



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



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO  
Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y  
MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA  
CIUDAD DE JULIACA**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. YESSICA MAMANI MAMANI**

**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 COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO  
Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y  
MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA  
CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. YESSICA MAMANI MAMANI**

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:

  
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO

:

  
Dr. EFRAIN PARILO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

:

  
Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

ASESOR DE TESIS

:

  
Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 892-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 29 de agosto del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 11663 presentado por el (la) Bachiller: **YESSICA MAMANI MAMANI** 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. **YESSICA MAMANI MAMANI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

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

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

**RESUELVE:**

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

- \* **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- \* **1er Miembro** : Dr. 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: **YESSICA MAMANI MAMANI**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Jueves 05 de setiembre del 2024
- \* **HORA** : 12:00 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 CIENCIAS 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  
interesado (s)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 454-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 17 de junio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 4867 por el o (la) Bachiller: **YESSICA MAMANI MAMANI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 337 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 074 - 2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el o (la) Bachiller: **YESSICA MAMANI MAMANI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 074 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el o (la) Bachiller: **YESSICA MAMANI MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **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. **ALITHON QUISPE HUANCA**  
DECANO  
CIP. 47790



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

Dr. **FRANCISCO Sosa**  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 048-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 13 de marzo del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU-009, presentado por el señor (a) **YESSICA MAMANI MAMANI** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO** – N° 002-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 016-2024 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: **YESSICA MAMANI MAMANI** ha presentado su propuesta de investigación **Titulado: ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 016-2024- aprobando la propuesta de investigación **titulado: ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA**.

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

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

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **YESSICA MAMANI MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

.....  
**D. MILTHON QUISPE HUANCA**  
**DECANO**  
CIP. 47790



.....  
**Dr. Efraín Lucio Sosa**  
**DIRECTOR**  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



## ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

**23%**

INDICE DE SIMILITUD

**20%**

FUENTES DE INTERNET

**4%**

PUBLICACIONES

**12%**

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>8%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez</b> Trabajo del estudiante	<b>8%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.uancv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>5</b>	<b>www.repositorio.unach.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>repositorio.uandina.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

Submitted to Universidad Privada del Norte



### Metadatos Complementarios UANCV



<b>Título de la tesis</b>	
ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	YESSICA MAMANI MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	72280901
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0009-6313-7016">https://orcid.org/0009-0009-6313-7016</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-6740-5024">https://orcid.org/0000-0002-6740-5024</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	01316765
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Recursos propios
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Latitud: S 15° 29' 27"</li> <li>- Longitud: O 70° 07' 37"</li> </ul>  <p><a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=15qutuL8xd5AIPx4fgN3vRTnTI_fUNvE&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=15qutuL8xd5AIPx4fgN3vRTnTI_fUNvE&amp;usp=sharing</a></p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2024 – Junio 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> - Librería	<p>Ingeniería de la construcción <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</a></p> <p>Ingeniería del Transporte <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</a></p> <p>Ingeniería civil <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a></p>



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CERCO PACHECO  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PLURIS  
Dr. Efraim Parillo Sosa  
DIRECTOR  
OFICINA DE INVESTIGACIÓN



**DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD**

Yo Yessica Mamani Mamani, identificado con DNI Nro. 72280901, 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 COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA.”

Asesorado por: Dr. Arnaldo Yana Torres

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 10 de OCTUBRE del 2024

  
Firma del Asesor

  
Firma del Estudiante

  
Huella



## DEDICATORIA

A mis queridos padres que me dieron la vida, mi padre Marco Antonio Mamani Centón y a mi madre Graciela Mamani Mamani que para mí son los mejores del mundo, por los valores, virtudes, consejos, palabras de aliento y sus oraciones hicieron de mí una mejor persona, por el apoyo y esfuerzo incondicional en mi formación profesional.

De manera especial a Jhon Edgar Mamani Chata, en el camino encuentras personas que iluminan tu vida, a través de sus consejos, de su amor y paciencia, que con su apoyo alcanzas de mejor manera tus metas.

¡Gracias a ustedes!



## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a nuestro divino Dios, por haberme dado vida, salud y voluntad para seguir adelante, por ser mi guía a lo largo de mi carrera profesional, dándome fuerzas para salir adelante y no tropezar con los problemas que se me presentaron en el camino.

Agradezco infinitamente a mi papá y a mi mamá que hicieron todo lo posible para que pueda culminar mi carrera de pregrado, a pesar de haber tropezado en el camino ellos no dudaron en seguir brindándome su apoyo

A la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez sede - Puno, Alma Mater que me ha acogido durante todos los años de mi formación académica profesional, enseñándome aspectos de la vida que ninguna clase formal pudiera enseñar, llevándome una experiencia tan maravillosa e inolvidable.

A todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, que me han impartido sus conocimientos, experiencias, y que estuvieron siempre dispuestos a aclarar mis dudas y responder mis preguntas.



## INDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
INDICE GENERAL .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN.....	xiv

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

1.1 Exposición de la situación problemática .....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	2
1.2.1 Pregunta general .....	2
1.2.2 Preguntas específicas.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.3.1 Justificación técnica.....	3
1.3.2 Justificación económica.....	3
1.3.3 Justificación ambiental .....	3



1.3.4	Justificación social.....	3
1.4	Objetivos .....	3
1.4.1	Objetivo general .....	3
1.4.2	Objetivo específico .....	4
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 .....	6
2.1.1	Antecedentes internacionales .....	6
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	7
2.1.3	Antecedentes regionales .....	8
2.2	Marco teórico .....	8
2.2.1	Pavimentos .....	8
2.2.2	Bases granulares .....	9
2.2.3	Requerimientos para Subbase Granular .....	10



2.2.4	Base granular .....	11
2.2.5	Suelos .....	12
2.2.6	Estudio de las canteras.....	16
2.2.7	Exploración de canteras.....	17
2.2.8	Muestras. Estas muestras se clasifican: (MTC, 2014).....	17
2.2.9	Norma para los ensayos.....	18
2.2.10	La cal .....	24
2.2.11	Variedades de cal.....	25
2.2.12	Procedimiento de fabricación de la cal.....	25
2.2.13	Cales utilizados en la estabilización.....	26
2.2.14	Cemento portland .....	27
2.2.15	Estabilidad de suelos .....	29
2.2.16	Suelos estabilizados con cal .....	30
2.2.17	Suelos estabilizados con cemento .....	31
2.3	Marco conceptual .....	33

## CAPITULO III

### METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Diseño de la investigación.....	37
3.1.1	Nivel de investigación .....	37



3.1.2	Diseño de la investigación.....	37
3.1.3	Tipo de investigación.....	37
3.1.4	Método de investigación.....	38
3.1.5	Enfoque de investigación.....	38
3.2	Población y muestra .....	38
3.2.1	Población .....	38
3.2.2	Muestra.....	38
3.2.3	Diseño muestral .....	38
3.3	Ámbito de estudio .....	39
3.3.1	Ubicación del área en estudio.....	39
3.3.2	Descripción del área de estudio .....	40
3.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	41
3.4.1	Muestro y preparación .....	41
3.4.2	Obtención de muestras. ....	41
3.4.3	Pruebas mecánicas y físicas de la base.....	42
3.5	Procedimiento en laboratorio de suelos.....	42
3.5.1	Determinación del contenido de humedad .....	42
3.5.2	Ensayos de las características granulométricas .....	43
3.5.3	Prueba de L. líquido.....	44



3.5.4 Limite plástico ..... 44

3.5.5 Prueba de Abrasión de los Ángeles ..... 45

3.5.6 Proctor modificado ..... 46

3.5.7 Proceso de CBR..... 46

**CAPITULO IV**

**RESULTADOS Y ANALISIS**

4.1 Presentación de resultados..... 48

4.1.1 Propiedades físicas y mecánicas de la cantera..... 48

4.1.2 Propiedades físicas y mecánicas con adición de cal..... 51

4.1.3 Propiedades mecánicas y físicas estabilizadas con cemento ..... 56

4.2 Discusión de resultados ..... 60

4.2.1 Propiedades mecánicas y físicas de la cantera estabilizado con cal ..... 60

4.2.2 Propiedades mecánicas físicas de la cantera estabilizado con cemento .... 61

CONCLUSIONES ..... 62

RECOMENDACIONES..... 63

REFERENCIA BIBLIOGRAFICA..... 64

ANEXOS ..... 69



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables .....	5
<b>Tabla 2</b> Especificaciones de Granulometría .....	10
<b>Tabla 3</b> Ensayos requeridos .....	11
<b>Tabla 4</b> Requerimiento de CBR para una base .....	11
<b>Tabla 5</b> Clasificación se suelos AASHTO.....	13
<b>Tabla 6</b> Categorización de suelos según el IP.....	21
<b>Tabla 7</b> Equivalente de Arena.....	21
<b>Tabla 8</b> Valores (CBR) .....	24
<b>Tabla 9</b> Características del cemento. ....	27
<b>Tabla 10</b> Requerimientos del Cemento Portland Tipo I .....	29
<b>Tabla 11</b> Cemento Para Estabilización Según Tipo de Suelo.....	33
<b>Tabla 12</b> Muestras para base.....	41
<b>Tabla 13</b> Granulométrico de la cantera.....	49
<b>Tabla 14</b> L. de consistencia de la cantera .....	50
<b>Tabla 15</b> Resultado de la compactación de la cantera .....	50
<b>Tabla 16</b> Resultado del CBR.....	51
<b>Tabla 17</b> Granulometría con cal.....	52
<b>Tabla 18</b> L. liquido con adición de cal.....	52
<b>Tabla 19</b> L. Plástico con adición de cal .....	53
<b>Tabla 20</b> Resumen de límites con cal .....	53
<b>Tabla 21</b> Expansión con adición de cal.....	54
<b>Tabla 22</b> Compactación con adición de cal .....	55



<b>Tabla 23</b> CBR de la base granular con cal .....	55
<b>Tabla 24</b> Granulometría con % cemento .....	56
<b>Tabla 25</b> L. Líquido con % cemento.....	57
<b>Tabla 26</b> L. Plástico con % cemento.....	57
<b>Tabla 27</b> límites Atterberg con % cemento.....	58
<b>Tabla 28</b> Expansión con % cemento.....	59
<b>Tabla 29</b> Compactación con % de cemento.....	59
<b>Tabla 30</b> CBR con % de cemento .....	60



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Distribución de esfuerzos .....	9
<b>Figura 2</b> Sistema de clasificación según SUCS .....	15
<b>Figura 3</b> Exploración de la cantera .....	16
<b>Figura 4</b> Cantera de arena .....	17
<b>Figura 5</b> Exploración de muestras alteradas e inalteradas .....	18
<b>Figura 6</b> Granulométrico.....	19
<b>Figura 7</b> Pruebas de L. liquido.....	20
<b>Figura 8</b> Prueba de L. plástico .....	20
<b>Figura 9</b> Prueba de Abrasión .....	22
<b>Figura 10</b> Diagrama de la Curva humedad vs densidad seca. ....	22
<b>Figura 11</b> Procedimiento del ensayo.....	23
<b>Figura 12</b> Curva humedad - densid seca.....	24
<b>Figura 13</b> Ciclo de vida de la cal .....	26
<b>Figura 14</b> Proceso de elaboración del cemento .....	28
<b>Figura 15</b> Técnica de estabilización .....	30
<b>Figura 16</b> La cal en el suelo.....	31
<b>Figura 17</b> Cementación.....	32
<b>Figura 18</b> Estabilización de Suelos con Cemento.....	32
<b>Figura 19</b> Cantera taparachi.....	39
<b>Figura 20</b> Cantera Cabanillas.....	40
<b>Figura 21</b> Laboratorio M. de S. UANCV .....	40
<b>Figura 22</b> Procedimiento de obtención de humedad.....	42



