de cloruro sódico en comparación con otras partes del suelo. La homogeneización de la combinación suelo-cloruro sódico puede realizarse fácilmente mediante el uso de técnicas prácticas, lo que elimina la necesidad de la prueba de laboratorio. Esto garantiza que el cloruro sódico estará presente en todo el espécimen de la superficie. (Roldan, 2010).

Figura 8

Uso de NaCl en grano



Nota. Roldan, 2010

- ✓ **En salmuera:** El uso de este proceso de dilución del agua da lugar a la producción de salmuera, que se administra al suelo de forma controlada. La salmuera rellena eficazmente las grietas entre las partículas del suelo, estableciendo así un enfoque eficaz al tiempo que suministra la cantidad ideal de humedad al suelo. Dado que la sal es un elemento oxidante, el

proceso de elaboración de la salmuera conlleva la posibilidad de causar daños al equipo que se utiliza para producirla. (Roldan, 2010).

Figura 9

Control de polvo y estabilización de caminos con cloruros



2.2.9.3 Pros y contras de cloruro de sodio (NaCl)

A) Ventajas

- Es un estabilizante orgánico.
- Aumenta la cohesividad y la resistencia del suelo.
- Con un bajo punto de congelación.
- La superficie de la carretera es más lisa, el tránsito es más seguro y la visibilidad mejora.
- En comparación con otras carreteras estabilizadas con productos químicos no salinos, las carreteras hechas con sal necesitan muy poca rehabilitación, y el proceso de reparado es sencillo y rentable.
- Bajo coste y sencillos requisitos de aplicación.

B) Desventajas

- Tiene más eficaces progresos en climas gélidos con problemas de congelación.
- Su eficiencia baja ante la existencia de elemento natural.

2.2.10 Cal

El óxido de calcio (CaO) y el hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) son dos ejemplos de sustancias químicas presentes en una amplia variedad de materiales. Cada una de estas sustancias es un compuesto conocido. Esta es la explicación de lo que significa el término. En lo que respecta a la industria de la construcción, el uso de cal y arcilla con el fin de producir estabilidad se remonta a los últimos cinco mil años. Las pirámides de Shersi se construyeron en el Tíbet utilizando una mezcla prensada de cal y arcilla como material de construcción. A lo largo de la historia, la cal estabilizada se utilizó en una variedad de aplicaciones en China y la India. Además, a pesar de que la calidad del producto se vio afectada negativamente como consecuencia de los procesos de preparación, que incluían la quema, la mezcla y la cremación, el producto seguía siendo de alta calidad. Después de eso, se aplica cal a la madera que se va a integrar en la estructura para curarla. La infestación de polillas y la propagación de termitas, que son un tipo común de plaga de la madera, se evitan como resultado de este proceso. Además, la cal es resistente tanto al agua como al sol, lo que la convierte en un componente apropiado para la construcción de este edificio dadas sus propiedades.

2.2.11 Clases de CaO

De acuerdo con la normativa europea UNE_EN 459-1, la cal de construcción se clasifica en las siguientes clases en relación de su composición química:

- ✓ Cal viva: es un compuesto que contiene óxidos de calcio y de magnesio. Se halla mediante el proceso de calentamiento de dolomita o piedra caliza.
- ✓ Cal hidratada: En el proceso de calentamiento de la cal viva, que está constituida por hidróxido, se produce cal hidratada.
- ✓ Cal hidráulica: Está constituida primariamente por hidróxido de calcio, silicato y aluminatos de calcio. Cuando se combina con agua o cuando se sumerge en agua, tiene propensión a volverse más sólida y más rígida. El



proceso de curado incluye una reacción con el dióxido de carbono existente en la atmósfera.

2.2.12 Estabilización con CaO

La cal es posible utilizarse en la agricultura de diversas maneras, y la cantidad de cal que se utiliza puede variar en función de la finalidad de la misma. La cal se utiliza en cantidades muy pequeñas con el fin de mejorar el suelo y proporcionar una desecación temporal. Este procedimiento tiene como resultado la creación de un lugar de trabajo para la construcción de una carretera temporal. Según Álvarez y Echeverri (1999), la estabilidad permanente puede lograrse mediante el uso de enfoques adecuados de investigación, diseño y construcción, así como un mayor grado de limpieza estructural.

La arcilla sufre una transformación en sus propiedades físicas, que son las características que definen su comportamiento inicial, cuando se le añade cal. Es factible resumir y discutir los impactos más comunes de la optimización, a pesar de que se ha indicado que la producción de un proceso u otro se crea en mayor o menor medida acorde a la mineralidad de la superficie, el ritmo de encalado y el tipo de encalado:

- ✓ La reducción de la humedad orgánica de la superficie.
- ✓ La modificación del tamaño de las moléculas.
- ✓ El crecimiento de la permeabilidad.
- ✓ La alta operabilidad.
- ✓ La disminución del IP.
- ✓ La disminución de la capacidad de alterar el volumen.
- ✓ El cambio de las cualidades de compactación.
- ✓ El aumento instantáneo de la consistencia.
- ✓ El aumento de la resiliencia a medio y largo plazo son beneficios que pueden conseguirse mediante el uso de esta técnica.

2.2.13 Ensayos de Laboratorio

A. Contenido de Humedad

La conexión entre el peso del líquido en una cierta cantidad de la superficie y el peso de las moléculas sólidas se denomina contenido de humedad de la superficie. Esta relación se representa en %. El contenido de humedad también se define como el contenido de humedad de la superficie. En 2016, el (MTC) publicó una página número 49.

Para determinar la cantidad de humedad presente en la muestra se usa la siguiente fórmula. (NTP 339.127, 1999).

$$P = \frac{100(W - D)}{D} \dots \dots Ec N^{\circ} 1$$

Donde:

P = Contenido total de humedad evaporable del espécimen en %

W = Masa de la muestra húmeda en gr.

D = Masa de la muestra seca en gr.

B. Evaluación granulométrica

El propósito de este enfoque es identificar la clasificación de una muestra y, basándose en esa clasificación, la aplicación más adecuada para la muestra (NTP 339.128, 1999). Esto se consigue tamizando la distribución granulométrica en cada tamiz de la muestra.

Tras la realización de esta prueba, se evalúan los pesos que se mantuvieron en los tamices y se halla el % para cada tamiz de la siguiente manera:

Porcentaje retenido parcial:

$$\%Retenido Parcial = \frac{Peso Retenido Parcial}{Peso Total} * 100 \dots \dots Ec N^{\circ} 2$$

Porcentaje retenido acumulado:



$$\% \text{ Ret. Acumulado} = \% \text{ Ret. Acumulado} + \% \text{ Ret. Parcial} \dots \text{ Ec N}^\circ 3$$

Proporción que pasa por el tamiz:

$$\% \text{ Pasa Tamiz} = 100 - \% \text{ Ret. Acumulado} \dots \dots \text{ Ec N}^\circ 4$$

C. Límites de Atterberg

La flexibilidad de la superficie no va acorde a los materiales gruesos que contiene, sino de forma única a los materiales finos que contiene. Es necesario recurrir al planteamiento esbozado por el sueco Atterberg, ya que la evaluación granulométrica no deja apreciar esta propiedad. Un suelo puede existir en una de estas tres fases: líquida, plástica o sólida. Este enfoque consiste en establecer las limitaciones que corresponden a cada uno de estos estados. Las limitaciones de Atterberg son las siguientes: el (LL), el (LP) y el (IP). Estos límites se denominan restricciones. LL, LP y PI son las notaciones internacionales más utilizadas, y es importante seguirlas. (NTP 339.129, 1999).

- **El Límite Líquido:** Según Juárez y Rico (2005), el fin de la copa de Casagrande es evaluar el contenido de agua de un suelo. La copa de Casagrande es una copa de bronce que se utiliza para este fin. En la copa de Casagrande, se deposita una pasta de suelo hasta una altura determinada, y se obliga a la copa a caer regularmente hasta llegar a la base.
- **El Límite Plástico:** Según Juárez y Rico (2005), el contenido de agua del suelo, que se indica cómo % del peso la superficie seca, es el factor que provoca la transición del suelo de un estado plástico a un estado semisólido. Según los resultados de los experimentos, el máximo de plasticidad es el nivel de humedad de la superficie que permite amasarlo sin deshacerse en moldes de tres milímetros de diámetro.
- LL y LP son dos de las características más notables, pero el IP, que se conceptúa como el contraste entre LL y LP, es también una propiedad muy interesante.



$$IP = LL - LP \dots \dots \dots Ec N^{\circ} 6$$

Dónde

IP: índice de plasticidad

LL: límite líquido

LP: límite Plástico.

Utilizando el IP, es posible organizar la superficie de manera satisfactoria. Una superficie con un elevado % de arcilla se caracteriza por un PI grande, mientras que una superficie con un bajo contenido de arcilla se caracteriza por un PI pequeño. En otras palabras, una superficie poco arcilloso se caracteriza por un PI diminuto. (Sanz, 1995)

D. Ensayo de compactación Proctor modificado

Por compactación se entiende cualquier procedimiento que produzca un aumento del peso volumétrico de la superficie. Cuando se trata de aumentar la resistencia de un suelo al esfuerzo cortante, reducir su compresibilidad y hacerlo más resistente al agua, la compactación de la superficie suele considerarse muy práctica. (NTP 339.141, 1999).

Tanto el Proctor Estándar como el Proctor Modificado se utilizan para hallar la densidad y la proporción de humedad de una determinada superficie. Esto se consigue creando una tensión mediante una energía de compactación determinada y bajando un pisón cilíndrico de 12 pulgadas y 18 pulgadas de altura a un envase cilíndrico de 4 pulgadas y 6 pulgadas de diámetro interior.

E. California Bearing Ratio (CBR)

El objetivo de esta prueba es hallar la disposición portante (también conocida como Relación Portante de California) de superficies y áridos consolidados en laboratorio con niveles óptimos de humedad y diversos grados de consolidación durante el transcurso del experimento. El objetivo de la prueba era definir y evaluar la disposición de una superficie para ser usado como subbase o elemento de base en la ejecución de carreteras y aeropuertos. La prueba fue creada por la División de Carreteras de California. En circunstancias

controladas de humedad y densidad, la prueba determina el aguante al cizallamiento de una superficie para lograr un % de coeficiente de soporte. El % CBR, también conocido como simplemente CBR, se define como la energía que es necesaria para que un pistón normalizado penetre a una profundidad dada, un espécimen de una superficie consolidada con un contenido de humedad y densidad dados, en comparación con la fuerza que se requiere para que el pistón penetre a la misma dimensión y con la misma velocidad, según una muestra que contiene un espécimen normalizado de elemento triturado. (Canales, 2008).

$$CBR(\%) = \frac{\text{Presion en el suelo}}{\text{Presion en el suelo patron}} * 100 \dots \dots \text{Ec N}^\circ 10$$

$$(\%) \text{ de expansion} = \frac{\text{lectura inicial} - \text{lectura final}}{127 (\text{altura del molde})} * 100 \dots \dots \text{Ec N}^\circ 11$$

Sumergir la muestra es necesario porque, si somos capaces de prever la hipotética situación de retención de humedad en la superficie y la hemos sugerido, penetraremos en ella con un pistón que está conectado a un pequeño “plotter” que desarrolla un modelo en el que se señala la carga en conexión con la dimensión a la que el pistón ha penetrado en el espécimen. Esta es la razón por la que la muestra está sumergida. (NTP 339.175, 1999).

2.3 Marco conceptual

1. **Arcilla:** Las arcillas se describen como moléculas de dimensión inferior a 0,002 milímetros. Las arcillas son en su mayoría moléculas submicroscópicas que pueden encontrarse en forma de escamas de mica, elementos de arcilla y otros elementos. Algunas moléculas con un tamaño que oscila entre 0,02 y 0,05 cm también se llaman arcillas en determinadas circunstancias. (Braja, 2001).
2. **Estabilización química de suelos:** El proceso de control químico de superficie es una técnica que implica la aplicación de un insumo químico, más comúnmente llamado estabilizante químico. Este producto químico debe ser mezclado a fondo



y de manera uniforme con el suelo que va a ser tratado y curado de acuerdo con las normas técnicas propias del producto durante todo el proceso.

3. **Cloruro de sodio:** La sal es un agente estabilizador orgánico que altera el sistema del elemento pétreo, optimizando así sus características físicas. Esto, a su vez, aumenta la resistencia de la piedra a las tensiones de tracción y consolidación, lo que a su vez provoca una reducción de la permeabilidad. A pesar de que puede utilizarse en cualquier clase de superficie, su eficiencia disminuye cuando hay existencia de materia orgánica.
4. **CAL – Oxido de calcio CaO:** Según el método de fabricación, se denomina cal rápida o cal hidratada.
5. **Contracción (factores):** Estándares relativos a variables de dimensión de una superficie.
6. **Relaciones humedad/densidad (Proctor):** Humedad vs. P.U. de suelos compactados (MTC, 2014).
7. **Contenido de Humedad:** La humedad del suelo, o contenido de humedad, se refiere a la conexión entre la masa de agua y la masa de partículas sólidas en una cantidad determinada de suelo, expresada en porcentaje. (NTP 339.127, 1999).
8. **Evaluación granulométrica:** La evaluación granulométrica se realizará a través de experimentos de laboratorio en los que se usarán tamices de diferentes tamaños de malla, en función de la separación de los cuadrados de malla. Los granos que atraviesan o son retenidos por el tamiz ya poseen cualidades específicas. (NTP 339.128, 1999).
9. **Granulometría:** La granulometría es el desarrollo de medición y clasificación de los granos de una formación sedimentaria, materiales sedimentarios y suelos con la meta de evaluar, tanto su procedencia como sus cualidades mecánicas, y calcular la abundancia de los granos que corresponden a cada uno de las



dimensiones previstas por una escala granulométrica. La granulometría también se conoce como granulometría. (Mingarro & Ordoñez, 1990).

10. Límites de Atterberg: Para determinar los contenidos típicos de líquido a los que una determinada arcilla triturada logra distintos niveles de consistencia relativa, establecen las variables.

11. Plasticidad: La plasticidad de los suelos puede atribuirse a la presencia de moléculas escamosas de dimensión coloidal en todo el suelo. Además, las moléculas escamosas son delegadas de la alta compresibilidad y la permeabilidad limitada que caracterizan a las superficies.

12. Proctor modificado: El planteamiento se basa en la evaluación de las densidades en seco de una serie de moldes que se han compactado en las mismas circunstancias, pero con cantidades variables de humedad. Al alcanzar una determinada densidad para cada contenido de humedad, estos pares de datos, que se expresan en coordenadas cartesianas, determinan la relación que se busca. (NTP 339.141, 1999).

13. California Bearing Ratio (CBR): La penetración de una fuerza en una masa de suelo es una medida que puede utilizarse para hallar el valor portante relativo de un suelo o sustancia. (NTP 339.175, 1999).

14. AASHTO: La norma para el diseño y cálculo de todas las carreteras. Sistema de organización que se basa en los datos obtenidos de ensayos de laboratorio que determinan la organización granulométrica, el LL y el LP de la sustancia.

15. SUCS: (Por sus siglas en inglés) Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.



CAPITULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación

3.1.1 *Nivel de investigación*

El objetivo del nivel de estudio explicativo es llegar a comprender las causas o razones que son responsables de un determinado suceso o acontecimiento que tiene lugar en un entorno natural. El propósito de esta investigación es proporcionar un razonamiento objetivo, auténtico y correcto. Se basa en la investigación de la interacción entre sucesos que suceden en el mundo real. En el contexto del proceso de investigación, la mencionada razón tiene en cuenta una serie de aspectos diferentes. (Carrasco Diaz, 2006).

3.1.2 *Tipo de investigación*

En el transcurso del análisis que se llevó a cabo, el objetivo era descubrir una solución a la teoría sugerida de control de superficies mediante la inclusión de una combinación formada por arcilla y grava. Además de eso, se examinará un análisis del comportamiento final del suelo. Por ser congruente con los objetivos y cualidades que se relacionan con la categoría de estudio conocida como investigación aplicada, este tipo de investigación se considera parte del área de investigación aplicada.

3.1.3 Método de investigación

Acorde a Sampieri, esta evaluación recurre al modelo experimental porque parte de una hipótesis que se pretende comprobar mediante una secuencia de pasos. Por ejemplo, los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio que dejaron inferir y determinar las conexiones entre variables para comprobar las hipótesis y compararlas con la experiencia demuestran que el método experimental es el más adecuado.

3.1.4 Enfoque de investigación

Dado que los datos obtenidos en los experimentos se utilizarán para validar nuestras hipótesis, en este estudio de investigación se da prioridad al enfoque cuantitativo.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Superficies arcillosas que conforman la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya.

3.2.2 Muestra

El muestreo no probabilístico de suelos arcillosos se consideró por juicio técnico o criterio, ya que la muestra se escogió basándose en los conocimientos y el criterio del investigador. Esto significa que la muestra no se basó en una probabilidad real. La decisión se tomará en base al Manual de Carreteras y en el juicio profesional de las personas implicadas. La Sección de Suelos y Pavimentos Parte (MTC, 2013).

3.2.3 Diseño muestral

Para los fines de esta investigación, la muestra consistió en un pozo de prueba que fue investigado a una altura de 1,50 metros, en la progresión Km 3+500. A continuación, se continuó con la extracción del elemento en las cantidades necesarias para las pruebas de laboratorio pertinentes.

Tabla 5*Calicatas extraídas*

Lugar	Calicata	Profundidad
Carretera Caminaca – Achaya	C1	1.50m

3.2.4 *Locación de la zona en estudio*

El laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román, fue el lugar donde se realizaron los ensayos de los materiales granulares y arenas aluviales recolectadas de las canteras evaluadas, así como en forma respectiva sus combinaciones. Además, se evaluó la capacidad portante.

3.2.5 *Métodos e instrumentos de recolección de información*

Exploración y toma de muestras:

Para la adquisición de estos datos fue imprescindible utilizar las siguientes herramientas:

- Equipo de excavación (pico, pala)
- - Instrumentos para medir el tamaño (cabrestante)
- - Equipo de protección personal, incluidos cinturones de seguridad, calzado de seguridad, guantes de seguridad y casco.
- Para transportar el material al laboratorio se necesitan sacos, cubos y bolsas de plástico.

Procedimiento:

Una vez determinada el área de investigación, realizamos una visita de campo para identificar las zonas más adecuadas para la extracción del material necesario y la realización de los ensayos pertinentes para el estudio.

Una vez concluida la delimitación de la zona, pasamos a la elección de los puntos de visualización para iniciar la excavación y la extracción del elemento, que luego transportaríamos al laboratorio para la evaluación del suelo.

Figura 10

Visualización de la CI



3.2.6 *Ensayos a realizar en el laboratorio*

a. **Ensayo de contenido de humedad de un suelo**

➤ **Equipo**

Para esta prueba de laboratorio se utilizó un horno de secado del material:

- Estufa de secado para el elemento.
- Balanza de precisión.
- Bowl o depósitos.
- Combinaciones de caucho.
- Bandejas de metal.

➤ **Procedimiento**

- La prueba inicial realizada con el material extraído consiste en hallar su contenido de humedad. Para ello, se obtuvo un espécimen utilizando combos de caucho y bandejas metálicas.
- Como experto en ciencia de materiales Una vez que tuvimos la muestra representativa, utilizamos la cubeta metálica y la balanza de precisión para determinar la masa húmeda del elemento.



- Al igual que un científico de materiales, analizo y estudio cuidadosamente diferentes materiales para comprender sus propiedades y comportamientos. A través de la investigación y la experimentación, adquiero conocimientos valiosos sobre cómo pueden utilizarse y manipularse los materiales para diversas aplicaciones. Es fascinante explorar el intrincado mundo de los materiales y Utilizando el hornillo para secar el material, procedimos a congelar el recipiente con el elemento seco antes de pesarlo para determinar el peso en seco.
- Como alguien que estudia los materiales... Tras completar la elaboración, se realizan los cálculos necesarios para hallar información sobre el contenido de humedad del espécimen.

b. Ensayo de granulometría

➤ **Equipo**

Para esta prueba de laboratorio se usaron los aparatos y/o instrumentos a continuación.

- Se incluyen el cubo de limpieza, la manguera y el tamiz 200.
- Se incluyen los siguientes tamices de la serie: Tamices de 3/8', N°4, N°200, N°100, N°80, N°50, N°40, N°20, N°10, de fondo y de tapa.
- Balanza digital.
- Tamizadora de metal.
- Incluye bandejas, un bol, un cazo, un cepillo, un cepillo metálico, un martillo de goma y un cepillo.

➤ **Procedimiento**

Cuando por fin tuvimos el material en nuestras manos en el laboratorio, lo primero que hicimos fue recoger una muestra indicativa del conjunto. A

continuación, iniciamos el proceso de trituración del espécimen con la ayuda de un martillo de goma para suprimir la presencia de grumos de elemento que teníamos en nuestro espécimen de superficie. Inmediatamente después, continuamos lavando la muestra de suelo utilizando una manguera, un cubo y un filtro con un tamaño de malla de 200.

Figura 11

Trituración de la muestra



Una vez finalizado el procedimiento de lavado, pasamos al siguiente paso, que consistía en secar el material para prepararlo para la prueba granulométrica que se iba a realizar a continuación. Tras el proceso de secado y el posterior enfriamiento del material, seleccionamos los tamices adecuados para nuestro experimento. Esta prueba se llevó a cabo con la ayuda de una tamizadora, que se utilizó para tamizar el material durante varios minutos, en total cinco.

Una vez finalizado el desarrollo de tamizado, se procedió a pesar el elemento restante en cada tamiz. Para ello, se retiró cuidadosamente cada tamiz de uno en uno y se vació su contenido en un cuenco que anticipadamente se había pesado y tarado en la balanza eléctrica. A continuación, utilizamos un cepillo metálico o un pincel (dependiendo del nivel de sensibilidad del tamiz que se estuviera utilizando) para retirar todo el material que había quedado retenido.

c. Límites de consistencia

➤ Procedimiento

En primer lugar, con el fin de hallar el elemento requerido para llevar a cabo la prueba correspondiente, empleamos el tamiz n° 40. Esto nos permitió identificar las limitaciones de consistencia de nuestras muestras. Esto nos permitió identificar las limitaciones de consistencia de nuestras muestras.

En cuanto a las muestras que debían combinarse con los aditivos (cal y cloruro sódico), decidimos combinar el material con el aditivo que le correspondía antes de pasarlo por el filtro.

Inmediatamente después de disponer del material necesario para realizar las pruebas, se puso en remojo durante un periodo de doce horas (un día antes de la prueba).

Figura 12

Tamizando la muestra



➤ Limite Liquido

El primer ensayo que hay que llevar a cabo es la determinación del LL, que se lleva a cabo con la ayuda de la Copa Casagrande. En esta situación concreta, es requerido disponer de entre 150 y 200 gramos de espécimen. También, para llevar a cabo esta prueba, es necesario utilizar la espátula Casagrande para enraizar el elemento que se va a probar dentro de la Copa Casagrande. A continuación, se utiliza la herramienta de ranurado para hacer

una abertura en el centro de la copa. La prueba consta en dejar caer la copa Casagrande y contar el número de golpes que se junta la ranura que se ha hecho previamente. Como resultado de este proceso, se tomarán tres muestras para determinar el contenido de humedad de cada una de ellas. La primera muestra tendrá entre 35 y 25 golpes, la segunda entre 30 y 20 golpes y la tercera entre 25 y 15 golpes.

Figura 13

Instrumentos del límite líquido



➤ **Limite Plástico**

Para realizar esta prueba, tendrá que utilizar una muestra que pese veinte gramos y una superficie que permita manipular el material de forma que pueda moldearse en cilindros. La prueba consistirá en formar cilindros con el material y asegurarse de que estos cilindros se rompen precisamente cuando tienen un diámetro de 3,2 milímetros, lo que equivale a un octavo de pulgada. En caso de que no se alcance este cilindro, se añade o se retira agua y el proceso continúa hasta que se alcanza el objetivo antes descrito.

Para determinar el LP del espécimen que se está ensayando, el procedimiento se realiza dos veces y se usarán taras metálicas de peso conocido para conocer el contenido de humedad del espécimen en ese instante. Es necesario repetir este procedimiento tanto con la muestra patrón como con el espécimen que ha sido

combinada con los distintos aditivos que se van a investigar en esta tesis (cal y cloruro sódico).

Figura 14

Ensayo del límite líquido



d. Proctor modificado

➤ Equipos

- Con un collar para el molde Proctor de 6'.
- Martillo Proctor o apisonador que ha sido modificado.
- Se trata de una regla metálica.
- Martillo de goma.
- Se utilizan balanzas.
- Se utilizan bandejas.
- Se trata de una malla n.º 4.
- Cilindro de plástico para medir.
- Un cucharón.
- Un cepillo.

➤ Procedimiento:

En total se necesitaron unos seis kilogramos de material para cada molde que se utilizó en esta prueba. La muestra se aplastó con un martillo de goma una vez pesada.

Para ayudar la extracción de la muestra compactada del envase, los moldes que se van a utilizar, así como el apisonador o martillo, deben estar bien limpios y cubiertos de aceite. Cuando terminamos de preparar el equipo necesario, seguimos vertiendo uno de los cinco componentes del elemento separado en el molde Proctor. A continuación, empezamos a golpearlo con el martillo, dejándolo caer 56 veces de forma horaria y después antihoraria en el molde Proctor. El método se repite cinco veces y, al concluir, retiramos el collarín y colocamos el espécimen en el molde con apoyo de la crimpadora metálica. En caso de que no haya suficiente material para poner en el molde, utilizamos el material extra que había en el collar y que se había pasado antes por el tamiz N4. Cuando terminamos, pesamos el molde junto con el espécimen compactado y la base del envase. Es importante tener en cuenta que para hacer los cálculos que correspondan, debemos pesar también el molde y la base del molde.

Con la pequeña salvedad de que antes de añadir el agua, procedemos a añadir la cal o cloruro sódico según el caso con la distribución de la dosis necesaria en referencia a la masa del elemento (arcilla) que se va a utilizar, el método que se ha descrito se sigue exactamente igual para los especímenes que incluyen aditivo.

Figura 15

Ensayo de Proctor





e. Ensayo de CBR

➤ Equipos

- Molde CBR + collarín.
- Apisonador o martillo CBR.
- Se incluye un disco espaciador, un vástago y pesos metálicos.
- Los moldes de CBR deben mantenerse totalmente sumergidos en recipientes de agua que tengan capacidad para ello.
- Dial con trípode para medir expansión.
- Pistón de penetración
- Enrasador de metal.
- Martillo de goma.
- Báscula.
- Bandejas.
- Malla N°4.
- Tubo de ensayo plástico.
- Cucharón.

➤ Procedimiento

Para realizar esta prueba, comenzamos separando y pesando el material adecuado, que es de seis kilogramos por cada molde. Una vez completado este paso, utilizamos un martillo de goma y bandejas metálicas con el fin de aplastar con éxito el material. Una vez realizado esto, la siguiente etapa fue combinar la muestra con el aditivo que se iba a utilizar, así como la dosis que se había decidido anteriormente.

Por lo tanto, para estar seguros de que el suelo tenía la cantidad de agua requerida, se procedió a probar el contenido de humedad del suelo en ese momento preciso.

Para ello, primero tomamos una muestra del suelo y luego lo sometemos a un

proceso de desecación en un ambiente controlado, como un horno, para después hallar la cantidad de humedad que contiene. Tras los resultados del test Proctor modificado, se calculó la cantidad de líquido que se iba a usar en función del contenido de humedad adecuado conseguido.

La cantidad de agua que se debe agregar al espécimen de suelo, que después se preparará para la prueba, se determinará restando el contenido de humedad óptimo del contenido de humedad medido en ese instante en particular. Esto nos permitirá determinar la cantidad específica de líquido que se debe incorporar a la muestra de suelo.

En cuanto la muestra está completa, iniciamos el proceso de dividirla en cinco trozos iguales para poder aplastarla en el molde. La muestra se compactó en cinco niveles, con el martillo cayendo 12, 26 y 56 veces sobre cada capa. Esto significa que se formaron tres moldes para cada muestra. Al concluir este procedimiento, estamos preparados para sacar el collar del envase y enraizar el espécimen con el apoyo de una regla de metal y la malla N4; después de esto, sacaremos el disco espaciador que estaba sobre la base del envase, volteamos el envase sobre su mismo apoyo, y lo aseguramos al mismo apoyo una vez más para poder conceptuarlo en masa.