<b>Figura 23</b> Granulometría.....	43
<b>Figura 24</b> Proceso de obtención de L. líquido .....	44
<b>Figura 25</b> Proceso de obtención de L. plástico .....	45
<b>Figura 26</b> Proceso de abrasión.....	45
<b>Figura 27</b> Ensayo de Proctor.....	46
<b>Figura 28</b> Expansión del material .....	47
<b>Figura 29</b> Ensayo de penetración.....	47
<b>Figura 30</b> Curva granulométrica de la cantera.....	49
<b>Figura 32</b> Diagrama de fluidez .....	50
<b>Figura 33</b> Curva de Compactación del Suelo .....	51
<b>Figura 34</b> Resumen de limites .....	54
<b>Figura 35</b> L. Líquido con % de cemento .....	58



## RESUMEN

De acuerdo con el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la Edificación-2013, el estudio pretendía averiguar cómo estabilizar bases granulares utilizando cemento y cal para mejorarlas física y mecánicamente la muestra de cantera. Se sometieron a ensayos de laboratorio muestras de suelo de cantera de Taparachi y Cabanillas al 0%, 3,5%, 6% y 8,5% de cal o cemento. Según los resultados, el suelo natural cumplía los requisitos de la gradación B pero tenía un mayor índice de plasticidad (4%), y el CBR al 100% de MDS (77,01%) no cumplía los requisitos de EG-2013. La densidad seca máxima y el CBR aumentaron, pero el índice de plasticidad disminuyó cuando se estabilizó con cemento o cal. Se determinó que las carreteras de primera y segunda clase pueden construirse con cimientos granulares estabilizados con un 8,5% de cal o un 8,5% de cemento según las normas EG-2013, mientras que las de tercera clase podrían construirse con combinaciones de 3,5% y 6% de cal o cemento.

**Palabras clave:** Estabilización, base granular, cal, cemento, canteras, suelo, (CBR).



## ABSTRACT

In accordance with the General Technical Specifications for Building 2013, the study aimed to find out how to stabilize granular bases using cement and lime to physically and mechanically improve the quarry sample. Soil samples from the Taparachi and Cabanillas quarries were subjected to laboratory tests with 0%, 3.5%, 6% and 8.5% lime or cement. According to the results, the natural soil met the requirements of gradation B but had a higher plasticity index (4%), and the CBR at 100% MDS (77.01%) did not meet the requirements of EG-2013. The maximum dry density and CBR increased, but the plasticity index decreased when stabilized with cement or lime. It was determined that first and second class roads can be constructed with granular foundations stabilized with 8.5% lime or 8.5% cement according to EG-2013 standards, while third class roads could be constructed with combinations of 3.5% and 6% lime or cement.

**Key words:** Stabilization, granular base, lime, cement, quarries, soil, (CBR).



## INTRODUCCIÓN

Para asegurarse de que la cimentación granular de Juliaca cumple los requisitos de la EG-2013, esta investigación estudia cómo afectan el cemento y la cal a sus propiedades mecánicas y físicas:

El capítulo I, El planteamiento del problema proporciona una comprensión cabal del tema al esbozar los objetivos del estudio, las causas que llevaron a su realización y la forma en que se utilizan las variables para comprender las dimensiones de la investigación, las indicaciones y las hipótesis generales y específicas.

El capítulo II, La base teórica del estudio, que incluye investigaciones previas e información de fondo sobre el uso de aditivos, facilita al lector la comprensión del tema.

El Capítulo III El marco metodológico incluye la selección demográfica y de la muestra, los métodos de recogida de datos, su tratamiento y análisis, y el tipo, la escala y el diseño del estudio.

El Capítulo IV, es la presentación y el análisis de los resultados de la investigación, que comprende la descripción del área de estudio, la metodología utilizada, los resultados, la discusión y explicación de la investigación, la comparación de hipótesis y, por último, las conclusiones.



## CAPITULO I

### EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

#### 1.1 Exposición de la situación problemática

El diseño adecuado de pavimentos y el conocimiento de los materiales mejoran su eficiencia y costos. Las canteras de Taparachi e Islas proveen los materiales para las capas granulares en Juliaca; sin embargo, estos materiales con frecuencia no alcanzan la vida útil prevista, lo que se traduce en costes de mantenimiento, reparación y sustitución. Este análisis sugiere una mezcla de agregado procesado de las canteras de Cabanillas y tierra de la cantera de Taparachi que satisfaga las normas de pavimento EG-2013.

La base granular, que suele estar compuesta por elementos naturales como grava, arena y arcilla, una de la que componen la estructura de los pavimentos de carreteras. Sin embargo, si el material no satisface las especificaciones deseadas, es necesario utilizar adiciones químicas como cal o cemento portland para estabilizarlo. Para garantizar la transitabilidad, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones de Perú establece normas



técnicas de calidad para la base granular de las carreteras y los materiales de cantera para la subbase.

Los áridos de la cantera de Isla se mezclan ahora con los de la cantera de Taparachi, en Juliaca, pero el contenido de plasticidad de la cantera de Taparachi es superior al exigido por la EG-2013. Para mejorar el material se utilizan técnicas mecánicas, incluido el uso de grava tratada. Pero para alcanzar una mayor densidad, es necesario que el suelo tenga una granulometría consistente, con partículas gruesas y pequeñas bien dosificadas para garantizar una compactación adecuada.

Tras la confirmación del uso de productos químicos como la cal, el cemento y el asfalto mediante inspección técnica, esta investigación sugiere emplear cemento portland y cal como técnica de verificación técnica para estabilizar la subbase y la base granular en suelos aceptables para el uso en carreteras.

## **1.2 Planteamiento del problema**

### **1.2.1 Pregunta general**

¿Cómo será el análisis comparativo de la estabilización con cemento y cal para mejorar las propiedades físicas y mecánicas en bases granulares en la ciudad de Juliaca?

### **1.2.2 Preguntas específicas**

1. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del suelo de cantera estabiliza con cemento?
2. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del suelo de cantera estabilizada con cal?
3. ¿Qué valores alcanza las diferentes dosificaciones de la base granular estabilizada con cal y cemento?



## **1.3 Justificación**

### ***1.3.1 Justificación técnica***

El Manual EG-2013 del MTC resalta la importancia de contar con materiales de alta calidad que cumplan los requisitos técnicos para las capas de pavimento granular.

### ***1.3.2 Justificación económica***

Los elevados gastos de reconstrucción, mantenimiento o reparación de las carreteras se deben a la falta de materiales de calidad suficiente que satisfagan los requisitos de EG - 2013 para las capas de firme granular.

### ***1.3.3 Justificación ambiental***

Dado que el suministro de material para capas granulares procedente de la cantera de Taparachi es limitado, la extracción excesiva ha provocado daños medioambientales a la ciudad en el sureste, por lo que se necesitan recursos alternativos de calidad para el uso de capas granulares.

### ***1.3.4 Justificación social***

Este proyecto es importante porque pretende apoyar soluciones creativas para su uso futuro en la ciudad de Juliaca, utilizando análisis físicos y mecánicos para examinar las debilidades del suelo de la cantera de Taparachi y sus posibles aplicaciones en pavimentos.

## **1.4 Objetivos**

### ***1.4.1 Objetivo general***

Determinar el análisis comparativo de estabilización con cemento y cal para mejorar las propiedades físicas y mecánicas en bases granulares en la ciudad de Juliaca



## 1.4.2 *Objetivo específico*

1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de cantera.
2. Analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de cantera estabilizado con la adición de cal en proporciones de 3.5%, 6% y 8.5%.
3. Analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de cantera estabilizado con la adición de cemento en proporciones de 3.5%, 6% y 8.5%.

## 1.5 **Hipótesis**

### 1.5.1 *Hipótesis general*

Según las normas EG-2013, las cualidades físicas y mecánicas de los suelos de cantera pueden mejorarse estabilizando las bases granulares con cemento y cal.

### 1.5.2 *Hipótesis específicas*

1. La estabilización de bases granulares con cemento mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo.
2. La estabilización de bases granulares con cal mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo de cantera.
3. Las bases granulares estabilizadas con cemento y cal cumplen con los requisitos de la EG-2013.

## 1.6 **Variables e indicadores**

### ✓ **Variable independiente**

Aplicación de cemento y cal

#### **a. Indicadores**



- Dosificación de suelo y cemento
- Dosificación de suelo y cal

✓ **Variable dependiente**

Propiedades físicas y mecánicas

**b. Indicadores**

- Limite líquido, plástico, Índice de plasticidad
- Gradación
- Contenido de humedad, DSM
- Desgaste por abrasión, CBR

### 1.7 Operacionalización de variables

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICION	DIMENSIÓN	INDICADOR
<b>Variable independiente:</b> <b>Aplicación de cemento y cal</b>	El cemento y la cal son ejemplos de productos químicos que pueden añadirse al suelo para mejorar sus cualidades mecánicas y proporcionar una base granular para un mejor drenaje.	%	Dosificación de suelo y cemento  Dosificación de suelo y cal
<b>Variable dependiente:</b> <b>Propiedades físicas y mecánicas</b>	Para cumplir con la normativa del EG-2013 (MTC, 2013), el estudio analiza las características mecánicas y físicas de una base granular.).	%	Límites Atterberg Gradación Porcent. de humedad DSM Desgaste por abrasión CBR



## CAPITULO II

### MARCO TEORICO REFERENCIAL

#### 2.1 Antecedentes

##### 2.1.1 *Antecedentes internacionales*

La cal y los aglutinantes puzolánicos han sido utilizados por los seres humanos para estabilizar los suelos; las carreteras sólidas eran esenciales para las civilizaciones inca y azteca. Aditivos, equipos de construcción y los métodos de instalación avanzaron en el siglo XX, haciendo posible la compactación y estabilización del suelo mediante una mezcla de cemento Portland y agua. (IMCYC, 2008).

El estudio del suelo-cemento para carreteras comenzó entre 1910 y 1920. En 1917, Brook Bradley lo utilizó en el Reino Unido y Joseph Hay Amies patentó en EE. UU. la mezcla "Soilamies". En las décadas de 1930 y 1940, experimentos en EE. UU. impulsaron su desarrollo. Tras la Segunda Guerra Mundial, países como España, Argentina, Colombia y El Salvador adoptaron esta técnica, con más de 50 años de experiencia. Hoy, equipos modernos facilitan la mezcla y colocación del suelo-cemento en obra.



García (2022) En el estudio, se aplicaron diferentes cantidades de cal y se realizaron ensayos mecánicos y físicos. Según la investigación, la estabilización con cal es una forma económica de mejorar las cualidades mecánicas, químicas y físicas del suelo, con valores de compactación de 19,38%, 19,47%, 19,56% y 19,68%. Esto sugiere que la estabilización con cal es una opción factible para la construcción de capas de carreteras en zonas rurales.

Etekume evaluó las propiedades geotécnicas de suelos lateríticos estabilizados con diversas proporciones de ceniza hueca y cal hidratada para su uso en la construcción de carreteras. Los ensayos físicos y mecánicos mostraron una notable flexibilidad del limo en el suelo. Los valores del CBR fueron 5,53%, 31,40%, 37,00% y 38,15% con 0%, 2%, 4% y 6% de cal, respectivamente, el índice de plasticidad disminuyó de 19,88 a 17,21. El estudio concluyó que el valor del CBR aumentaba con mayores cantidades de cal hidratada, mejorando la capacidad de carga del suelo.