Figura 16

Ensayo de CBR





CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación de resultados de la investigación

En esta investigación, realizamos varios ensayos de laboratorio, contando con evaluación granulométrica, límites de consistencia, proctor y CBR. El objetivo fue obtener resultados para el espécimen evaluado, tanto para la superficie orgánica como para la adición de cloruro de sodio y cal en porcentajes de 6%, 4% y 2%. Es crucial resaltar que en esta evaluación, el NaCl y la cal se aplicaron juntos y en proporciones homogéneas, concretamente al 50% cada uno.

4.1.1 Prueba de evaluación granulométrica

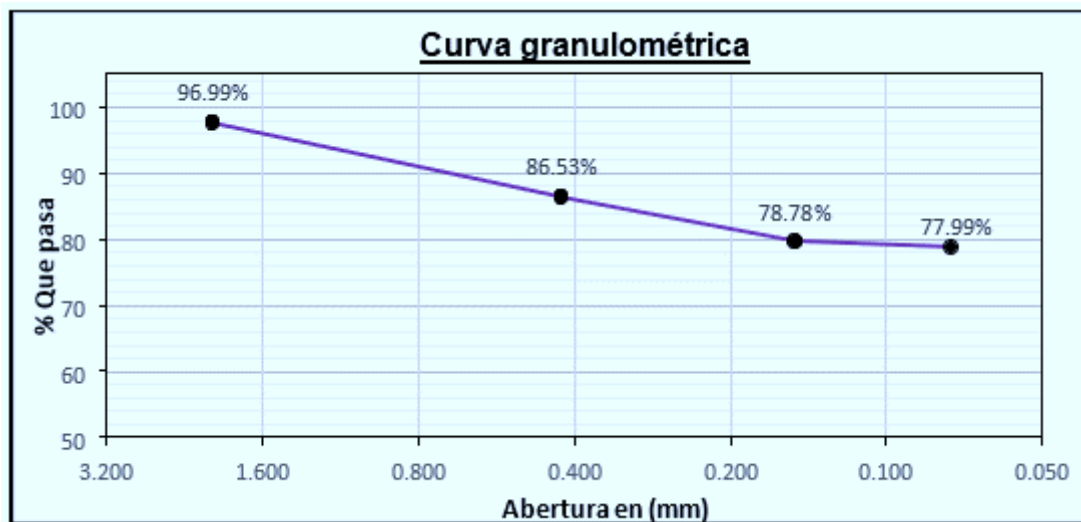
Tabla 6

Resumen del análisis granulométrico d la muestra natural C1

# Tamiz	mm	Análisis granulométrico	
		% Acumulado	% Que pasa
4	4.75	0.00	100
8	2.36	0.00	100
10	2.00	3.01	96.99
20	0.85	3.01	96.99
40	0.42	13.47	86.53
100	0.15	21.22	78.78
140	0.11	21.22	78.78
200	0.08	22.01	77.99

Figura 17

Curva granulométrica



Las tablas N° 14 y las figuras N° 17 proporcionan una representación visual de los valores hallados de la prueba de análisis granulométrico para la muestra natural. Se puede concluir que el 77,99% de todo el espécimen analizado pasa por el tamiz N° 200, lo que indica la presencia de tierra arcillosa.

4.1.2 Prueba de límites de consistencia de la muestra natural

Del mismo modo, a continuación, proporcionaremos los valores de las limitaciones de coherencia (LL, LP e IP) que figuran en la tabla 7.

Tabla 7

Resumen de Límites de consistencia muestra natural C1

LL % de contenido de humedad			LP % de contenido de humedad	
M1	M2	M3	M1	M2
51.50	49.76	49.99	26.73	26.34
50.42			24.08	

Tabla 8

Datos obtenidos de Límites de consistencia muestra orgánica C1

Límites de consistencia	C1
LL	50.42
LP	26.34
IP	24.08

Del mismo modo, examinando la tabla n° 16, es posible determinar que los datos para Límite Líquido y Límite Plástico equivalen al 50,42% y al 26,34%, respectivamente. Esto permite llegar a un número para IP que es igual a 24,08%.

Por otro lado, la categorización del suelo natural que fue investigado se muestra en la Tabla No. 9. Tanto para el esquema SUCS como para el sistema AASTHO.

Tabla 9*Organización de superficies sistema SUCS y AASTHO*

Sistema	Código	Descripción
SUCS	CH	Arcilla de alta plasticidad
AASHTO	A-7-6	Suelo arcilloso

4.1.3 Prueba de límites de consistencia de la muestra natural más la incorporación de cloruro de sodio y cal

Para el espécimen natural + 2% de NaCl y 2% Cal

Tabla 10*Resumen de Límites de consistencia MN + 2% de Cloruro de sodio y 2% Cal*

LL % de contenido de humedad			LP % de contenido de humedad	
M1	M2	M3	M1	M2
46.12	46.08	45.98	36.20	35.99
	46.06		36.1	

Tabla 11*Resultados de Límites de consistencia MN + 2% de NaCl y 2% CaO*

Límites de consistencia	MN + 2% de Cloruro de sodio y 2% CaO.
Límite líquido	46.06
Límite plástico	36.1
Índice de plasticidad	9.96

En la tabla N° 11, se muestran los valores que fueron adquiridos para los límites de consistencia. Se determinó que los valores que se descubrieron para LL, LP e IP eran equivalentes a 46,06%, 36,11% y 9,96%, en forma respectiva.

Para el espécimen natural + 4% de NaCl y 4%CaO.**Tabla 12***Resumen de Límites de consistencia MN + 4% de Cloruro de sodio y 4% CaO*

LL % de contenido de humedad			LP % de contenido de humedad	
M1	M2	M3	M1	M2
42.89	42.32	40.99	35.46	35.79
42.01			35.63	

Tabla 13*Datos obtenidos de Límites de consistencia MN + 4% de NaCl y 4% CaO*

Límites de consistencia	MN + 4% de NaCl y 4%CaO.
Limite liquido	42.01
Limite plástico	35.63
Índice de plasticidad	6.38

De manera similar, según la Tabla N° 21, la suma de NaCl y cal a una concentración del 4% dio lugar a resultados comparables al 42,01%, 35,63% y 6,38%, respectivamente, para LL, LP e IP.

. Para el espécimen natural + 6% de NaCl y 6%CaO.**Tabla 14***Resumen de Límites de consistencia MN +6% de Cloruro de sodio y 6% CaO*

LL % de contenido de humedad			LP % de contenido de humedad	
M1	M2	M3	M1	M2
43.01	39.99	38.76	35.99	34.12
40.59			35.06	

Tabla 15*Conclusiones de Límites de consistencia MN + 6% de NaCl y 6% CaO*

Límites de consistencia	MN + 6% de Cloruro de sodio y 6%CaO.
Limite liquido	40.59
Limite plástico	35.06
Índice de plasticidad	5.53

Seguidamente se señala un resumen de los datos hallados en la prueba de los límites de coherencia, que se presenta de acuerdo con el Cuadro n° 24.

Tabla 16*Resumen de LL, LP e IP*

Muestra	LL (%)	LP (%)	IP (%)
MN (Muestra natural)	50.42	26.34	24.08
MN + 2% NaCl y 2% CaO	46.06	36.1	9.96
MN + 4% NaCl y 4% CaO	42.01	35.63	6.38
MN + 6% NaCl y 6% CaO	40.59	35.06	5.53

La Tabla N° 24 presenta los resultados para LL, LP e IP hallados del ensayo de límites de consistencia, específicamente para diferentes cantidades de NaCl y cal. A partir de estos datos, podemos hacer las siguientes afirmaciones: Los valores de LL y LP para el espécimen orgánico fueron ambos medidos en 50,42% y 26,34% respectivamente. En consecuencia, se determinó que el PI era del 24,08%. Basándonos en el valor de IP medido, podemos concluir que el suelo estudiado tiene un alto nivel de plasticidad. Esto se debe a que el manual de carreteras del MTC organiza las superficies en relación de su índice de plasticidad. Con un valor de IP de 08%, podemos concluir que el suelo investigado tiene un alto nivel de flexibilidad. La razón de esto es porque el manual de carreteras del MTC categoriza los suelos basándose en su (IP). Aquí, el manual especifica que los suelos con un PI superior al 20% se clasifican como suelos altamente plásticos, que suelen estar compuestos por una proporción significativa de arcilla. En consecuencia, el suelo objeto de la investigación es susceptible a estas condiciones. Del mismo modo, la inclusión de 2% de NaCl y cal condujo a la obtención de una medida de LL y LP de 46,06% y 36,1% respectivamente, resultando en una medida de PI de 9,96%. En base al valor obtenido para el PI, se puede inferir que el manual clasifica los suelos con un rango de PI de 7-20 como de plasticidad media y características arcillosas. Por lo tanto, la muestra con una adición

del 2% cae dentro de este rango y exhibe estas características. De forma similar, cuando se añadió un 4% de cloruro sódico y cal, los valores resultantes de LL y LP fueron 42,01% y 35,63% respectivamente. Los porcentajes de 0,1 y 35,63 dan como resultado un valor PI de 6,38%. Esto indica que la muestra es un suelo de plasticidad media, característica de los suelos arcillosos. El resultado del aumento del 6% fue que el LL y el LP pasaron a ser similares a 40,59% y 35,66% respectivamente, mientras que se encontró un PI de 5,53%. Según el manual, se considera que las superficies con un (IP) inferior al 7% tienen una plasticidad débil, lo que indica un bajo contenido de arcilla. Por lo tanto, este atributo adicional estaría en consonancia con estas características. Además, a continuación proporcionaremos el diagrama adjunto para el PI, que proporciona un desglose exhaustivo de los aumentos porcentuales resultantes de las diferentes cantidades de cloruro sódico y cal que se añadieron.

4.1.4 Ensayo de Proctor de la muestra natural

Para la muestra natural

Tabla 17

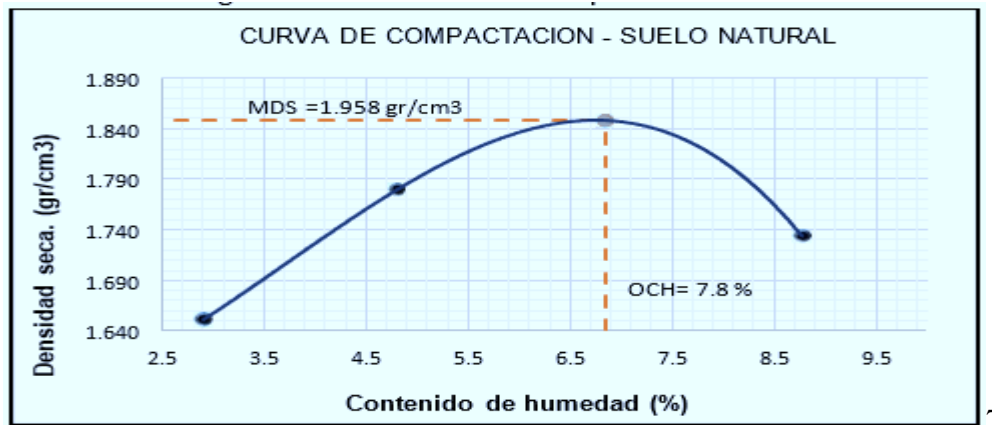
Valores de MDS y OCH Para muestra natural

Suelo natural				
Muestras	M1	M2	M3	M4
Densidad seca (gr/cm ³)	1.662	1.889	1.958	1.844
Contenido de humedad (%)	3.9	5.8	7.8	9.9
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	1958			
OCH (%)	7.8			

La tabla 17 y la figura 18 presentan las mediciones de laboratorio de MDS y OCH para el espécimen orgánico. Los datos obtenidos medidos de densidad y porcentaje son 1,958 g/cm³ y 7,8%, de forma respectiva.

Figura 18

Curva de Compactación suelo natural



Para el suelo natural + 2% de Cloruro de sodio y 2%Cal

Tabla 18

MDS y OCH Para SN + 2% de Cloruro de sodio y 2%Cal

Suelo natural				
Muestras	M1	M2	M3	M4
Densidad seca (gr/cm ³)	1.732	1.886	1.951	1.833
Contenido de humedad (%)	0.8	3.8	5.8	7.8
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	1951			
OCH (%)	5.8			

Los valores de laboratorio para MDS y OCH que corresponden al espécimen orgánico más 2% de NaCl y cal se muestran en la Tabla N° 26. Los valores que se obtuvieron para estos dos parámetros fueron 1,951 gr/cm³ y 5,8%, en forma respectiva.

Para el suelo natural + 4% de NaCl y 4%CaO

Tabla 19

MDS y OCH Para SN + 4% de NaCl y 4%CaO

Suelo natural				
Muestras	M1	M2	M3	M4
Densidad seca (gr/cm ³)	1.885	2.023	2.085	1.965
Contenido de humedad (%)	2.1	4.8	6.9	8.9
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	2.085			
OCH (%)	6.9			

Los valores que se correlacionan con el MDS y OCH, respectivamente, se determinaron en 2,085 gr/cm³ y 6,9%, correspondientemente, para el incremento del 2%, como se puede visualizar en el cuadro N° 27 donde se muestran los valores obtenidos.

Para el suelo natural + 6% de NaCl y 6%CaO

Tabla 20

MDS y OCH Para SN + 6% de Cloruro de sodio y 6%CaO

Suelo natural				
Muestras	M1	M2	M3	M4
Densidad seca (gr/cm ³)	1.885	2.010	2.073	1.955
Contenido de humedad (%)	5.3	7.1	9.3	11.5
Máxima densidad seca (gr/cm ³)	2.073			
OCH (%)	9.3			

Los valores que se correlacionan con el MDS y el OCH, respectivamente, se determinaron en 2,073 gr/cm³ y 9,3%, de forma respectiva, para la suma del 6%, como puede verse en la Tabla N° 20.

A continuación, seguiremos ofreciendo un resumen de las conclusiones que se obtuvieron del examen de la prueba Proctor. Esto se aplica tanto al MDS como al OCH. Los valores señalados en la tabla N° 21.