### **2.1.2 Antecedentes nacionales**

En sus respectivas tesis de 2021, Guevara y Salazar, y Águila y Márquez estudiaron la estabilización de bases granulares, comparando el uso de cemento Portland y emulsión asfáltica.

Guevara y Salazar examinaron las ventajas técnicas y económicas de ambos materiales en carreteras de bajo tráfico, concluyendo que el uso de cemento Portland ofrecía mejores cualidades técnicas a un costo menor que la emulsión asfáltica.

Águila y Márquez, por su parte, analizaron la base granular del acceso a la mina de Cuajone. Encontraron que la estabilización con cemento Portland al 5% mejoró significativamente el CBR (160,40% al 100% de MDS), en contraste con la emulsión



asfáltica al 3,3%, que solo alcanzó un CBR de 82,20%. Estos resultados subrayan la mayor eficiencia del cemento Portland en la estabilización de bases granulares.

En 2021, Estefanero y Arque se propusieron mejorar la resiliencia de las bases granulares en pavimentos articulados de Arequipa mediante la estabilización con cal en distintas concentraciones, logrando valores de CBR del 28%, 45%, 77% y 75%. Su estudio demostró que es viable fabricar bases granulares para carreteras usando cal hidratada. Por su parte, Águila y Márquez analizaron la base granular del acceso a la mina de Cuajone, encontrando que la estabilización con cemento Portland al 5% mejoró significativamente el CBR (160,40%), a cambio con la emulsión asfáltica al 3,3%, que solo alcanzó un CBR de 82,20%. Ambos estudios resaltan la efectividad de la estabilización con los componentes mencionados.

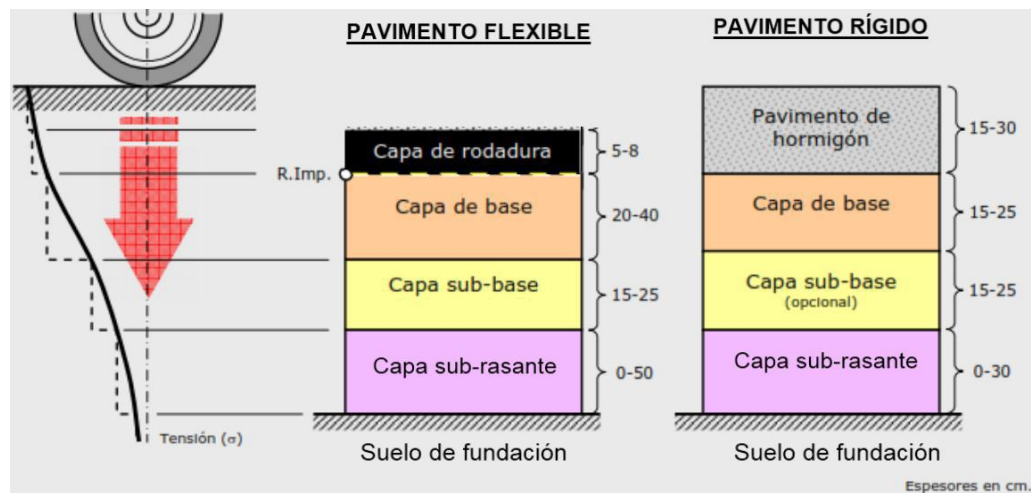
### **2.1.3 Antecedentes regionales**

Una base granular de suelo-cemento para la carretera Juliaca-Caminaca 2021 fue el tema de la tesis 2021 de Paricanaza y Roque. Tras probar varias dosis de cemento, se decantaron por el 2,4% como cantidad óptima para cumplir las normas del MTC.

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1 Pavimentos**

Las estructuras de pavimento son construcciones de varias capas destinadas a dispersar las cargas de los automóviles y mejorar el confort y la seguridad de los conductores. Según el Manual de Carreteras, suele constar de capas como la base, la subbase y la capa de rodadura.

**Figura 1***Distribución de esfuerzos*

Nota. (Bañón Blázquez y Beviá García, 2010, Tomo II, pág. 19-8)

## 2.2.2 Bases granulares

### 2.2.2.1 Base granular

El principal componente estructural del pavimento es la capa que se sitúa entre la capa de rodadura y la subbase; soporta, absorbe y distribuye las tensiones verticales del tráfico a las capas inferiores.

### 2.2.2.2 Sub base granular

Cuando se construyen pavimentos flexibles o rígidos sobre suelos de baja capacidad portante, se suele utilizar la capa situada entre la subrasante y la base del pavimento. Como no tiene que soportar cargas de tráfico elevadas, desempeña la función de una base de menor calidad al proporcionar a la base una buena capa portante y un buen drenaje.

### 2.2.2.3 Funciones

Las capas granulares sirven como materiales drenantes para evitar la falta de partículas, reducen el grosor del costoso ligante y desempeñan funciones económicas al reducir el espesor. Además, desempeñan funciones estructurales al distribuir y absorber las tensiones de las cargas de los vehículos al suelo de cimentación, como menciona Becerrit (2008).

### 2.2.3 Requerimientos para Subbase Granular

Las especificaciones necesarias para una subbase granular que se utilizará en la construcción de pavimentación de carreteras se describen en la EG-2013 (MTC, 2013, p. 360).

**Granulometría:** en este estudio se utilizó la curva de gradación «A» para alturas superiores a 3000 m.s.n.m.

**Tabla 2**

*Especificaciones de Granulometría*

Tamiz	% que pasa			
	Gradación			
	A (1)	B	C	D
50 mm (2")	100	100		
25 mm (1")		75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (N° 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2 mm (N° 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
425 um (N° 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 um (N° 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

*Nota:* EG-2013.

**Ensayos especiales:** En las regiones donde la altura es igual o superior a 3000 m.s.n.m., se realizaron pruebas específicas:

**Tabla 3**

*Ensayos requeridos*

Ensayos	Requerimiento	
	< 3000 msnm	>3000 msnm
Abrasión los Ángeles	50% máx.	50% máx.
CBR (1)	40% mín.	40% mín.
Límite líquido	25% máx.	25% máx.
Índice de plasticidad	6% máx.	4% máx.
Equivalente de arena	25 % mín.	35% mín.
Sales solubles	1% máx.	1% máx.
Partículas chatas y alargadas	20% máx.	20% máx.

*Nota:* Densidad seca 100% (MTC, 2013).

#### 2.2.4 Base granular

Los criterios de calidad EG-2013 se satisfacen con los áridos de la capa de base, mientras que las normas MTC (2014) se satisfacen con el equipo, la construcción, el control de calidad y el CBR.

**Tabla 4**

*Requerimiento de CBR para una base*

Clasificación	Requerimiento
Para carreteras de 2da clase,	Mínimo
3ra Clase Bajo Volumen de tránsito $EE \leq 10 \cdot 10^6$	80%
Para carreteras con tráfico en ejes equivalentes $> 10 \cdot 10^6$	Mínimo
	100%

*Nota:* (MTC, 2014)



## 2.2.5 Suelos

El sistema AASHTO clasifica los suelos en granular y limoso/arcilloso. Estos suelos enfrentan desafíos en el mantenimiento de los firmes, ya que las variaciones de humedad entre condiciones secas y húmedas pueden dañar la capa asfáltica, especialmente por fenómenos atmosféricos prolongados.

### 2.2.5.1 Clasificación de suelos según AASHTO

En función de su índice de plasticidad, límite líquido y distribución granulométrica, los suelos se dividen en ocho clases según el sistema AASHTO. A-4, A-5, A-6 y A-7 son grupos de grano fino; A-1, A-2 y A-3 son grupos de grano grueso. El grupo A-8 comprende los suelos visualmente identificables con alto contenido en materia orgánica, como la turba y los compost orgánicos. La aplicabilidad del sistema AASTHO se muestra en la Tabla 1.

#### *Tamaño de grano:*

- **Grava:** partículas con tamaños entre 75 mm y 2 mm.
- **Arena:** partículas con tamaños entre 2 mm y 0.075 mm.
- **Limo y arcilla:** partículas con tamaños menores de 0.075 mm.

**Tabla 5**

*Clasificación se suelos AASHTO*

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1			A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Limo o grava arcillosa y arena			
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						

*Nota:* (Das, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015, pág. 79)



### 2.2.5.2 Clasificación de suelos según SUCS

Según el sistema de clasificación de Casagrande (1948), los suelos se dividen en **gruesos** y **finos**. Los suelos gruesos, como gravas y arenas, son aquellos que retienen más del 50% en la malla N° 200 y llevan los prefijos **G** y **S**. Los suelos finos, como limos, arcillas y suelos orgánicos, pasan por la malla N° 200 y se identifican con los prefijos **M**, **C**, **O** y **Pt**. Además, los suelos se clasifican en bien o mal clasificados, y según su plasticidad: baja (menos de 50) o alta (más de 50).

Para entender este sistema debe saberse que:

- **Grava**: partículas entre 76.2 mm y 4.75 mm.
- **Arena**: partículas entre 4.75 mm y 0.075 mm.

Los símbolos para los suelos gruesos son: **GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM** y **GP-GC**. Los símbolos para los suelos finos incluyen: **CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML** y **Pt**. El sistema distingue entre la fracción fina (porcentaje que pasa la malla N° 200) y la fracción gruesa (porcentaje retenido por dicha malla).

**Figura 2**

*Sistema de clasificación según SUCS*

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACION DE LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	
		(sin o con pocos finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	
		Gravas con finos	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.	
		(apreciable cantidad de finos)	GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	
	ARENAS	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	
			(pocos o sin finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	
			(apreciable cantidad de finos)	SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.
		Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	
		SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas:		ML
Limite líquido menor de 50	Limos y arcillas:		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.	
			OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.	
			MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.	
Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Limite líquido mayor de 50		Limos y arcillas:	CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.
				OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.
				PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.

**Ábaco de Casagrande**

The chart plots Plasticity Index (Índice de Plasticidad) on the y-axis (0 to 60) against Liquid Limit (Límite Líquido) on the x-axis (0 to 100). Two diagonal lines, Line A and Line U, divide the plot into regions for different soil types: ML (low plasticity inorganic silty clay), CL (medium plasticity inorganic clay), OL (low plasticity organic clay), MH (high plasticity inorganic clay), CH (high plasticity inorganic clay), and OH (high plasticity organic clay). A horizontal line is drawn at PI = 7.

### 2.2.6 Estudio de las canteras

#### 2.2.6.1 Cantera

La extracción de arenas para la industria de la construcción -que antaño carecía de interés- se denomina cantera. Pero, debido a la normativa medioambiental, la explotación de canteras requiere ahora más conocimientos técnicos, lo que la convierte en una parte esencial de la construcción, el mantenimiento y la renovación de carreteras.