Tabla 21

Resumen de MDS y OCH

Muestra	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
SN (Suelo natural)	1.958	7.8
SN + 2% NaCl y 2% CaO	1.951	5.8
SN + 4% NaCl y 4% CaO	2.085	6.9
SN + 6% NaCl y 6% CaO	2.073	9.3

En conformidad con las tablas que se han mostrado para los datos que se hallaron del ensayo Proctor, la tabla N° 21 señala los datos para el MDS y OCH ya sea para el espécimen orgánico como para las diferentes incorporaciones de Cloruro Sódico y CaO.

En esta tabla se puede observar lo dado: El espécimen orgánico tuvo un MDS igual a 1.958 gr/ gr/cm³, y la adición de 2% de NaCl y cal resultó en un valor para su MDS igual a 1951 gr/cm³. Esto indica que hubo una disminución de 0,007 gr/cm³, que es comparable al 0,192% del espécimen orgánico. De manera similar, la MDS mostró un mejor rendimiento con la adición de 4% de NaCl y CaO. El MDS alcanzó un valor de 2,085 gr/cm³, lo que supone una mejora del 8,832% en contraste con el espécimen orgánico. Por último, pero no menos importante, podemos mostrar el valor MDS para la suma de 6% de cloruro sódico y cal, que resulta en un dato equivalente a 2,073%. Del mismo modo, se puede mostrar un aumento del 8,222% en comparación con la muestra natural. Siguiendo con la presentación de los valores de MDS para los diferentes agregados de NaCl y CaO, podemos confirmar que la suma de 6% de NaCl y cal sería la opción más conveniente. Esto es debido a que se ha mostrado una mejora significativa del espécimen analizado.

4.1.5 Resumen Ensayo de CBR

A continuación, hablaremos de las pruebas que se llevaron a cabo para hallar la disposición portante de la superficie investigada. En este caso se tomará en cuenta la prueba CBR, considerando las diversas sumas de cloruro sódico y cal que se realizaron; en este caso concreto, las cantidades fueron del 2%, 4% y 6%. A la luz de esto, los valores que se discutieron antes se señalan en el cuadro a continuación.

Tabla 22

Resumen de CBR

Incorporación	CBR al 0.1''	
	95% MDS	100% MDS
Suelo Natural (SN)	6.5	11.1
SN + 2% Cloruro de sodio y 2% Cal	6.0	15.6
SN + 4% Cloruro de sodio y 4% Cal	15.3	23.1
SN + 6% Cloruro de sodio y 6% Cal	15.5	29.1



4.2 Discusión de resultados

Se pueden confirmar los valores hallados para la capacidad portante del espécimen ensayado con diferentes cantidades de cloruro sódico y cal, como se ha indicado anteriormente. Esta validación se muestra en la Tabla 30. El espécimen orgánico obtuvo un valor de CBR = al 6,5% del 95% del MDS. Según el manual de carreteras, este valor de CBR se consideraría insuficiente para la subrasante. Esto se debe a que el dato CBR del espécimen orgánico se sitúa dentro del rango del 2% al 4%. Además, es factible verificar la obtención de este valor CBR. Del mismo modo, se confirmó un valor del 6,0% añadiendo cloruro sódico y cal a una concentración del 2%. Como consecuencia, el valor CBR disminuyó en comparación con la muestra natural. Sin embargo, se sigue considerando una subrasante insuficiente. Sin embargo, cuando se añadió cloruro sódico y cal al 4%, se halló un dato CBR del 15,3%, lo que la clasifica como una buena subrasante según el manual del MTC. Del mismo modo, cuando se añadió un 6%, se obtuvo un valor CBR del 15,5%, lo que también indica una buena subrasante. Los resultados adquiridos para cada adición de cal y cloruro sódico se muestran gráficamente en el siguiente gráfico.



CONCLUSIONES

1. Es posible confirmar una mejora en las distintas operaciones utilizando una mezcla de cloruro sódico y cal en concentraciones del 2%, 4% y 6% para la investigación en curso. Esto es posible gracias a la aplicación de los procesos. Como resultado, será posible alcanzar los objetivos que se establecieron para esta investigación. En resumen, el enfoque más eficaz para alcanzar los más óptimos datos obtenidos en el control de la subrasante de la vía Caminaca-Achaya es utilizar una combinación de NaCl y CaO a una concentración del 4%. El empleo de este % en los diferentes ensayos arroja cifras ideales, aceptables y más cómodas.
2. Como consecuencia del experimento se obtuvieron resultados positivos para los valores de PI, lo que demostró que la incorporación de cloruro sódico y cal en las pruebas de límite de consistencia de la muestra los producía. En lo que respecta a la muestra natural, por ejemplo, el valor del PI resultó ser de 24,08%. El valor del PI descendió a 9,96% con la suma de NaCl y CaO a una concentración del 2%. Comparativamente, la suma de NaCl y CaO al 4% dio como resultado un valor de PI del 6,38%, mientras que la adición de cloruro sódico y cal al 6% dio como resultado un valor de PI del 5,53%. Ambos resultados son comparables entre sí. Por ello, podemos concluir que la combinación de cal y cloruro sódico a una concentración del 4% produce la disminución más eficaz de los valores de PI.
3. Se demostró que la incorporación de CaO y NaCl en % del 2%, 4% y 6% daba como resultado un aumento en el MDS. Esto fue validado por el experimento. El suelo original tenía un valor de 1.958 gr/cm^3 , pero la incorporación del 2% provocó una pequeña disminución, bajando el valor a 1.951 gr/cm^3 . Con la incorporación del 4%, la MDS se elevó a $2,085 \text{ gr/cm}^3$, y con la adición del 6%, se encontró que la



MDS era 2,073 gr/cm³. Vimos un crecimiento importante en el rendimiento de la superficie natural, especialmente después de agregar un 4 % de NaCl y CaO, lo que resultó en mejores resultados. Esto hizo que el suelo natural fuera mucho más eficaz. El valor de 2,073 gr/cm³ se obtuvo con la incorporación del 6%, mientras que el valor de 0,85 gr/cm³ se obtuvo con la incorporación del 6%. Dentro del alcance del experimento, el tema de análisis fueron los efectos de incorporar CaO y NaCl en un espécimen natural en proporciones variables (2%, 4% y 6%). Con base en los hallazgos se determinó que la incorporación de estos compuestos resultó en una reducción en los niveles de OCH. Específicamente, las disminuciones fueron del 5,8%, 6,9% y 9,3% para la adición del 2%, 4% y 6% respectivamente. Estas cifras incluyen las reducciones. A pesar de que las reducciones no fueron muy considerables, sí fueron hasta cierto punto evidentes. En general, la adición del 4% produjo los mejores resultados y se descubrió que esta combinación particular era la más ideal tanto para los procedimientos MDS como para OCH.

4. El valor CBR aumentó significativamente como consecuencia de la incorporación de cal y cloruro sódico a la mezcla. Más concretamente, el valor CBR de la superficie orgánica era del 6,5%, pero el de la superficie al que se había añadido un 2% de cloruro sódico y cal era del 6,0%. Además, el valor CBR creció hasta el 15,3% con la suma de un 4% de NaCl y CaO, y aumentó hasta el 15,5% con la adición de un 3%. Teniendo en cuenta un 3% adicional, el CBR ascendió finalmente al quince y medio por ciento. Por este motivo, hemos alcanzado la conclusión de que el uso de un porcentaje del 4% da lugar a una mejora más óptima. Sin embargo, a pesar de que la adición de un 6% da como resultado un valor más alto del CBR, esto no sugiere que se haya producido una mejora importante. Dicho esto, teniendo en cuenta el componente financiero, no sería una buena idea. En consecuencia, creemos que un



aumento del 4% es la proporción más adecuada a utilizar. Con un valor de CBR que se sitúa entre el 10% y el 20%, se considera que el suelo es de un tipo de subrasante decente. Gracias a la adición de cal y cloruro sódico, cumple las normativas regidas en el manual de carreteras



RECOMENDACIONES

1. Para elevar el nivel de la subrasante de la calzada que se está investigando, se recomienda hacer uso de una mezcla que contenga cal y cloruro sódico en proporciones equivalentes entre sí. El uso de cal y cloruro salino tuvo consecuencias favorables debido a su combinación.
2. Se recomienda utilizar una combinación de NaCl y CaO en una relación de 6% para realizar la investigación en el tramo de la avenida Industrial que se encuentra en Andahuaylas. La combinación particular que se está explorando es la más apropiada ya que potencia exitosamente las numerosas características del suelo que se está investigando.
3. Adicionalmente, se aconseja realizar pruebas adicionales para investigar el uso de CaO y cloruro de sodio en diversos tipos de suelo. Según las conclusiones de este estudio, la aplicación de estos compuestos en cantidades equivalentes entre sí y aplicadas a un suelo arcilloso de alta plasticidad (CH) tiene un efecto beneficioso sobre las cualidades mecánicas y físicas del suelo.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Baena Paz, G. (2017). Metodología de la investigación serie integral por competencias. Mexico: Grupo Editorial Patria, S.A. de C.V.
- Bernal Torres, C. A. (2010). Metodología de la Investigación. COLOMBIA: PEARSON EDUCACION.
- Braja M. Das. (1983). Fundamentos de ingeniería de cimentaciones. Mexico: CENGAGE Learning.
- Crespo Villalaz, C. (2004). Mecánica de suelos y cimentaciones. Mexico: Limusa, S.A. de C.V grupo noriega editores.
- Dominguez Granda , J. (2015). Manual de metodología de la Investigación v Científica . Chimbote-Peru: Universidad Católica los Angeles Chimbote.
- Encalada Oncihuay, J. R. (2020). Aplicación de cenizas volantes de carbono y cal para mejorar la estabilización de suelos arenosos en la ciudad pachacutec, ventanilla, callao. lima, peru.
- Fernandez Bedoya, V. H. (3 de junio de 2020). tipos de justificación en la investigación científica. tipos de justificación en la investigación científica. Lima, Lima, Peru: file:///C:/Users/RUTH/Downloads/207-Texto%20del%20art%C3%ADculo-713-2-10-20200717%20(4).pdf.
- Gongora Hernandez, O. H., Iriarte Hernandez, A. M., & Mendoza Ardila, J. J. (2017). Estabilización y mejoramiento de las características físicas y químicas de los suelos a partir de mezclas con cal y escombros de material de canales de riego. Ibagué, Colombia.
- Grupo pochteca. (s.f.). Cloruro de calcio, cloruro de sodio.
- HERNANDEZ SAMPIERI, R. (2014). METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION. MEXICO: McGraw Hill education. Larrea Olivero, B. R., & Rivas Cajo, J. C. (19



- de marzo de 2019). estabilizacion de suelos arcillosos con cloruro de sodio y cloruro de calcio. Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/12607> Lerma Gonzales, H. D. (2009). Metodologia de la investigacion. Bogota.
- Mendez Cerna, J. J. (2021). estabilizacion de suelo arcilloso para el mejoramiento de la subrasante adicionando cloruro de sodio, tramo primorpampacascapara, yungay, ascash 2021. Huaraz, Peru.
- Ministerio de transportes y comunicaciones. (2013). manual de carreteras suelos, geologia, geotecnia y pavimentos. Lima: MTC.
- Moale Quispe, A. B., & Rivera Justo, E. J. (diciembre de 2019). Estabilizacion quimica desuelos arcillosos com cal para su uso como subrasante en vias terrestres de la localidad de villa rica. lima, peru.
- Morales, E., & Pailacura, C. (1 de abril de 2019). estudio del comportamiento de una carpeta de rodado estabilizada con cloruro de calcio. Chile, Chile.
- MTC E 107. (2016). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC.
- MTC E 110. (2016). MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES. Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones.
- MTC E 111. (2016). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC.
- MTC E 115. (2016). Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC.
- MTC E 132. (2016). MANUAL DE ENSAYO DE LABORATORIO. Lima: MTC.
- Muñoz Rocha, C. (2015). Metodologia de la investigacion. MEXICO: OXFORD.



ANEXOS



ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DE CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA – ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO								
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA		
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general				<p>Nivel de investigación: Explicativo.</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada.</p> <p>Método de investigación: Experimental.</p> <p>Enfoque de investigación: cuantitativo</p>		
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas						
¿Cómo será el análisis de la incorporación de cloruro de sodio y cal para la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya de la región de Puno?	Determinar el análisis de la incorporación de cloruro de sodio y cal para la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya de la región de Puno.	Al determinar el porcentaje de la incorporación de cloruro de sodio y cal mejora la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya de la región de Puno.	<p>Variable independiente</p> <p>Cloruro de sodio y Cal</p>	<p>2%, 4% y 6%</p>	<p>Muestra natural + % de Cloruro de sodio y CaO</p>			
¿Cuál será las cualidades físicas y mecánicas del suelo natural de la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya?	Analizar las cualidades físicas y mecánicas del suelo natural de la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya.	Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural de la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya.					<p>Variable dependiente</p> <p>Estabilización de la subrasante</p>	<p>Cualidades físicas y mecánicas</p>
¿Cómo será el uso de Cloruro de sodio y Cal en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya?	Analizar la aplicación de Cloruro de sodio y Cal en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya.	Al determinar la aplicación de Cloruro de sodio y Cal mejora la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad de la subrasante de la carretera Caminaca – Achaya	<p>Cloruro de sodio y Cal</p>	<p>2%, 4% y 6%</p>	<p>Muestra natural + % de Cloruro de sodio y CaO</p>			
¿Cómo será el uso de Cloruro de sodio y Cal en la capacidad de soporte de subrasante de la carretera Caminaca – Achaya?	Analizar la aplicación de Cloruro de sodio y Cal en la capacidad de soporte de subrasante de la carretera Caminaca – Achaya.	Al determinar la aplicación de Cloruro de sodio y Cal mejora en la capacidad de soporte de subrasante de la carretera Caminaca – Achaya						