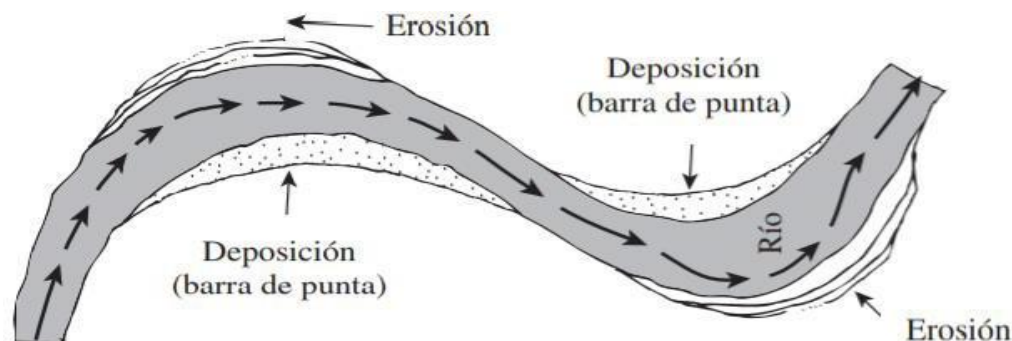
#### Figura 3

*Exploración de la cantera*



#### 2.2.6.2 Cantera de arenas

Las canteras de arena se forman por una pendiente natural descendente, fenómeno llamado fluencia. La arena, un suelo granular creado por la desintegración mecánica de rocas debido a fuerzas como el viento y las corrientes marinas, tiene partículas que no se adhieren entre sí y se clasifican en gruesas, medias o finas, con tamaños entre 4,75 mm y 0,075 mm. Estas canteras se encuentran en capas terrestres, ríos y el mar.

**Figura 4***Cantera de arena**Nota:* (Braja, 2015, p. 24)

### 2.2.7 Exploración de canteras

En el marco del procedimiento de exploración y muestreo, deberán realizarse al menos cinco sondeos por hectárea de terreno, y las estaciones de prospección deberán estar espaciadas uniformemente para garantizar la densidad. Para la exploración se utilizarán pozos, sondeos y zanjas excavadas a una profundidad mínima. Se obtendrán muestras suficientes de las canteras para realizar pruebas y verificaciones, y muestras representativas de cada cantera se someterán a pruebas periódicas para garantizar su idoneidad para diversos usos.

### 2.2.8 Muestras. Estas muestras se clasifican: (MTC, 2014)

Debido a sus cualidades de índice y a la identidad del material, las muestras representativas son materiales de un estrato que no han sufrido ningún cambio químico y se utilizan para la clasificación general. Por otro lado, las muestras no representativas contienen partículas mezcladas con diversos elementos y no representan a ningún estrato, lo que permite una clasificación más exhaustiva.

**Figura 5**

*Exploración de muestras alteradas e inalteradas*



### 2.2.9 Norma para los ensayos.

#### 2.2.9.1 Manual de ensayos MTC - 2016.

Documentación necesarios para evaluar los distintos materiales empleados en la construcción vial.

#### 2.2.9.2 Propiedades físicas.

##### a) Granulometría:

El propósito de este análisis es calcular la fracción de los componentes del suelo grueso, ordenados por su tamaño. La angulosidad y la compacidad de los granos son parámetros importantes que se descuidan en la investigación que evalúa la resistencia de arenas, gravas y limos no plásticos.

##### Retenido parcial:

$$\% \text{Retenido Parcial} = \frac{\text{Peso Retenido Parcial}}{\text{Peso Total}} * 100 \dots \dots \text{Ec N}^\circ 1$$

##### Retenido acumulado:

$$\% \text{ Ret. Acumulado} = \% \text{ Ret. Acumulado} + \% \text{ Ret. Parcial} \dots \text{ Ec N}^\circ 2$$

**Pasa por tamiz:**

$$\% \text{ Pasa Tamiz} = 100 - \% \text{ Ret. Acumulado} \dots \dots \text{ Ec N}^\circ 3$$

**Figura 6**

*Granulométrico*



**b) Limite liquido:**

Para determinar el contenido de humedad del suelo se utiliza una prueba que compara el suelo en estado líquido y plástico. Cuando se analizan muestras que pasan por un tamiz del n° 40, se utilizan una espátula y una cuchara Casagrande.

El proceso consiste en calcular cuántos golpes son necesarios para cerrar una ranura hecha con una espátula de 13 mma razón de 2 golpes/seg.

$$LL(\%) = \left( \frac{N}{25} \right)^{0.121} \dots \dots \text{ Ec N}^\circ 4$$

**Figura 7***Pruebas de L. liquido***c) Límite plástico e índice de plasticidad IP:**

El índice de plasticidad (PI), que es la diferencia entre LL y LP, puede utilizarse para estimar el límite plástico del suelo, que es el contenido de humedad más bajo al que pueden formarse cilindros de 3 mm de diámetro sin desmoronarse:

$$\text{Limite Plastico}(\%) = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco del horno}} * 100 \dots \dots \text{Ec N}^\circ 5$$

$$\text{Indice plastico} = \text{Limite Liquido} - \text{Limite Plastico} \dots \dots \text{Ec N}^\circ 6$$

**Figura 8***Prueba de L. plástico*

**Tabla 6***Categorización de suelos según el IP*

Índice de plasticidad	Plasticidad	Características
IP>20	Alta	Suelo muy arcilloso
20>IP>7	Media	Suelo arcilloso
IP<7	Baja	Suelo poco arcilloso
IP=0	No plástico (NP)	Suelo exento de arcilla

*Nota:* (MTC, 2014).S

La proporción de polvo fino o polvo arcilloso en el suelo, o el equivalente de arena, o agregados finos.

**Tabla 7***Equivalente de Arena*

Equivalente de arena	Características
EA > 40	Suelo no plástico. Es arena
40>EA>20	Suelo poco plástico, no heladizo.
EA<20	Suelo plástico y arcilloso.

*Nota:* (MTC, 2014).

### 2.2.9.3 Propiedades mecánicas

#### A) A. los ángeles:

La degradación de los agregados minerales de granulometría estándar es resultado de la abrasión, choque y aplastamiento dentro del ensayo.

$$\text{Degaste}(\%) = \frac{\text{Peso inicial} - \text{peso final del ensayo}}{\text{Peso inicial de la muestra}} * 100 \dots \text{Ec N}^\circ 7$$

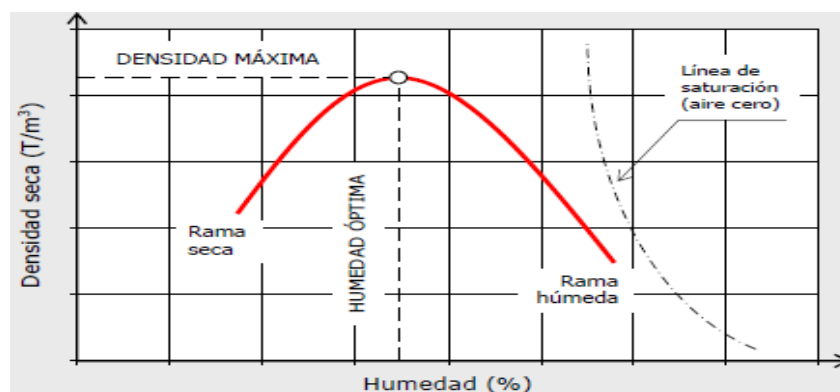
**Figura 9***Prueba de Abrasión***B) Proctor Modificado:**

Utilizando pesas de regla, el estudio determina una curva de compactación que correlaciona la densidad seca con el contenido de humedad.

$$\text{Densidad húmeda } (P_m), \text{ en } (g/m^3) = 1000 * \frac{(M_T - M_{md})}{V} \dots\dots \text{Ec. 8}$$

$$\text{Densidad seca } (P_d), \text{ en } (g/m^3) = 1000 * \frac{P_m}{1 + \frac{W}{100}} \dots\dots \text{Ec. 9}$$

$$\text{Contenido de humedad } (W), \text{ en } (\%) = 1000 * \frac{M_w}{M_s} \dots\dots \text{Ec. 10}$$

**Figura 10***Diagrama de la Curva humedad vs densidad seca.*

*Nota:* Bañón y Beviá (2010, pág. 15/13)

**Figura 11***Procedimiento del ensayo***C) Ensayo de CBR**

El ensayo (CBR) detecta la capacidad portante de la muestra y sus capas; para ello, modifica las muestras compactadas mediante el ensayo Proctor modificado. Los niveles de densidad y humedad, la resistencia a la penetración y la expansión como resultado de la acción del agua forman parte de la prueba.

$$CBR(\%) = \frac{\text{Presión en el suelo}}{\text{Presión en el suelo patrón}} * 100 \dots\dots Ec N^{\circ} 11$$

$$(\%) \text{ de expansión} = \frac{\text{lectura inicial} - \text{lectura final}}{127 (\text{altura del molde})} * 100 \dots\dots Ec N^{\circ} 12$$

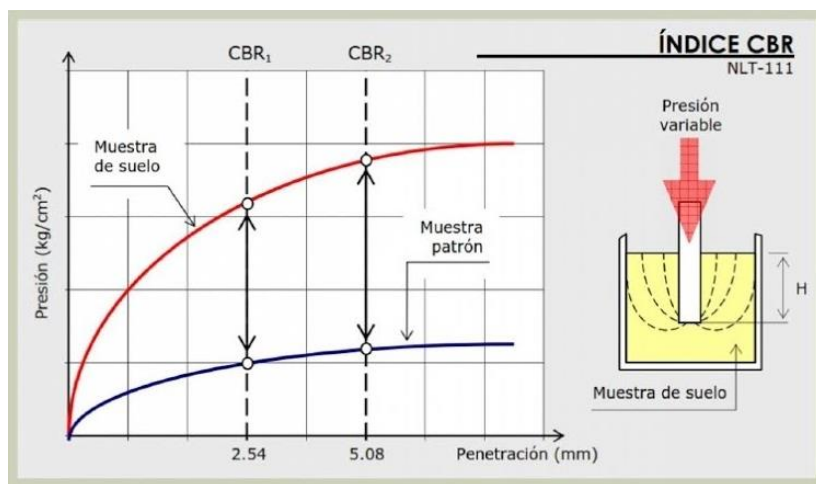
**Procedimiento para el cálculo de la prueba de CBR:**

Comprimiendo muestras en moldes, dejándolas en remojo durante cuatro días y recogiendo datos cada 24 horas, la prueba Proctor modificada determina el contenido de humedad ideal. A continuación, utilizando

equipos CBR, realizan pruebas de penetración a 0,05 pulg por min, registrando las lecturas de presión a diferentes profundidades.

**Figura 12**

*Curva humedad - densid seca*



**Tabla 8**

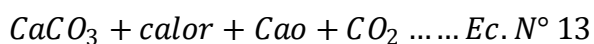
*Valores (CBR)*

Penetración		Requerimiento		
<del>Pulg.</del>	Mm	<del>Mpa</del>	<del>Ip/plg*2</del>	<del>Kgf/cm*2</del>
0.10	2.54	6.90	1000	70.31
0.20	5.07	10.35	1500	105.46

*Nota:* (MTC, 2016)

**2.2.10 La cal**

La capacidad de la cal para influir en las propiedades fisicoquímicas y aumentar la resistencia mecánica la convierte en un popular agente estabilizador de suelos arcillosos y limosos.(García, 2022).





Fórmula de la cal.

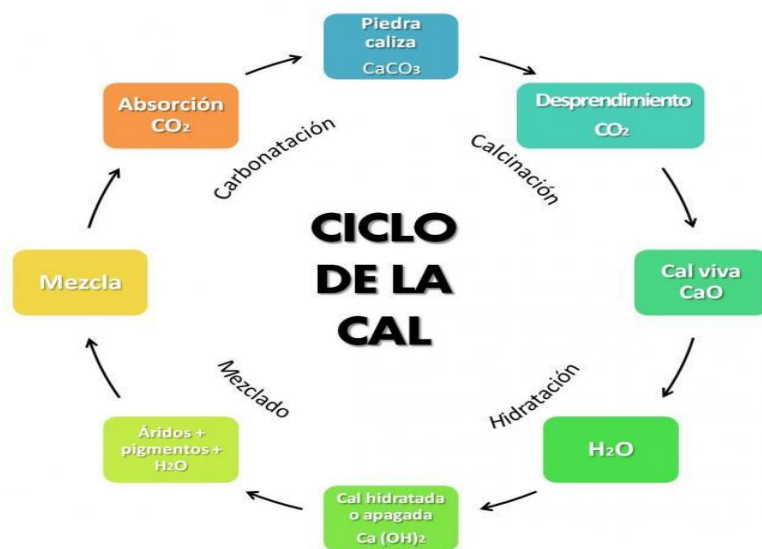
### *2.2.11 Variedades de cal*

- **Cal aérea:** Una forma de cal conocida como «cal aérea» está formada por hidróxidos y óxidos de calcio y magnesio, que se solidifican con el CO<sub>2</sub> atmosférico. No reacciona con el agua y no tiene cualidades hidráulicas (García Restrepo, 2022).
- **Zonas calcáreas:** Los niveles más bajos de óxidos de magnesio se encuentran en las zonas calcáreas, que se componen de cal viva (disponible en forma granulada o en polvo) y cal apagada (hecha mezclando cal viva con agua). Comercialmente, ambas variedades se ofrecen en forma de pasta, lechada o suspensión (García Restrepo, 2022).

### *2.2.12 Procedimiento de fabricación de la cal*

La cal viva, también llamada cal apagada, se fabrica quemando y extrayendo rocas calizas. A continuación, la cal se mezcla con agua para que salga la cal hidratada, que es el resultado de cambiar el estado inicial de una sustancia de no magnética a maleable. (Linares, 2009).

Figura 13

*Ciclo de vida de la cal*

### 2.2.13 Cales utilizados en la estabilización.

- ✓ **Cal viva:** La cal viva, un material formado por óxido de calcio y magnesio, surge del proceso de calcinación. Dependiendo de la necesidad, este compuesto puede encontrarse en varias formas, desde granos hasta polvo o incluso en un estado más fino, conocido como micronizado. Lo interesante es que cuando la cal viva se mezcla con agua, se produce una reacción exotérmica, generando calor en un proceso que la convierte en un material esencial para diversas aplicaciones (Palli Apaza, 2015).
- ✓ **Cales apagada o hidratada:** La cal apagada, también conocida como cal hidratada, se obtiene al añadir agua a la cal viva, transformándola cuidadosamente en hidróxido de calcio. Este tipo de cal está disponible en formas variadas, ya sea como una lechada, que es una mezcla líquida, o en polvo fino seco. Esta versatilidad la hace útil en múltiples contextos, desde la construcción hasta tratamientos de suelos (Palli Apaza, 2015).

- ✓ **Lechada de cal:** Se elabora al suspender cal apagada en agua, creando una mezcla con un aspecto lechoso que puede prepararse tanto en fábricas como directamente en el lugar de trabajo. Esta mezcla, que puede contener entre 150 y 400 gramos de cal por litro de agua, es útil en el tratamiento de suelos, ya que ayuda a humedecerlos y a evitar que el polvo se levante cuando se esparce la cal. Además, en algunos casos, la lechada puede prepararse utilizando cal viva, lo que añade otra dimensión a su aplicabilidad (Palli Apaza, 2015).

#### 2.2.14 Cemento portland

En su investigación de Águila y Márquez en el 2021. El hormigón es un polvo de aspecto grisáceo que se vuelve pastoso cuando se combina con agua. Este elemento activador es una parte esencial del proceso de elaboración del hormigón porque le confiere su resistencia, durabilidad y variaciones volumétricas.

##### i. Componentes químicos del cemento

Tabla 9

Características del cemento.

Compuesto	Composición	Abreviación	Nombre común
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C3S	Alita
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C2S	Belita
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C3A	Celita
Aluminoferrito tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C4AF	Felita

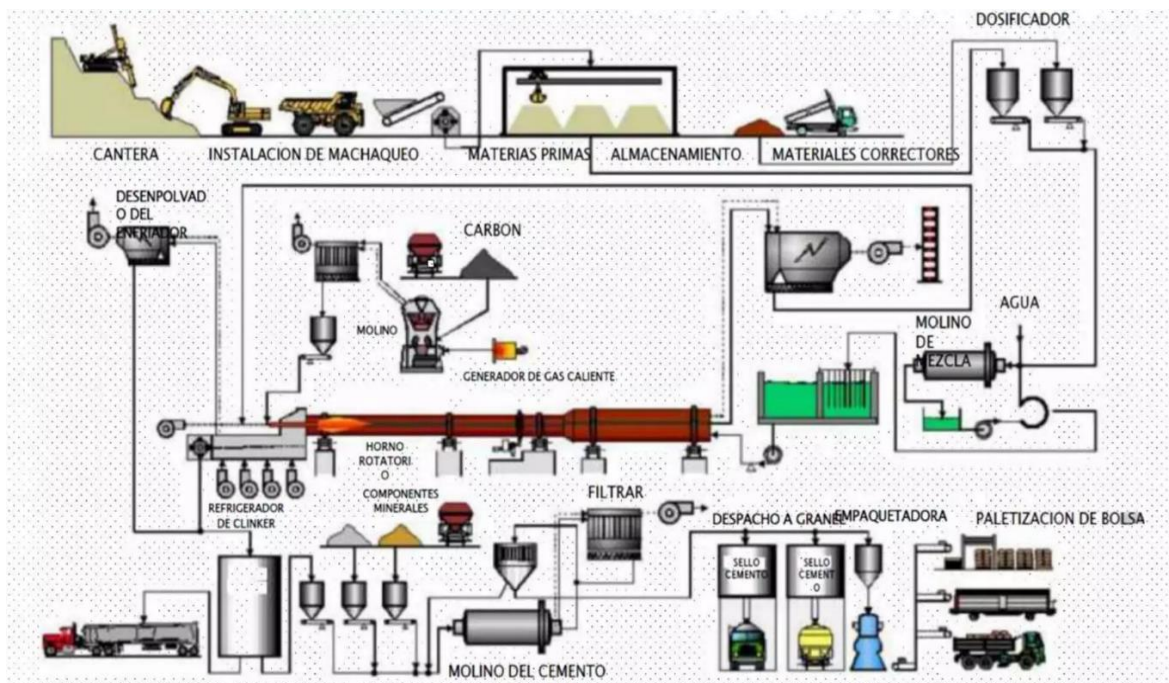
Nota: (Velásquez, 2018, p. 36).

## ii. La preparación del cemento

El primer paso en la fabricación de cemento consiste en quemar las materias primas a una temperatura de 1480 °C para crear el clínker. La adición de silicatos cálcicos hidráulicos y sulfato cálcico durante la molienda provoca la formación de pequeños nódulos. El clínker y un 5% de yeso se trituran juntos para fabricar cemento Portland.

Figura 14

Proceso de elaboración del cemento



## iii. Tipos

- Tipo I. para uso diario
- Tipo II. Este cemento necesita más tiempo para fraguar.
- Tipo III. Este cemento se vuelve muy fuerte en menos de 7 días.
- Tipo IV. Cemento de secado lento que no produce mucho calor al hidratarse.
- Tipo V. Más resistente al ataque del salitre.

#### iv. *Cemento Portland Tipo I*

Por sus menores tiempos de fraguado y mayor resistencia inicial, este cemento es frecuentemente empleado en la construcción, según Velásquez (2018, p. 39). El yeso y el clínker de tipo I se muelen juntos para fabricar un material que suele utilizarse en lugares fríos para obras prefabricadas, simples y de hormigón armado. Este material debe cumplir las normas NTP 334.009 antes de poder venderse al público.

**Tabla 10**

*Requerimientos del Cemento Portland Tipo I*

Característica	Requisito	
Composición química	MgO	< 6%
	SO <sub>3</sub>	< 3%
	Composición química	< 3.5%
	Pérdida por ignición	< 1.5%
Propiedades físicas	Contenido de aire	< 12%
	Expansión en autoclave	< 0.80%
	Superficie específica	>2800 cm <sup>2</sup> /gr
Resistencia a la compresión	Densidad	No específica
	A 3 días	>12MPa
	A 7 días	>19MPa
Tiempo de fraguado	A 28 días	>28 MPa
	Inicial	>45 min
	Final	< 375 min

*Nota:* NTP 334.009

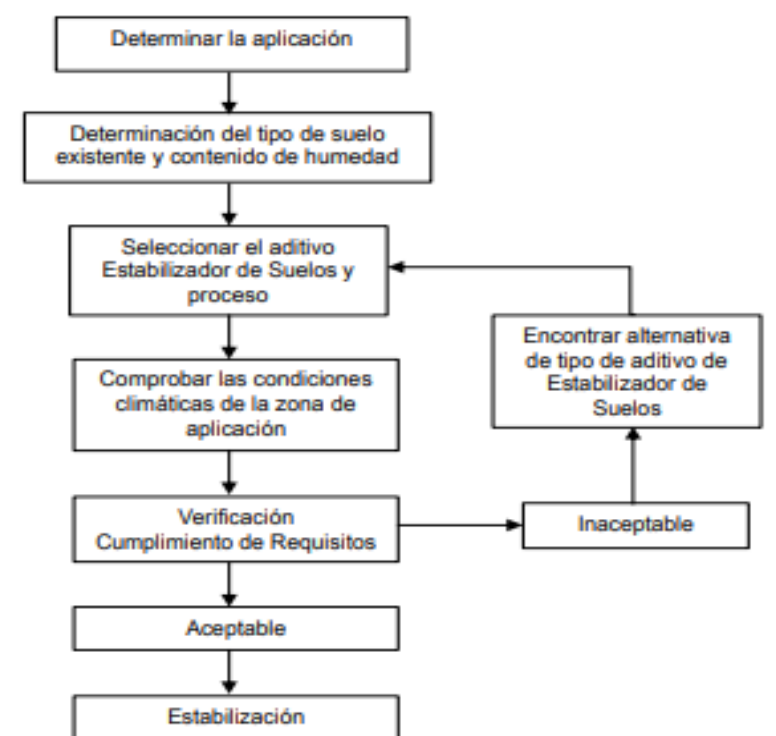
#### 2.2.15 *Estabilidad de suelos*

Los suelos naturales tienen una baja capacidad portante, lo que los hace inadecuados para la construcción. Para aumentar su capacidad portante, pueden tratarse mecánicamente o rellenarse con materiales naturales y sintéticos. La estabilización granular del suelo, también conocida como «capa base», produce materiales de calidad

superior. Los métodos incluyen asfalto, cemento Portland, cal, escoria, cloruros y métodos físicos y mecánicos. La estabilización es necesaria para bases o subbases con un CBR inferior al 40% y al 6%, y debe tener en cuenta factores como la eficacia, el coste, el tipo de suelo, las herramientas disponibles y la comprensión de la técnica.

**Figura 15**

*Técnica de estabilización*



*Nota:* (MTC, 2014).