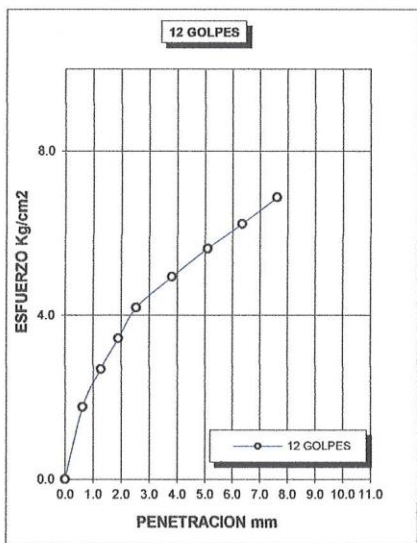
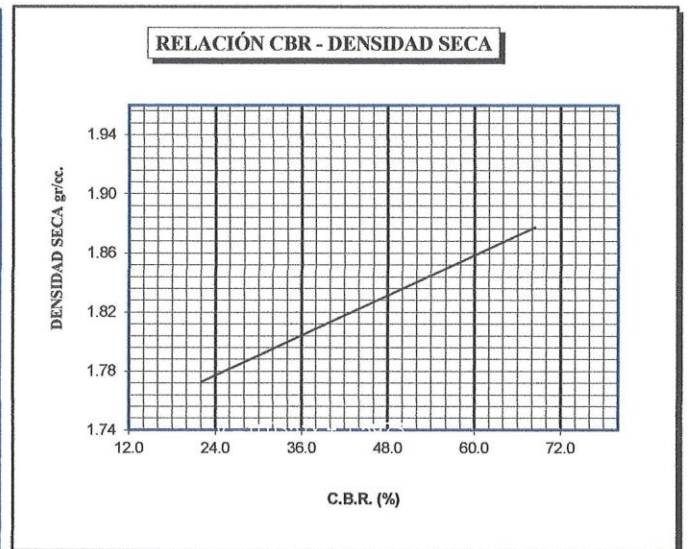
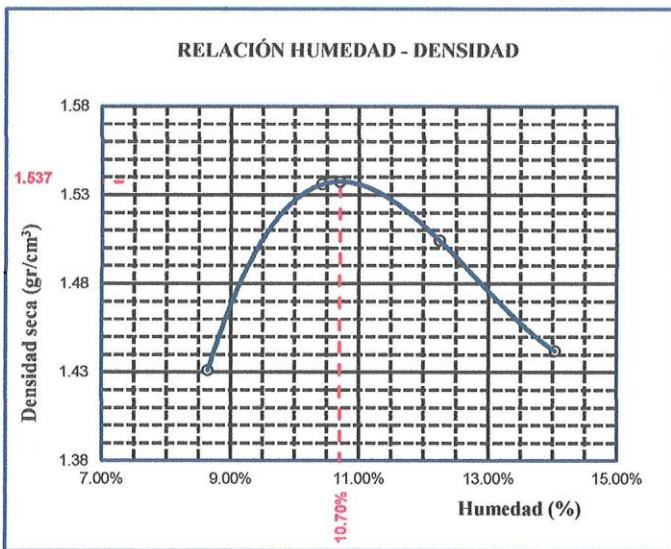
ANEXO 2
ENSAYOS DE LABORATORIO



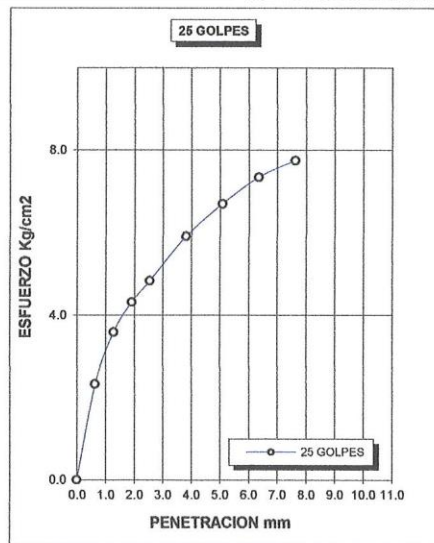
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



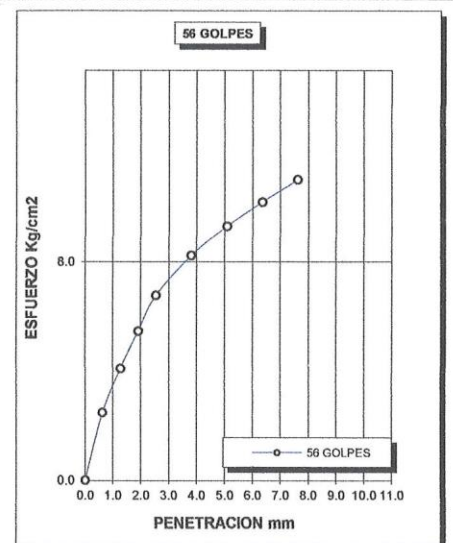
TESIS	: ANALISIS DE LA INCORPORACIÓN DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITANTE	: : Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.537
MUESTRA	: 4% CLORURO DE SODIO - 4% CAL	HUMEDAD OPTIMA (%)	10.70%
UBICACIÓN	: CARRETERA CAMINACA - ACHAYA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	9.62
LUGAR	: DISTRITO DE ACHAYA	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	6.87
FECHA	: : 26 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	
		AASHTO	: : A-1-a (0)
		EMBEBIDO	: : 4 DIAS



CBR 6



CBR 7



CBR 10



UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A.
 JEFEATURA
 Mgr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00303473



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 INCORPORACIÓN DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO
SOLICITANTE	: Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO
MUESTRA	: 4% CLORURO DE SODIO - 4% CAL
UBICACIÓN	: CARRETERA CAMINACA - ACHAYA
LUGAR	: DISTRITO DE ACHAYA
FECHA	: 26 DE MAYO 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	%
22/05/2024	10:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
23/05/2024	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
24/05/2024	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
25/05/2024	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
26/05/2024	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	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		2.30	34.9	1.8	4.90	46	2.3	5.60	49	2.5			
1.27	01:00		6.60	53.1	2.7	10.80	71	3.6	13.10	81	4.1			
1.91	01:30		10.10	68.0	3.4	14.20	85	4.3	19.50	108	5.5			
2.54	02:00	70.31	13.60	82.9	4.2	16.60	96	4.8	25.60	134	6.8			
3.81	03:00		17.10	97.7	4.9	21.60	117	5.9	32.40	163	8.2			
5.09	04:00	105.00	20.30	111.3	5.6	25.30	133	6.7	37.40	184	9.3			
6.35	05:00		23.10	123.2	6.2	28.30	145	7.3	41.50	201	10.2			
7.62	06:00		26.10	135.9	6.9	30.20	153	7.7	45.30	217	11.0			
8.84	07:00													
10.16	08:00													


 UANCV - FICP
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 Mgtr. ARNALDO YANATORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00303473



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

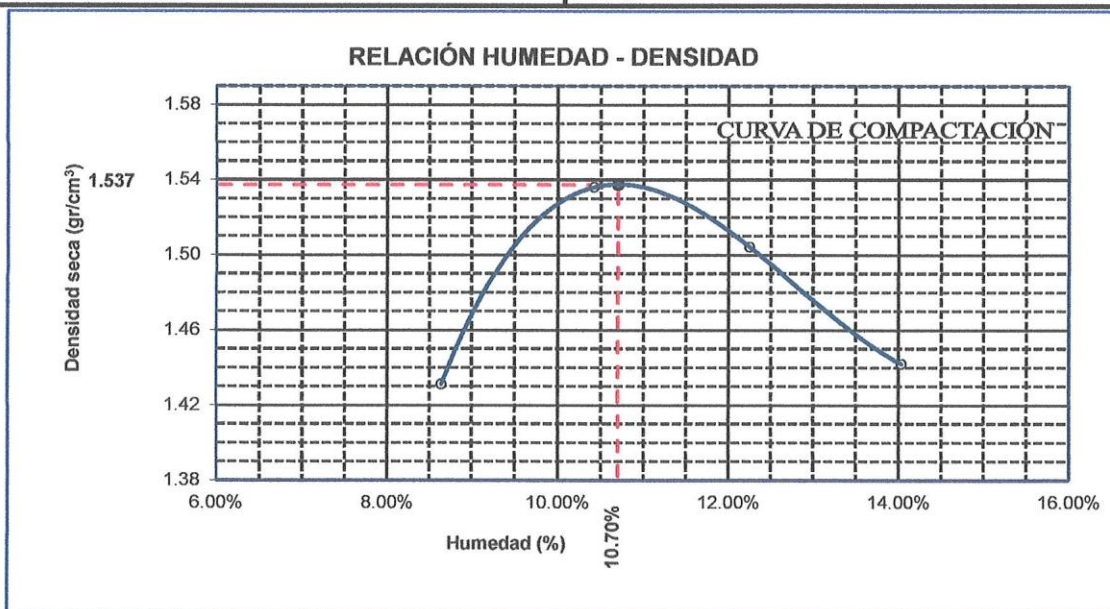
TESIS	: ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO
SOLICITANTE	: Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO
MUESTRA	: 4% CLORURO DE SODIO - 4% CAL
UBICACIÓN	: CARRETERA CAMINACA - ACHAYA
LUGAR	: DISTRITO DE ACHAYA
FECHA	: 26 DE MAYO 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.	9279	9577	9561	9468
Peso del Molde	gr.	6000	6000	6000	6000
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3279	3577	3561	3468
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.555	1.696	1.688	1.644

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	350.51	372.72	352.23	385.65	384.76	358.20	528.83	482.92
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	326.60	345.23	323.44	352.03	346.64	323.78	468.49	428.07
Peso del Agua	gr.	23.91	27.49	28.79	33.62	38.12	34.42	60.34	54.85
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.	287.35	306.85	284.73	313.13	307.54	284.44	429.83	390.80
% de Humedad	%	8.32%	8.96%	10.11%	10.74%	12.40%	12.10%	14.04%	14.04%
Promedio de Humedad	%	8.64%		10.42%		12.25%		14.04%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.431		1.536		1.504		1.442	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.537 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	:	10.70%



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

UANCV / FICP
 INGENIERÍA CIVIL

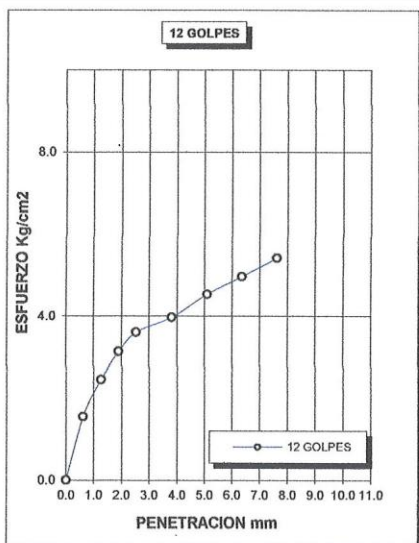
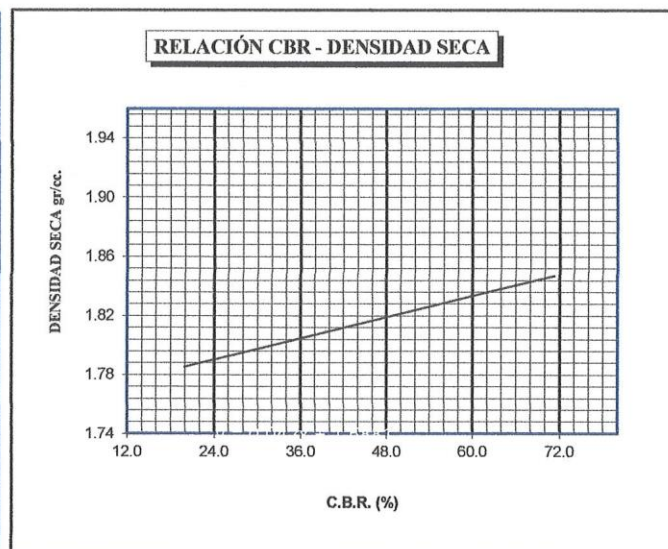
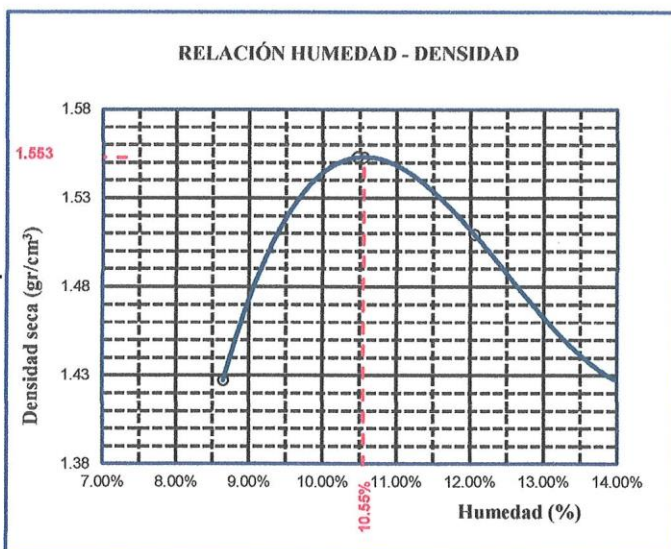
LABORATORIO
 M-S-C
 JEFATURA
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00303473

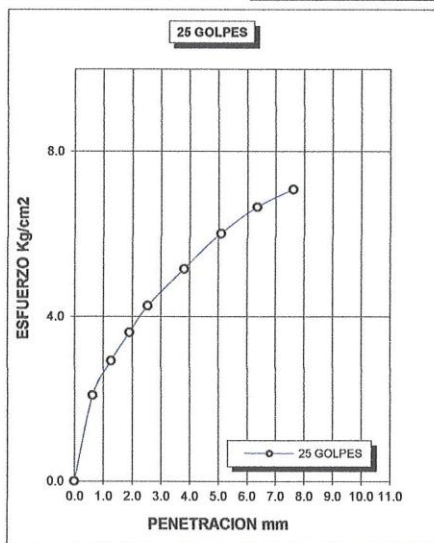


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

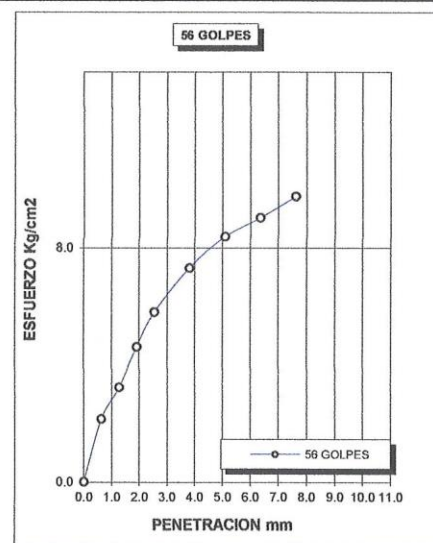
TESIS	: ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGION PUNO	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	
SOLICITANTE	: : Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.553
MUESTRA	: 2% CLORURO DE SODIO - 2% CAL	HUMEDAD OPTIMA (%)	10.55%
UBICACION	: CARRETERA CAMINACA - ACHAYA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	8.25
LUGAR	: DISTRITO DE ACHAYA	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	6.05
FECHA	: : 26 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACION :	
		AASHTO	: : A-1-a (0)
		EMBEBIDO	: : 4 DIAS