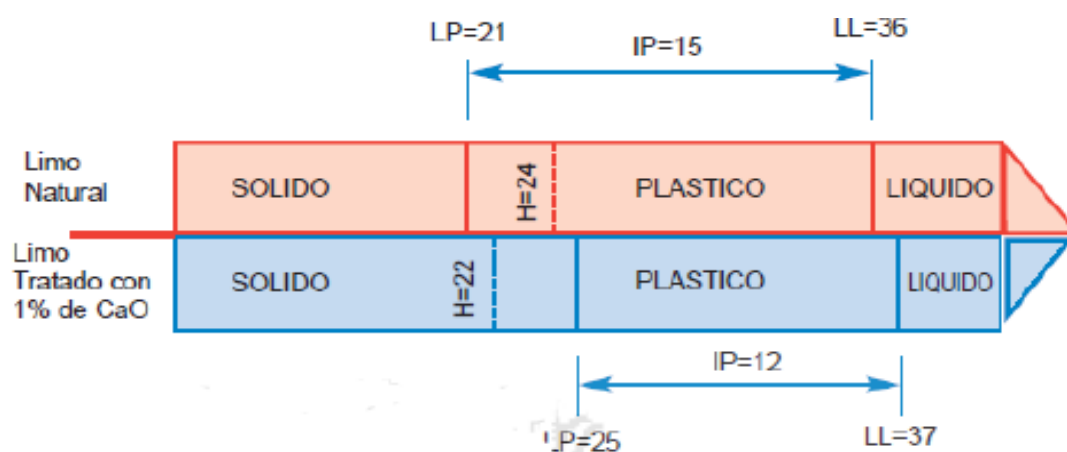
### 2.2.16 Suelos estabilizados con cal

Cuando se mezclan tierra, agua y cal, se forma la cal-suelo. La cal puede presentarse en varias formas, como cal anhidra, viva, hidratada y apagada, todas obtenidas mediante la calcinación de piedra caliza. También se usa la cal aérea, que se seca en el aire y agua. Esta es adecuada para suelos arcillosos y con grava que contengan entre un 2% y 4% de  $\text{Ca(OH)}_2$  en peso. Actúa como estabilizador, secando suelos húmedos y

mejorando sus propiedades a corto y largo plazo. La cal, según el método de estabilización (cementación o enmienda), puede endurecer o reducir la flexibilidad del suelo arcilloso, afectando su maleabilidad y ductilidad.

**Figura 16**

*La cal en el suelo*



*Nota:* (Palli Apaza, 2015)

Por consiguiente, el hecho de que la cal se utilice para aumentar la resistencia global de la composición del suelo o para modificar la plasticidad o el contenido de humedad de la estructura determina los parámetros de diseño de las combinaciones suelo-cal en laboratorio.

### 2.2.17 Suelos estabilizados con cemento

Al crear una masa cementada, el cemento Portland mejora la calidad y la resistencia del suelo. Al ser más fino y liso, aumenta la superficie de contacto con los minerales al formar conexiones mecánicas y químicas.

**Figura 17**

*Cementación*

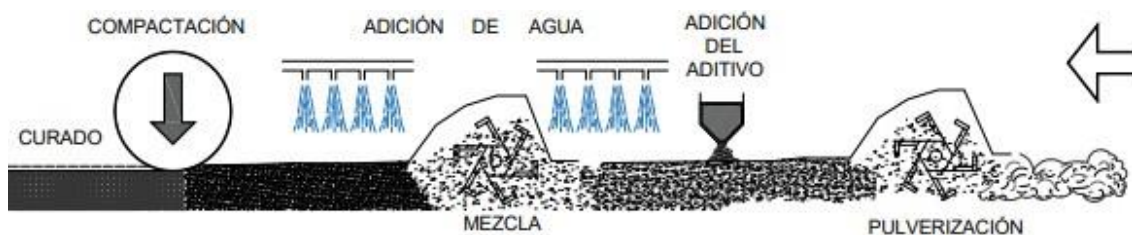


*Nota:* (Handy, 1958, p. 63).

Determinar el grado de mejora del suelo es esencial antes de aplicar cemento Portland para su estabilización. Existen dos mezclas principales: suelo-cemento alterado con cemento; la cantidad de cemento utilizada varía. La cantidad de cemento, que es el componente más caro y determina si el procedimiento de estabilización es técnica y financieramente viable, es vital. Utilizado como capa portante o de apoyo bajo las capas bituminosas, la combinación de agua, cemento y suelos finos o granulares produce el suelo-cemento, una sustancia que se endurece con el tiempo.

**Figura 18**

*Estabilización de Suelos con Cemento*



*Nota:* (Kraemer et al., 2014, p. 127).

Tabla 11

*Cemento Para Estabilización Según Tipo de Suelo*

AASHTO	Rango usual de cemento requerido	Porcentaje del peso de los suelos
A-1-a	3-5	
A-1-b	5-8	
A-2	5-9	
A-3	7-11	
A-4	7-12	
A-5	8-13	
A-6	9-15	
A-7	10-16	

*Nota:* (MTC, 2014).

### 2.3 Marco conceptual

- 1. Base granular:** La cimentación granular es esencial para la estabilidad de la construcción de carreteras. Para obtener los mejores resultados, debe cumplir unas normas de calidad antes de utilizarse en proyectos de carreteras.
- 2. Pavimento:** Partiendo de la subrasante que se crea tras el movimiento de tierras, el pavimento es una secuencia de capas superpuestas con materiales cuidadosamente elegidos y compactados para distribuir las cargas del tráfico y preservar las capas inferiores.
- 3. Base granular estabilizada:** La base granular estabilizada, que se coloca en capas sobre la subbase o subrasante no tratada, es un componente esencial de los sistemas de pavimentación. Se mejora estabilizándola con



productos químicos u otros bienes, sobre todo en los casos en que la composición del material de cantera no cumple las normas técnicas.

4. **Cantera:** Una cantera es un depósito natural de materiales utilizados en la construcción, renovación, reparación o mantenimiento de carreteras que garantiza la resistencia y longevidad de las infraestructuras viarias. (MTC, 2018).
5. **AASHTO:** La elaboración de normas y recomendaciones para la construcción y mantenimiento de carreteras estatales y redes de transporte público es una de las principales responsabilidades de la AASHTO.
6. **Abrasión:** La pérdida de masa que experimenta un agregado como resultado del desgaste constante se denomina abrasión, o fricción, y es una consideración importante a la hora de evaluar la longevidad de los materiales de construcción.
7. **Agregado fino:** Según el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales, el árido fino es un material de construcción con un tamaño inferior a 4,76 mm y está constituido principalmente por arenas.
8. **Agregado grueso:** Por su resistencia y estabilidad, los áridos gruesos - compuestos en su mayor parte por gravas- son esenciales para la construcción de pavimentos, ya que proporcionan a las cargas de tráfico el soporte que necesitan.
9. **Capas granulares:** Para mantener la integridad y longevidad de los pavimentos, las capas granulares soportan, absorben y distribuyen las cargas del tráfico a las capas situadas por debajo.



- 10. Compactación:** El proceso crítico de compactación, que mejora la resistencia, la estabilidad y la deformación del suelo bajo carga, garantiza unos cimientos sólidos para los edificios.
- 11. Cantidad de humedad:** Las características mecánicas de un suelo y su comportamiento bajo carga dependen en gran medida de su contenido de
- 12. CBR:** El índice CBR compara la fuerza necesaria para perforar grava triturada en una muestra estándar para evaluar la resistencia del suelo a la penetración del pistón, mostrando la capacidad portante..
- 13. Densidad:** La densidad, o relación peso/volumen de un material, es importante en la construcción porque establece la resistencia y compacidad de los materiales utilizados.
- 14. Granulometría:** La granulometría es una técnica que se utiliza para identificar y elegir los materiales de construcción adecuados mediante el cálculo de la distribución del tamaño de las partículas en el suelo.(MTC, 2013).
- 15. Grava:** La grava de más de 4,75 mm y hasta 75 mm es un componente esencial que da resistencia y estabilidad a las capas granulares y a la construcción de pavimentos.
- 16. Índice de plasticidad:** El índice de plasticidad compara el límite plástico de un suelo con su límite líquido para determinar cuánto puede doblarse sin romperse, haciéndolo apto para la construcción- (MTC, 2013),
- 17. Límite líquido:** Para conocer el comportamiento de un suelo en condiciones de saturación es necesario conocer su límite líquido, que es el punto en el que el suelo pierde su resistencia al cizallamiento y empieza a actuar como un líquido.



**18. Límite plástico:** Para comprender la plasticidad y moldeabilidad del suelo es necesario conocer su límite plástico, que es el punto en el que el material pasa de plástico a semisólido. - (MTC, 2013).



## CAPITULO III

### METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Diseño de la investigación

##### 3.1.1 *Nivel de investigación*

Es descriptivo

##### 3.1.2 *Diseño de la investigación*

Diseño experimental por su relación causa-efecto.

##### 3.1.3 *Tipo de investigación*

Es aplicada, ya que se generarán nuevos conocimientos mediante ensayos de laboratorio en suelos granulares estabilizados con cemento Portland y cal, verificando si cumplen con la (EG-2013).



### **3.1.4 Método de investigación**

En el EG-2013, se investigan las propiedades físico-mecánicas de una base granular estabilizada con cal y cemento mediante razonamiento deductivo y pruebas experimentales.

### **3.1.5 Enfoque de investigación**

El objetivo de esta investigación es identificar las características mecánicas de las bases estabilizadas mediante un análisis cuantitativo. Para ello, se recopilarán datos numéricos y se compararán con la EG-2013 (MTC, 2013) para determinar la aceptabilidad de los datos para su uso en carreteras pavimentadas y no pavimentadas.

## **3.2 Población y muestra**

### **3.2.1 Población**

La mezcla de tierras granulares de la cantera de Taparachi y de arena de la cantera de Cabanillas, que se utilizaron para construir las aceras de Juliaca, constituye la población.

### **3.2.2 Muestra**

Con base en las pruebas del Manual de Pruebas 2016 del MTC, la muestra se compone de suelos granulares Taparachi y agregados tratados Cabanillas.

### **3.2.3 Diseño muestral**

Cada prueba utilizará 200 kg de suelo de cantera, divididos en lotes de 50 kg. El diseño de la muestra se basó en el «Manual de suelos y pavimentos» del MTC (2014). Se aplicarán dosis de cal de 0%, 3,5%, 6% y 8,5%, evaluando las características mecánicas y físicas del suelo para cumplir con las especificaciones de la EG-2013.

### 3.3 **Ámbito de estudio**

#### 3.3.1 *Ubicación del área en estudio*

✓ **Cantera Taparachi:**

Ubicación: Sector de Taparachi del distrito de Juliaca, provincia de San Román región Puno.

Propiedad: Municipalidad provincial de San Román-Juliaca.

Origen: Por desprendimiento químico.

Tipo: Cantera de suelo residual.

#### **Figura 19**

*Cantera taparachi*



✓ **Cantera Cabanillas:**

Ubicación: Carretera Juliaca-Arequipa km 282, distrito Cabanillas, provincia de San Román región Puno.

Propiedad: Planta chancadora Cabanillas.

Origen: Producto del chancado de canto rodado, del rio Taya taya.

Tipo: Cantera de suelo transportado.

**Figura 20**

*Cantera Cabanillas*



### 3.3.2 Descripción del área de estudio

Las pruebas de capacidad portante y mezclas de materiales granulares se realizaron en el laboratorio de la UANCV en Juliaca, certificado y homologado por el (INACAL).