CBR 5



CBR 6



CBR 8



UANCV - FACP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 Mtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00303473



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

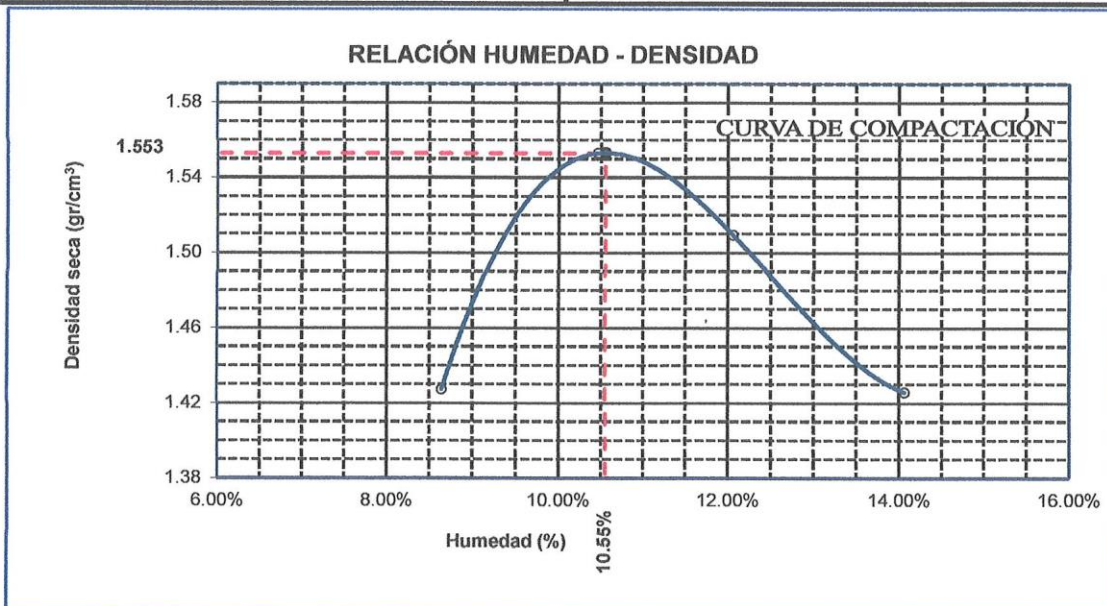
TESIS	: ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO
SOLICITANTE	: Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO
MUESTRA	: 2% CLORURO DE SODIO - 2% CAL
UBICACIÓN	: CARRETERA CAMINACA - ACHAYA
LUGAR	: DISTRITO DE ACHAYA
FECHA	: 26 DE MAYO 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.	9270	9618	9567	9430
Peso del Molde	gr.	6000	6000	6000	6000
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3270	3618	3567	3430
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.550	1.716	1.691	1.626

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	345.67	367.67	347.13	380.70	377.35	353.12	523.50	477.49
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	322.48	340.19	318.72	347.41	341.53	318.81	463.57	423.30
Peso del Agua	gr.	23.19	27.48	28.41	33.29	35.82	34.31	59.93	54.19
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.	283.23	301.81	280.01	308.51	302.43	279.47	424.91	386.03
% de Humedad	%	8.19%	9.11%	10.15%	10.79%	11.84%	12.28%	14.10%	14.04%
Promedio de Humedad	%	8.65%		10.47%		12.06%		14.07%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.427		1.553		1.509		1.426	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.553 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 10.55%



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

UANCV - UICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO
 M-O-C-A
 JEFATURA

Mtro. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00303473



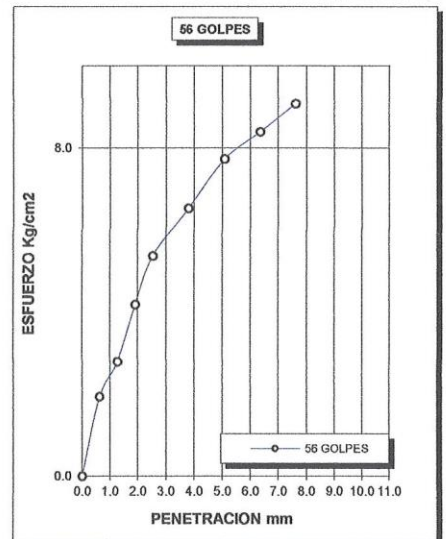
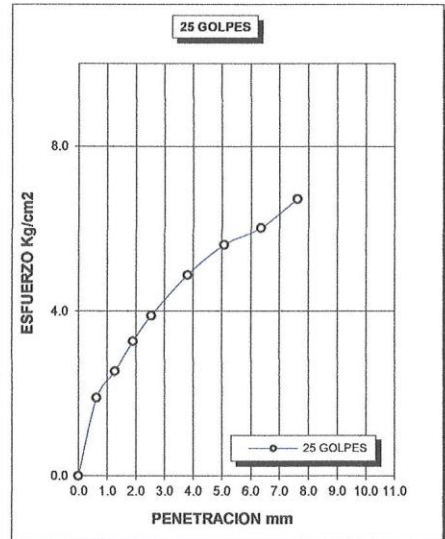
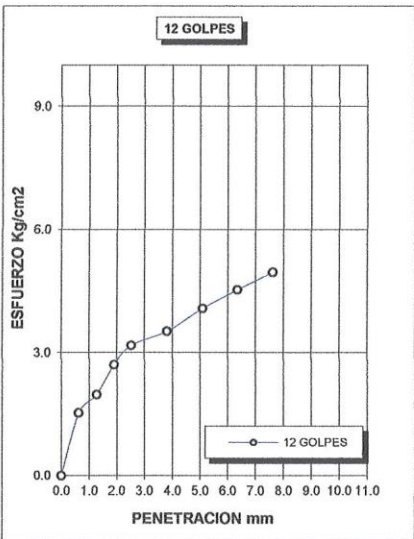
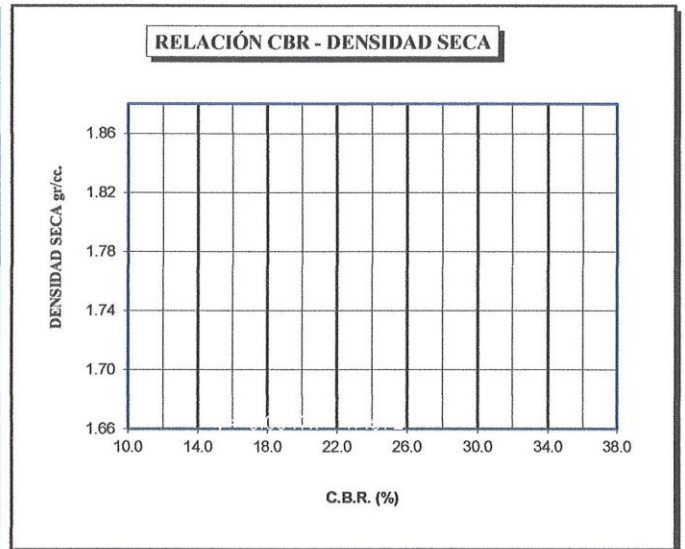
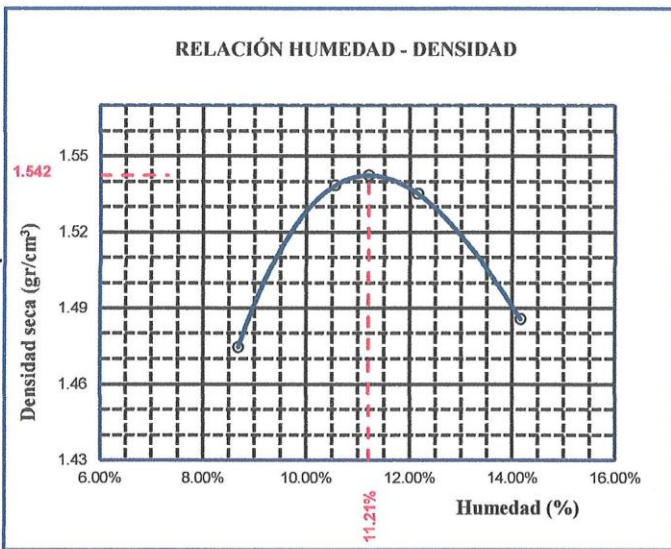
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)

NORMA ASTM D-1883; MTC E 132

TESIS	: ANALISIS DE LA INCORPORACION DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITANTE	: : Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.542
MUESTRA	: NATURAL	HUMEDAD OPTIMA (%)	11.21%
UBICACIÓN	: CARRETERA CAMINACA - ACHAYA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	7.64
LUGAR	: DISTRITO DE ACHAYA	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	5.53
FECHA	: : 26 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CAPA : BASE
		AASHTO	: : A-2-6 (0)
		EMBEBIDO	: : 4 DIAS



UANCV - FICP
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 JEFATURA
 Matr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00303473



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	: ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO
SOLICITANTE	: Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO
MUESTRA	: NATURAL
UBICACIÓN	: CARRETERA CAMINACA - ACHAYA
LUGAR	: DISTRITO DE ACHAYA
FECHA	: 26 DE MAYO 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.	11068	10551	11205	10890	11315	11225
Peso del Molde	gr.	6795	6795	6744	6744	6785	6785
Peso del Suelo Humedo	gr.	4273	3756	4461	4146	4530	4440
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.030	1.784	2.122	1.972	2.161	2.118

Capsula No	No	4																	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	202.28	254.47	317.00	267.30	272.59	315.00	247.17	276.50	337.00									
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	174.20	217.60	290.80	231.51	236.20	286.14	218.52	243.96	304.89									
Peso del Agua	gr.	28.08	36.87	26.20	35.79	36.39	28.86	28.65	32.54	32.11									
Peso de la Capsula	gr.	37.53	38.88	39.00	39.06	38.16	37.00	37.99	38.69	39.24									
Peso del Suelo Seco	gr.	136.67	178.72	251.80	192.45	198.04	249.14	180.53	205.27	265.65									
% de Humedad	%	20.55%	20.63%	10.41%	18.60%	18.38%	11.58%	15.87%	15.85%	12.09%									
Promedio de Humedad	%	20.59%			10.41%			18.49%			11.58%			15.86%			12.09%		
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.684			1.616			1.791			1.768			1.865			1.889		

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/05/2024	10:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
23/05/2024	10 00: a.m.	24:00:00	0.62	0.02	0.01	0.56	0.01	0.01	0.54	0.01	0.01
24/05/2024	10 00: a.m.	48:00:00	0.69	0.02	0.01	0.59	0.01	0.01	0.58	0.01	0.01
25/05/2024	10 00: a.m.	72:00:00	0.83	0.02	0.02	0.62	0.02	0.01	0.60	0.02	0.01
26/05/2024	10:00: a.m.	96:00:00	0.92	0.02	0.02	0.64	0.02	0.01	0.61	0.02	0.01

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		1.20	30.2	1.5		2.90	37	1.9		3.10	38	1.9	
1.27	01:00		3.30	39.1	2.0		5.90	50	2.5		7.10	55	2.8	
1.91	01:30		6.70	53.6	2.7		9.30	65	3.3		13.60	83	4.2	
2.54	02:00	70.31	8.90	62.9	3.2		12.20	77	3.9		19.10	106	5.4	
3.81	03:00		10.50	69.7	3.5		16.80	96	4.9		24.50	129	6.5	
5.09	04:00	105.00	13.10	80.7	4.1		20.20	111	5.6		30.10	153	7.7	
6.35	05:00		15.20	89.6	4.5		22.10	119	6.0		33.20	166	8.4	
7.62	06:00		17.20	98.1	5.0		25.40	133	6.7		36.40	180	9.1	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

UANCV - FICP
CAP DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M.S.C. JEFATURA

Mgt. ARNALDO YANA TORRES
CIF 103257

B. N° 006-00303473



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

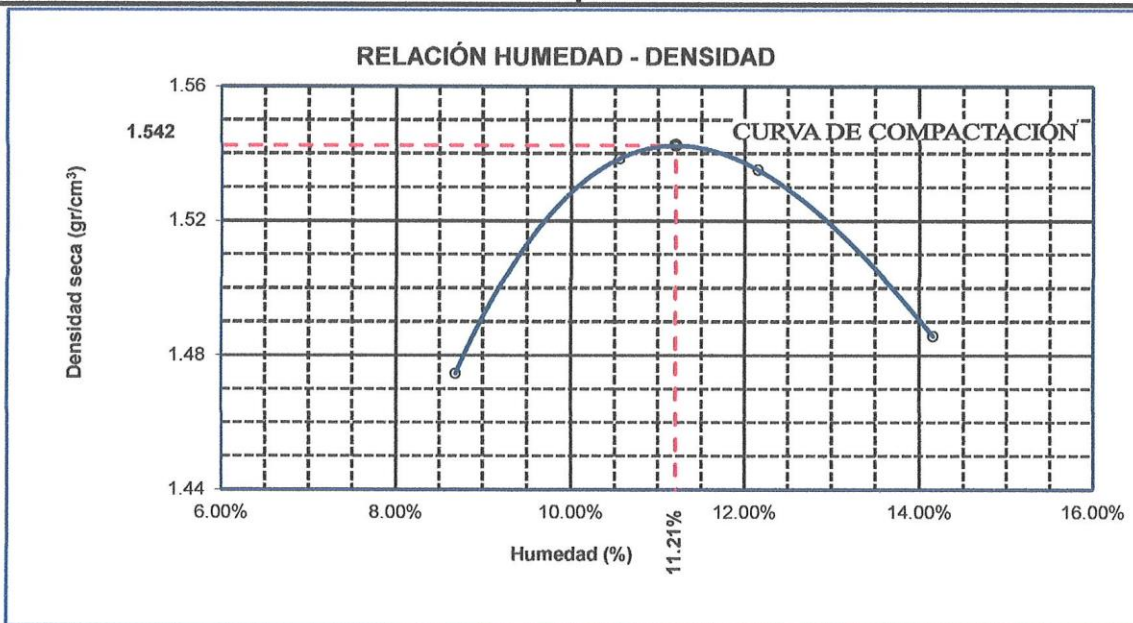
TESIS	: ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO
SOLICITANTE	: Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO
MUESTRA	: NATURAL
UBICACIÓN	: CARRETERA CAMINACA - ACHAYA
LUGAR	: DISTRITO DE ACHAYA
FECHA	: 26 DE MAYO 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.	9380	9587	9631	9577
Peso del Molde	gr.	6000	6000	6000	6000
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3380	3587	3631	3577
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.603	1.701	1.722	1.696

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	342.56	364.56	344.02	377.59	374.34	350.01	520.39	474.38
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	319.48	337.25	315.67	344.37	338.48	315.93	460.55	420.24
Peso del Agua	gr.	23.08	27.31	28.35	33.22	35.86	34.08	59.84	54.14
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.	280.23	298.87	276.96	305.47	299.38	276.59	421.89	382.97
% de Humedad	%	8.24%	9.14%	10.24%	10.88%	11.98%	12.32%	14.18%	14.14%
Promedio de Humedad	%	8.69%		10.56%		12.15%		14.16%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.475		1.538		1.535		1.486	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.542 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 11.21%



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

UANCV - FICP
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 JEFATURA
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00303473



TESIS : ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN

SOLICITANTE : Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO

MUESTRA : CALICATA N° 01

PROFUNDIDAD : 1.80 m

UBICACIÓN : CARRETERA CAMINACA - ACHAYA

LUGAR : DISTRITO DE ACHAYA

FECHA : 26 DE MAYO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	320.10
SUELO SECO + TARRO	gr	285.40
PESO DEL TARRO	gr	42.50
PESO DEL AGUA	gr	34.70
PESO DEL SUELO SECO	gr	242.90
HUMEDAD %	%	14.29

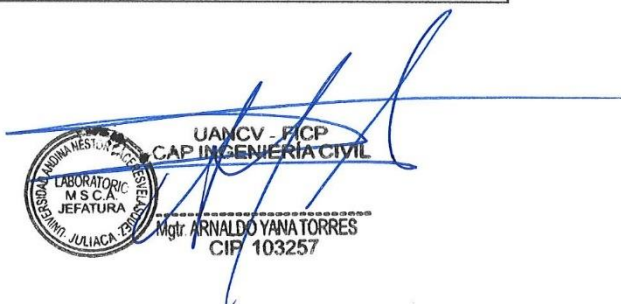
LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
	P	O	8	9
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	21.32	22.53	16.45
SUELO SECO + TARRO	gr	19.01	20.15	14.71
PESO DEL TARRO	gr	13.65	13.79	6.18
PESO DEL AGUA	gr	2.31	2.38	1.74
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.36	6.36	8.53
HUMEDAD %	%	43.10	37.44	7.96
N° DE GOLPES		25	25	20.40
				23.62

LÍMITE LÍQUIDO % : 40.27 **LÍMITE PLÁSTICO %** : 22.01

ÍNDICE PLÁSTICO % : 18.26

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


 UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIF 103257

B. N° 006-00303473



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

TESIS : ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN

SOLICITANTE : Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO

MUESTRA : CALICATA N° 01

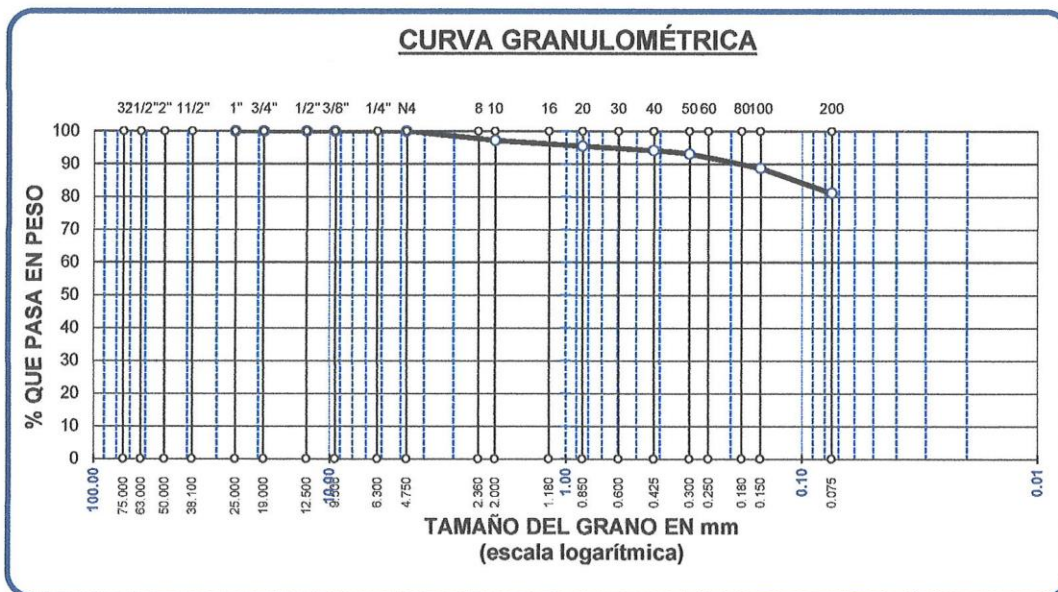
PROFUNDIDAD : 1.80 m

UBICACIÓN : CARRETERA CAMINACA - ACHAYA

LUGAR : DISTRITO DE ACHAYA

FECHA : 26 DE MAYO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000					P.I.= 300.00
2 1/2"	63.000					P.L.= 56.64
2"	50.000					P.P.= 243.36
1 1/2"	38.100					% w = 14.29
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 40.27
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 22.01
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	I.P.= 18.26
1/4"	6.300					CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	D10= ---- Cu= ----
No8	2.360					D30= ---- Cc= ----
No10	2.000	8.34	2.78	2.78	97.22	
No16	1.180					CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	5.34	1.78	4.56	95.44	
No30	0.600					
No40	0.425	4.02	1.34	5.90	94.10	
No 50	0.300	3.15	1.05	6.95	93.05	SUCS : CL
No60	0.250					ASSTHO : A-6 (11)
No80	0.180					OBSERVACIONES:
No100	0.150	12.84	4.28	11.23	88.77	
No200	0.075	22.95	7.65	18.88	81.12	
BASE		243.36	81.12	100.00	0.00	
TOTAL		300.00	100.00			
% PERDIDA		81.12				



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M-S-C-A
 JEFATURA
 Mgr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00303473



TESIS : ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN

SOLICITANTE : Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO

MUESTRA : CALICATA N° 02

PROFUNDIDAD : 1.70 m

UBICACIÓN : CARRETERA CAMINACA - ACHAYA

LUGAR : DISTRITO DE ACHAYA

FECHA : 26 DE MAYO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	317.40
SUELO SECO + TARRO	gr	281.10
PESO DEL TARRO	gr	40.20
PESO DEL AGUA	gr	36.30
PESO DEL SUELO SECO	gr	240.90
HUMEDAD %	%	15.07

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

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
TARRO N°		U	I	6	7
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	38.76	37.61	18.57	17.84
SUELO SECO + TARRO	gr	33.00	32.44	16.62	16.14
PESO DEL TARRO	gr	20.17	19.50	6.50	6.55
PESO DEL AGUA	gr	5.76	5.17	1.95	1.70
PESO DEL SUELO SECO	gr	12.83	12.94	10.12	9.59
HUMEDAD %	%	44.89	39.95	19.27	17.73
N° DE GOLPES		26	26		

LÍMITE LÍQUIDO % : 42.63 **LÍMITE PLÁSTICO %** : 18.50

ÍNDICE PLÁSTICO % : 24.13

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

UANCV - FICP
INGENIERÍA CIVIL

LABORATORY
M.S.C.A.
JEFATURA

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257

B. N° 006-00303473



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

TESIS : ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN

SOLICITANTE : Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO

MUESTRA : CALICATA N° 02

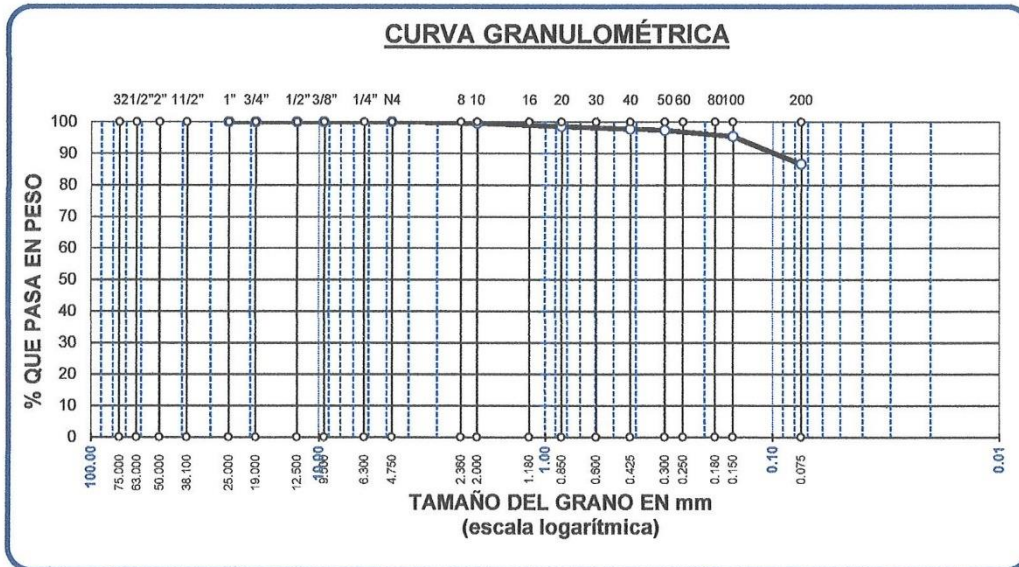
PROFUNDIDAD : 1.70 m

UBICACIÓN : CARRETERA CAMINACA - ACHAYA

LUGAR : DISTRITO DE ACHAYA

FECHA : 26 DE MAYO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO:
3"	75.000					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000					P.I.= 250.00
2"	50.000					P.L.= 33.48
1 1/2"	38.100					P.P.= 216.52
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	% W = 15.07
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 42.63
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 18.50
1/4"	6.300					I.P.= 24.13
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360					D10= ---- Cu= ----
No10	2.000	1.10	0.44	0.44	99.56	D30= ---- Cc= ----
No16	1.180					D60= ----
No20	0.850	2.57	1.03	1.47	98.53	CLASIFICACIÓN:
No30	0.600					:
No40	0.425	1.95	0.78	2.25	97.75	SUCS : CL
No 50	0.300	1.15	0.46	2.71	97.29	ASSTHO : A-6 (10)
No60	0.250					OBSERVACIONES:
No80	0.180					
No100	0.150	4.93	1.97	4.68	95.32	
No200	0.075	21.78	8.71	13.39	86.61	
BASE		216.52	86.61	100.00	0.00	
TOTAL		250.00	100.00			
% PERDIDA		86.61				



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL

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

Mgr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00303473



TESIS : ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN

SOLICITANTE : Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO

MUESTRA : CALICATA N° 03

PROFUNDIDAD : 1.80 m

UBICACIÓN : CARRETERA CAMINACA - ACHAYA

LUGAR : DISTRITO DE ACHAYA

FECHA : 26 DE MAYO DEL 2024

0

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	285.30
SUELO SECO + TARRO	gr	249.50
PESO DEL TARRO	gr	39.10
PESO DEL AGUA	gr	35.80
PESO DEL SUELO SECO	gr	210.40
HUMEDAD %	%	17.02

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

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
TARRO N°		T	Y	4	5
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	43.02	48.27	11.35	11.56
SUELO SECO + TARRO	gr	40.35	44.62	10.71	10.91
PESO DEL TARRO	gr	30.34	30.84	6.24	6.29
PESO DEL AGUA	gr	2.67	3.65	0.64	0.65
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.01	13.78	4.47	4.62
HUMEDAD %	%	26.67	26.49	14.32	14.07
N° DE GOLPES		25	25		

LÍMITE LÍQUIDO %	:	26.58	LÍMITE PLÁSTICO %	:	14.19
-------------------------	----------	--------------	--------------------------	----------	--------------