**Figura 21**

*Laboratorio M. de S. UANCV*





### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El estudio de investigación se llevó a cabo de acuerdo con la secuencia racional descrita en el EG - 2013, registrando los resultados de pruebas complejas y utilizando técnicas de observación.

#### 3.4.1 Muestro y preparación

Para mejorar la muestra se utilizó cierta cantidad de cal de la cantera de Taparachi, cerca de Juliaca, y una combinación de arenas de la cantera de Cabanillas y materiales granulares de esa cantera.

#### 3.4.2 Obtención de muestras.

La cal estabilizante se incorporará a las mezclas suelo-cal y bases granulares en canteras en porcentajes en peso de 0%, 3,5%, 6% y 8,5%. Las dosis se establecerán en función de la técnica de preparación.

**Tabla 12**

*Muestras para base*

Dosificación	Estabilizante cal (%)	Estabilizante cemento portland (%)
M0	0	0
M1	3.5	0
M2	6.0	0
M3	8.5	0
M4	0	3.5
M5	0	6.0
M6	0	8.5

### 3.4.3 Pruebas mecánicas y físicas de la base

Las características físicas y mecánicas de la base granular estabilizada en cada una de las seis dosis se evaluarán mediante los siguientes ensayos:

- ✓ Granulométrico
- ✓ Ensayos Atterberg
- ✓ Equivalente de arena
- ✓ Proctor modificado
- ✓ Desgaste por abrasión
- ✓ (CBR)

## 3.5 Procedimiento en laboratorio de suelos

### 3.5.1 Determinación del contenido de humedad

Utilizando las normas MTC E 108, la prueba determinó el contenido de humedad de los materiales e informó de los resultados como porcentaje del contenido de agua en una determinada masa de suelo.

#### Figura 22

*Procedimiento de obtención de humedad*



### 3.5.2 Ensayos de las características granulométricas

#### 3.5.2.1 Cantera Taparachi

Utilizando una muestra de unos 5 kg de peso, el examen granulométrico se llevó a cabo de acuerdo con la norma E 107 del MTC. Tras secarse durante un día entero a 110°C, la muestra se limpió con malla n.º 200, se secó una vez más y se tamizó utilizando tamices de la serie ASTM. Se utilizaron ecuaciones para determinar la proporción de cada tamaño en función de la cantidad de material retenido en cada tamiz.

#### 3.5.2.2 Cantera Cabanillas

Para la prueba se utilizó una muestra de 500 gramos, que cumplía las especificaciones de la norma E 204 del MTC. El peso original se obtuvo eliminando el contenido de humedad en el horno. Después de limpiar la muestra y secarla durante 24 horas a 110°C, se tamizó utilizando tamices de la serie ASTM, permaneciendo el material en cada tamiz, pero cambiando la proporción de cada tamaño.

#### Figura 23

##### *Granulometría*



### 3.5.3 Prueba de *L. líquido*

Material granular procedente de Taparachi que ha sido optimizado con arena de la cantera de cabillas.

Tamice la tierra, añada agua y, a continuación, añada cal en distintas cantidades para preparar la tierra. Haz un agujero en el centro de la pasta y colócala dentro de un vaso Casagrande. Calcula cuántos golpes son necesarios para sellar la abertura. Toma una muestra adherida, pécala antes y después de meterla en el horno y repite la prueba tres veces.

#### Figura 24

*Proceso de obtención de L. líquido*



### 3.5.4 Limite plástico

- ✓ Taparachi material granular mejorado con arena de la cantera de Cabanillas. Utilizar la mezcla realizada para el ensayo de límite líquido, la cual fue suciedad mezclada con cal adicionada en los siguientes porcentajes en peso: 0%, 3,5%, 6% y 8,5%.

- ✓ A continuación, se hace rodar en círculos de 3 mm de grosor hasta que se parta.
- ✓ Es fundamental pesar los rollos antes y después de hornearlos.
- ✓ Hay que hacer el examen tres veces.

**Figura 25**

*Proceso de obtención de L. plástico*



### 3.5.5 Prueba de Abrasión de los Ángeles

Tras limpiarla y pesarla, la muestra se añade a la máquina Angels. El porcentaje de desgaste se calcula a partir del peso.

**Figura 26**

*Proceso de abrasión*



### 3.5.6 *Proctor modificado*

Utilizando cinco muestras con diferentes contenidos de agua, se desarrolla el Proctor modificado de la cantera Taparachi, optimizado con la cantera Cabanillas. Las piezas se colocan en un molde y se comprimen con 56 golpes por capa para un total de cinco capas. Antes de crear una curva de compactación, se pesa el molde antes y después de introducirlo en el horno.

#### **Figura 27**

*Ensayo de Proctor*



### 3.5.7 *Proceso de CBR*

De cantera Taparachi optimizado con cantera Isla.

El peso del suelo puede calcularse mezclándolo con distintas concentraciones de cal. A continuación, el material se compacta utilizando el método Proctor modificado. La tierra se hincha durante cuatro días antes de expandirse. Las curvas tensión-deformación se obtienen mediante un ensayo de carga-penetración. En las curvas talladas se muestra la densidad seca frente al CBR. El procedimiento garantiza el contenido de humedad ideal y la resistencia del suelo.

La capacidad portante de esta combinación se determinó realizando el ensayo de acuerdo con los criterios del MTC E 132. El método constaba de dos pasos, que se clasifican en las siguientes categorías:

## Figura 28

*Expansión del material*



### 3.5.7.1 Penetración.

Al final del cuarto día, se realizó la prueba de apoyo y se midió la penetración a 1,27 mm por minuto. Después de 12, 25 y 56 golpes, se tomaron medidas de presión a diferentes intervalos, lo que dio lugar a una curva de tensión-deformación para cada espécimen.

## Figura 29

*Ensayo de penetración*





## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y ANALISIS

#### 4.1 Presentación de resultados

##### 4.1.1 *Propiedades físicas y mecánicas de la cantera*

Con un nivel de humedad del 3,83%, C. Taparachi cumple para una clasificación B en la EG-2013. Sin embargo, el índice de plasticidad del suelo es un 1,99% superior al límite del 4% con un nivel de humedad del 5,99%. A un nivel de humedad del 5,75%, la muestra alcanza su máxima densidad seca, dando un CBR del 95% y 100% de MDS a 0,1» de 51,25% y 77,01%, en ese orden. Dado que este valor es inferior a las normas EG-2013, se recomienda utilizar productos químicos como cemento o cal para aumentar la capacidad portante.

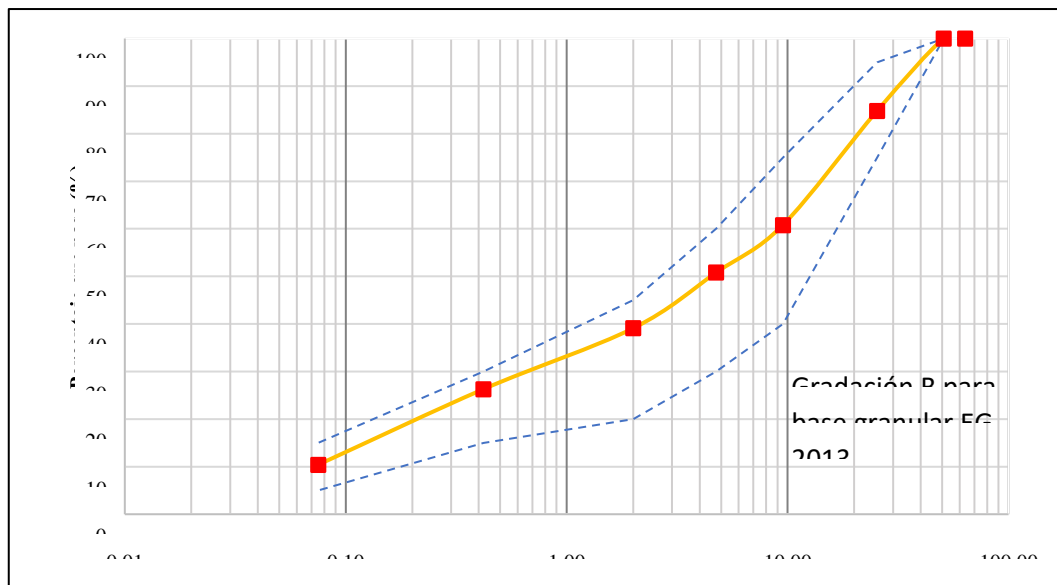
**Tabla 13**

*Granulométrico de la cantera*

Granulometría			% Pasante
Tamiz (mm)	Min	Max	Cantera
63.50	100	100	100
50.80	100	100	100
25.40	75	95	85.67
9.53	40	75	62.91
4.78	30	60	52.86
2.00	20	45	38.09
0.42	15	30	27.05
0.075	5	15	11.09