ÍNDICE PLÁSTICO % : **12.39**

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

UANCV - FICP
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00303473



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

TESIS : ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN

SOLICITANTE : Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO

MUESTRA : CALICATA N° 03

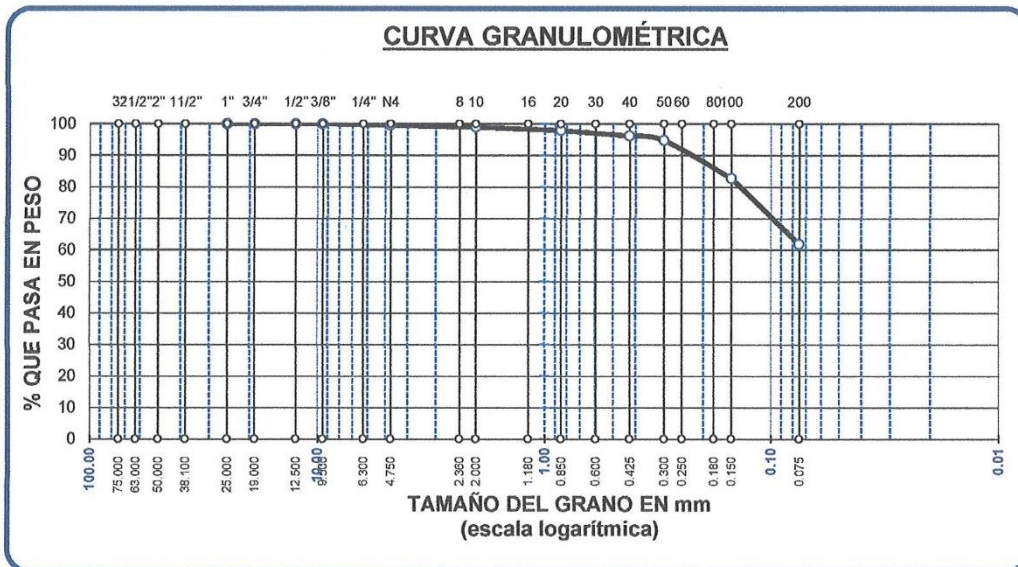
PROFUNDIDAD : 1.80 m

UBICACIÓN : CARRETERA CAMINACA - ACHAYA

LUGAR : DISTRITO DE ACHAYA

FECHA : 26 DE MAYO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000					P.I.= 250.00
2 1/2"	63.000					P.L.= 95.35
2"	50.000					P.P.= 154.65
1 1/2"	38.100					% W = 17.02
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 26.58
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 14.19
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	I.P.= 12.39
1/4"	6.300					CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	1.19	0.48	0.48	99.52	D10= --- Cu= ---
No8	2.360					D30= --- Cc= ---
No10	2.000	1.42	0.57	1.04	98.96	
No16	1.180					CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	2.65	1.06	2.10	97.90	SUCS : CL
No30	0.600					ASSTHO : A-6 (6)
No40	0.425	4.23	1.69	3.80	96.20	
No 50	0.300	3.68	1.47	5.27	94.73	
No60	0.250					OBSERVACIONES:
No80	0.180					
No100	0.150	30.07	12.03	17.30	82.70	
No200	0.075	52.11	20.84	38.14	61.86	
BASE		154.65	61.86	100.00	0.00	
TOTAL		250.00	100.00			
% PERDIDA		61.86				



UANCV - FICP
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 JEFATURA
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00303473



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 INCORPORACIÓN DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO
SOLICITANTE	: Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO
MUESTRA	: 2% CLORURO DE SODIO - 2% CAL
UBICACIÓN	: CARRETERA CAMINACA - ACHAYA
LUGAR	: DISTRITO DE ACHAYA
FECHA	: 26 DE MAYO 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	%
22/05/2024	10:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
23/05/2024	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
24/05/2024	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
25/05/2024	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
26/05/2024	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		1.30	30.7	1.5		3.80	41	2.1		4.10	43	2.2	
1.27	01:00		5.50	48.5	2.5		7.70	58	2.9		9.10	64	3.2	
1.91	01:30		8.70	62.1	3.1		10.90	71	3.6		15.60	91	4.6	
2.54	02:00	70.31	10.90	71.4	3.6		13.90	84	4.3		21.10	115	5.8	
3.81	03:00		12.60	78.6	4.0		18.10	102	5.2		28.10	144	7.3	
5.09	04:00	105.00	15.20	89.6	4.5		22.10	119	6.0		33.10	166	8.4	
6.35	05:00		17.20	98.1	5.0		25.10	132	6.7		36.10	178	9.0	
7.62	06:00		19.30	107.0	5.4		27.10	140	7.1		39.50	193	9.7	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

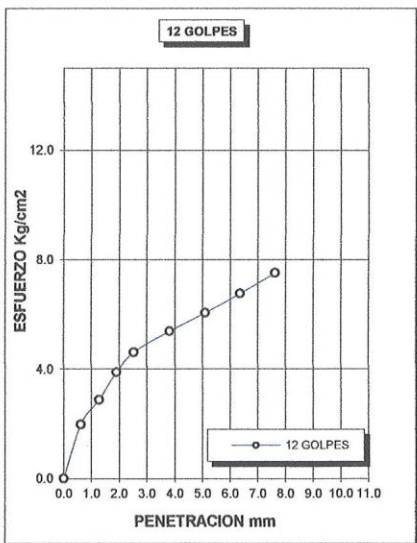
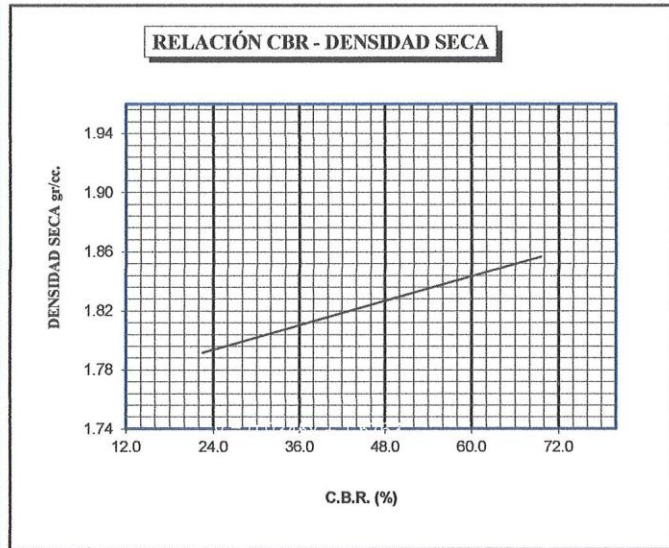
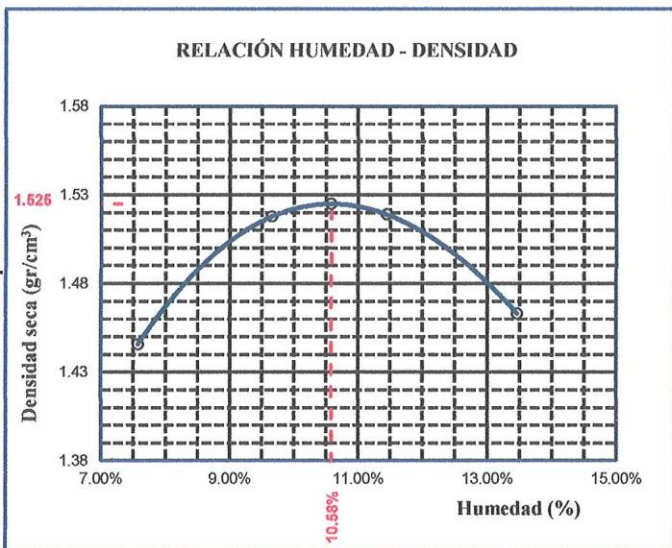
UANCV - FICP
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C. JEFATURA
JULIACA, PERÚ
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257

B. N° 006-00303473

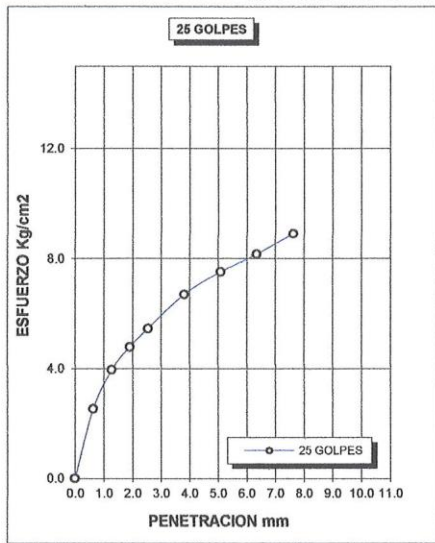


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

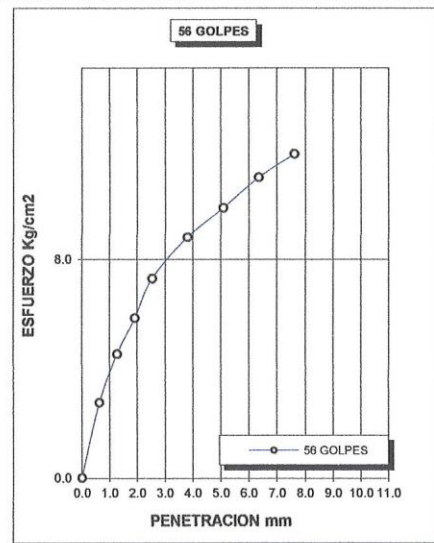
TESIS	: ANALISIS DE LA INCORPORACIÓN DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITANTE	: : Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.525
MUESTRA	: 6% CLORURO DE SODIO - 6% CAL	HUMEDAD OPTIMA (%)	10.58%
UBICACIÓN	: CARRETERA CAMINACA - ACHAYA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	10.38
LUGAR	: DISTRITO DE ACHAYA	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	7.76
FECHA	: : 26 DE MAYO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	
		AASHTO	: : A-1-a (0)
		EMBEBIDO	: : 4 DIAS



CBR 7



CBR 8



CBR 10



UANCV FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 Mgtr/ARNALDO YANA TORRES
 CIP/103257

B. N° 006-00303473



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 INCORPORACIÓN DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO
SOLICITANTE	: Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO
MUESTRA	: 6% CLORURO DE SODIO - 6% CAL
UBICACIÓN	: CARRETERA CAMINACA - ACHAYA
LUGAR	: DISTRITO DE ACHAYA
FECHA	: 26 DE MAYO 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	%
22/05/2024	10:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
23/05/2024	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
24/05/2024	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
25/05/2024	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
26/05/2024	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		3.30	39.1	2.0		5.90	50	2.5		6.80	54	2.8	
1.27	01:00		7.50	57.0	2.9		12.50	78	4.0		15.20	90	4.5	
1.91	01:30		12.20	76.9	3.9		16.40	95	4.8		21.30	116	5.8	
2.54	02:00	70.31	15.60	91.3	4.6		19.50	108	5.5		28.10	144	7.3	
3.81	03:00		19.20	106.6	5.4		25.30	133	6.7		35.10	174	8.8	
5.09	04:00	105.00	22.30	119.8	6.1		29.10	149	7.5		40.10	195	9.9	
6.35	05:00		25.60	133.8	6.8		32.10	161	8.2		45.30	217	11.0	
7.62	06:00		29.10	148.6	7.5		35.60	176	8.9		49.30	234	11.8	
8.84	07:00													
10.16	08:00													


 UANCV - FICP
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00303473



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

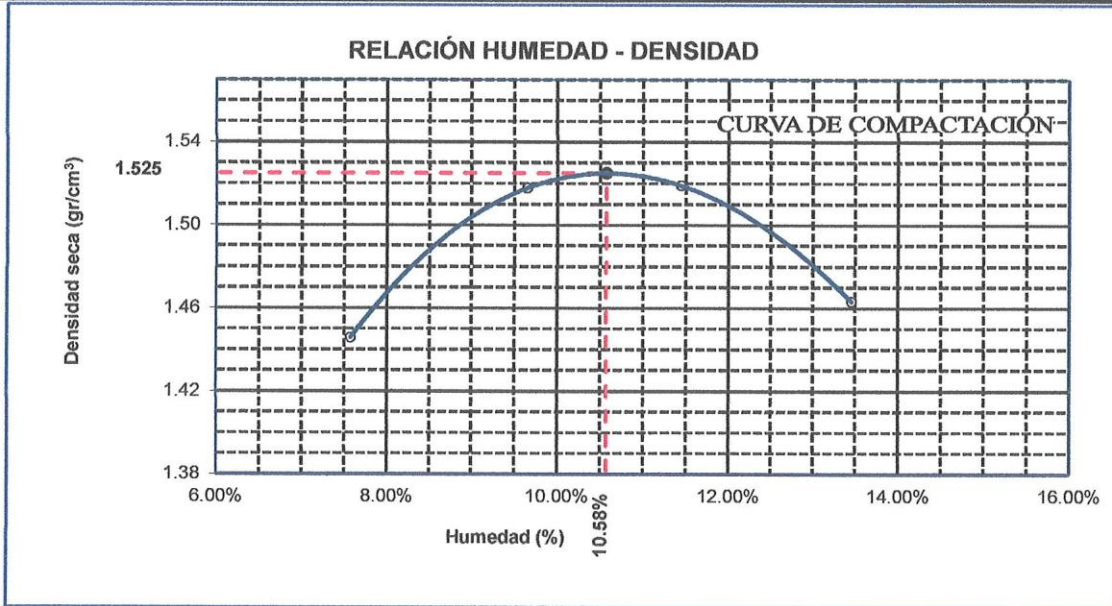
TESIS	: ANÁLISIS DE LA INCORPORACIÓN DEL CLORURO DE SODIO Y CAL PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA SUBRASANTE DE LA CARRETERA CAMINACA - ACHAYA DE LA REGIÓN PUNO
SOLICITANTE	: Bach. JAVIER MAMANI ESTOFANERO
MUESTRA	: 6% CLORURO DE SODIO - 6% CAL
UBICACIÓN	: CARRETERA CAMINACA - ACHAYA
LUGAR	: DISTRITO DE ACHAYA
FECHA	: 26 DE MAYO 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.	9280	9510	9570	9501
Peso del Molde	gr.	6000	6000	6000	6000
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3280	3510	3570	3501
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.555	1.664	1.693	1.660

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	340.78	359.81	342.15	374.15	372.15	348.15	518.41	470.81
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	319.48	337.25	315.67	344.37	338.48	315.93	460.55	420.24
Peso del Agua	gr.	21.30	22.56	26.48	29.78	33.67	32.22	57.86	50.57
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.	280.23	298.87	276.96	305.47	299.38	276.59	421.89	382.97
% de Humedad	%	7.60%	7.55%	9.56%	9.75%	11.25%	11.65%	13.71%	13.20%
Promedio de Humedad	%	7.57%		9.65%		11.45%		13.46%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.446		1.518		1.519		1.463	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.525 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	:	10.58%



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

UANCV FICP
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

[Firma]

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 Mgr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00303473



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 21-10-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: Javier Mamoni Estofanero

Dirección: Rj. La Victoria Lote 9

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70 119654

Teléfono: 977193874 email: javi2525lg@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 incorporación de cloruro de sodio y cal para la estabilización de suelos arcillosos en la subrasante de la carretera Caminaca - Achoya de la Región Puno

Palabras claves, (3 a 5 términos): cloruro de sodio, cal, Estabilización, Suelo, subrasante

¿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, entre otros relacionados.

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



2. Referencia de tesis:

- Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

- Internacional
- Nacional

Línea de investigación: Tecnología de la Construcción -P17

Firma de Autor



huella digital

21 de Octubre del 2024

Fecha