**Figura 30**

*Curva granulométrica de la cantera*



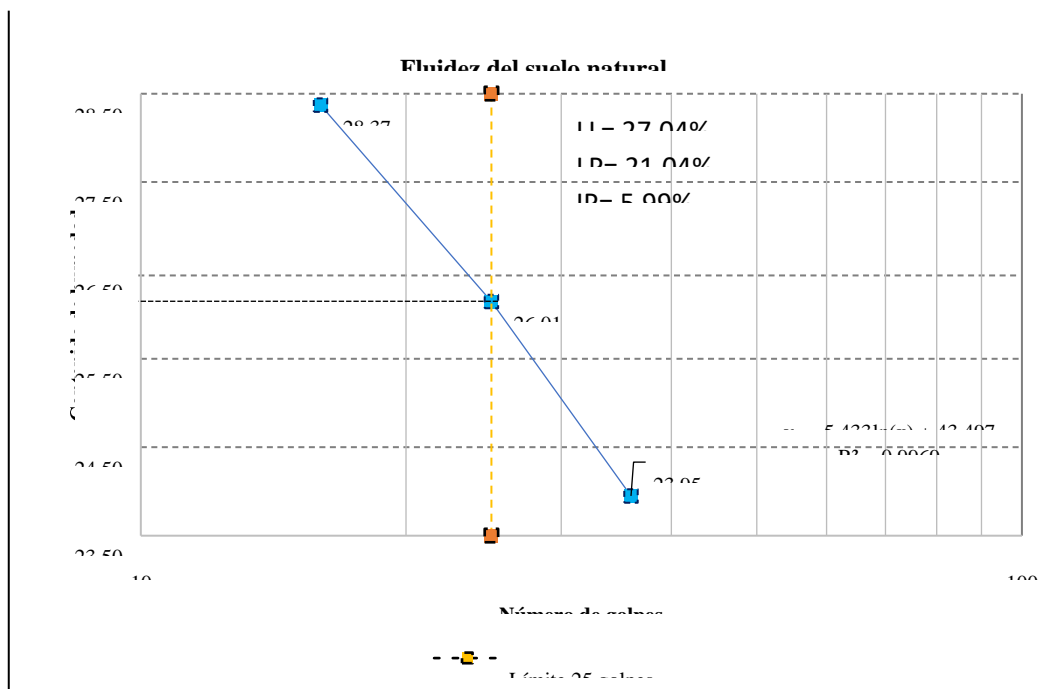
**Tabla 14**

*L. de consistencia de la cantera*

Cantera Taparachi	
LL (%)	27.04
LP (%)	21.54
IP (%)	5.99

**Figura 31**

*Diagrama de fluidez*



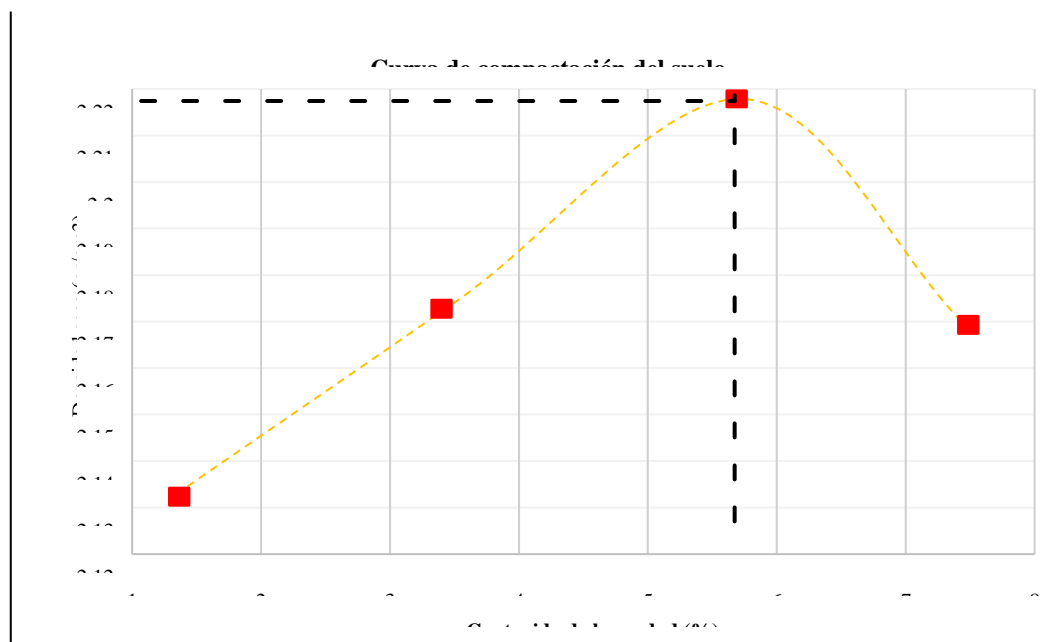
**Tabla 15**

*Resultado de la compactación de la cantera*

Compactación gr/cm3	Cantera
DSM (gr/cm3)	2.219
COH (%)	5.75

**Figura 32**

*Curva de Compactación del Suelo*



**Tabla 16**

*Resultado del CBR*

CBR	CBR % (0.1")	CBR % (0.2")
100% de MDS	77.01	87.10
95% de MDS	51.25	62.75

**4.1.2 Propiedades físicas y mecánicas con adición de cal**

El suelo de cantera de Taparachi, como se muestra en la Tabla 17, satisface el huso granulométrico B de la EG-2013 para base granular cuando se estabiliza con cal al 3,5%, 6% y 8,5% en peso.



**Tabla 17**

*Granulometría con cal*

Tamiz N°	Tamiz mm	% que pasa según adición de cal			Gradación B	
		3.5%	6%	8.5%	Mín.	Máx
2"	50.80	100	100	100	100.00	100.00
1"	25.40	86.61	87.8	86.4	75.00	95.00
3/8"	9.53	63.11	64.7	62.8	40.00	75.00
N° 4	4.75	53.21	55.4	52.3	30.00	60.00
N° 10	2.00	42.51	37.0	42.9	20.00	45.00
N° 40	0.42	28.71	23.5	29.01	15.00	30.00
N° 200	0.075	11.51	10.1	7.9	5.00	15.00

Según la investigación, la estabilidad del suelo con cal reduce el límite plástico de la base granular, así como sus índices líquidos, plástico y de i. de plasticidad (tablas 20 y 18).

**Tabla 18**

*L. liquido con adición de cal*

Humedad con % de cal			
N° de golpes	3.5%	6%	8.5%
36	24.01	20.31	19.56
25	26.39	22.42	21.56
16	27.31	24.13	23.01
25	<b>26.01</b>	<b>22.42</b>	<b>21.73</b>



**Tabla 19**

*L. Plástico con adición de cal*

<b>Humedad según adición de cal</b>			
LP	<b>3.5%</b>	<b>6%</b>	<b>8.5%</b>
M1	20.00	18.45	18.87
M2	20.21	18.23	18.46
<b>Promedio</b>	<b>20.11</b>	<b>18.34</b>	<b>18.67</b>

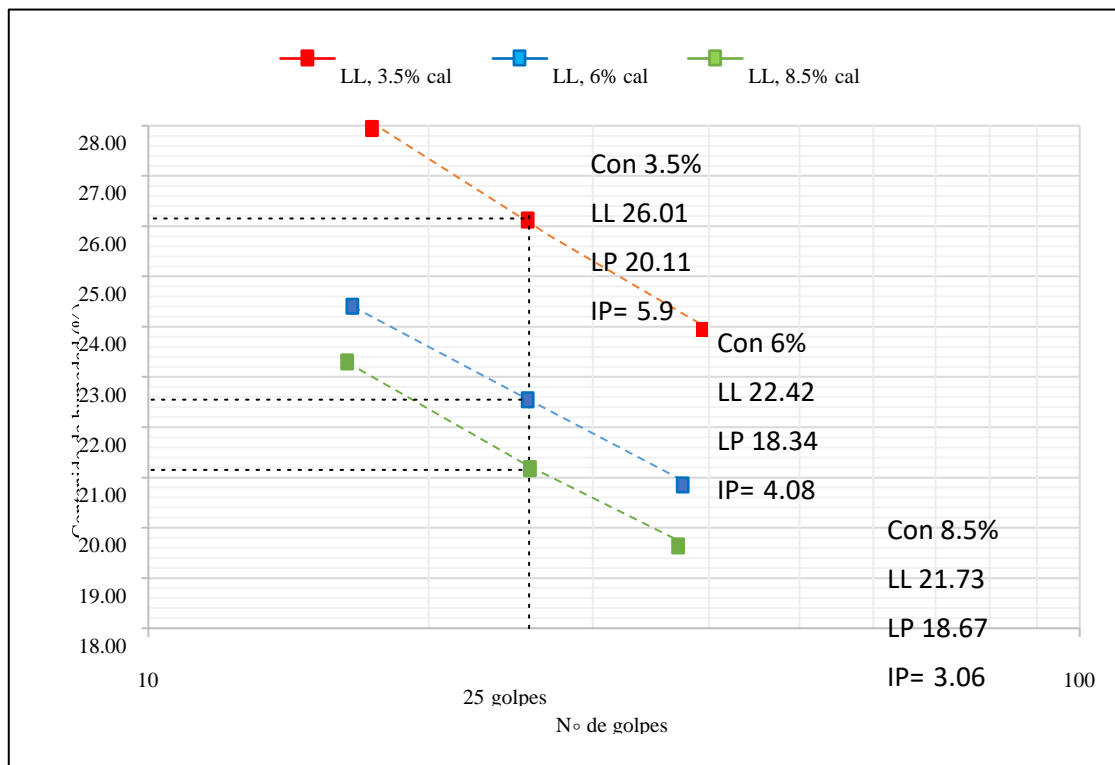
**Tabla 20**

*Resumen de límites con cal*

<b>Humedad según adición de cal</b>			
Límites de Consistencia	<b>3.5%</b>	<b>6%</b>	<b>8.5%</b>
LL (%)	26.01	22.42	21.73
LP (%)	20.11	18.34	18.67
IP (%)	<b>5.9</b>	<b>4.08</b>	<b>3.06</b>

**Figura 33**

*Resumen de limites*



Como ilustra el cuadro 21, la estabilización del suelo con cal reduce su dilatación, aunque estos porcentajes son insignificantes.

**Tabla 21**

*Expansión con adición de cal*

Expansión (mm) según adición de cal			
mm	3.5%	6%	8.5%
56	0.63	0.61	0.53
25	0.76	0.66	0.58
12	0.99	0.74	0.66
Promedio	0.8	0.67	0.59

Cuando se aumenta la proporción de cal en el suelo, la densidad seca máxima del suelo estabilizado con cal también aumenta, pero también lo hace el contenido de humedad ideal, lo que hace necesario añadir agua adicional tabla 22.

**Tabla 22***Compactación con adición de cal*

<b>Compactación según adición de la cal</b>			
Porcentajes	<b>3.5%</b>	<b>6%</b>	<b>8.5%</b>
Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.236	2.251	2.254
Humedad óptima (%)	7.42	8.01	11.22

La Tabla 23 ilustra cómo la proporción de cal utilizada para estabilizar la cimentación granular afecta a la capacidad portante del suelo (CBR). Con un 8,50% de cal, el CBR se eleva aún más, alcanzando un MDS del 100% de 103,23%, de acuerdo con las recomendaciones de la EG-2013 para la estabilización del suelo. (MTC, 2015).

**Tabla 23***CBR de la base granular con cal*

<b>CBR con adición de cal</b>			
Porcentajes	<b>3.5%</b>	<b>6%</b>	<b>8.5%</b>
CBR al 95% de MDS (%) 0.1"	73.22	80.01	89.06
CBR al 100% de MDS (%) 0.1"	88.50	93.75	103.23
CBR al 95% de MDS (%) 0.2"	88.20	91.22	97.32
CBR al 100% de MDS (%) 0.2"	97.01	102.09	108.01

Las cualidades mecánicas y físicas de los estabilizadores de suelos mejoran cuando se les añade cal. Cuando se trata de expansión, índice de plasticidad, límite líquido y límite plástico, las mezclas con 3,5%, 6% u 8,5% de cal proporcionan los mejores resultados. El contenido de humedad ideal, la densidad seca máxima y la capacidad portante pueden mejorarse con cal. Al 100% de MDS, los suelos estabilizados con cal alcanzan valores de CBR de 88,50%, 93,75% y 103,23%, que es superior al valor mínimo sugerido para bases granulares en carreteras de tercera clase.

#### 4.1.3 *Propiedades mecánicas y físicas estabilizadas con cemento*

El suelo de la cantera Taparachi, combinado con material de la cantera Cabanillas y estabilizado con cemento en proporciones de 3,5%, 6% y 8,5% del peso, cumple con el huso granulométrico B de la EG-2013 para bases granulares, Tabla 24.

**Tabla 24**

*Granulometría con % cemento*

Tamiz N°	mm	% que pasa			Gradación B	
		3.5%	6%	8.5%	Mín.	Máx
2"	51.75	100	100	100	100.00	100.00
1"	25.40	85.01	85.12	85.13	75.00	95.00
3/8"	9.53	62.23	62.18	63.01	40.00	75.00
N° 4	4.75	52.20	52.19	53.01	30.00	60.00
N° 10	2.00	40	39.92	41.73	20.00	45.00
N° 40	0.42	27.3	26.31	28.29	15.00	30.00
N° 200	0.075	11.3	7.09	9	5.00	15.00

Según las tablas 27 y 25, se evidencia que la estabilización del suelo con cemento disminuye el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad del suelo, así como el de la base granular.

**Tabla 25***L. Líquido con % cemento*

Contenido de humedad según adición de cemento			
Nº de golpes	3.5%	6%	8.5%
36	23.01	20.57	19.32
25	25.41	22.21	21.01
16	27.51	24.01	23.08
25	<b>25.01</b>	<b>21.09</b>	<b>21.02</b>

**Tabla 26***L. Plástico con % cemento*

Humedad según % cemento			
LP	3.5%	6%	8.5%
M1	20.33	18.55	18.43
M2	20.43	18.10	18.05
<b>Promedio</b>	<b>20.37</b>	<b>18.32</b>	<b>18.24</b>

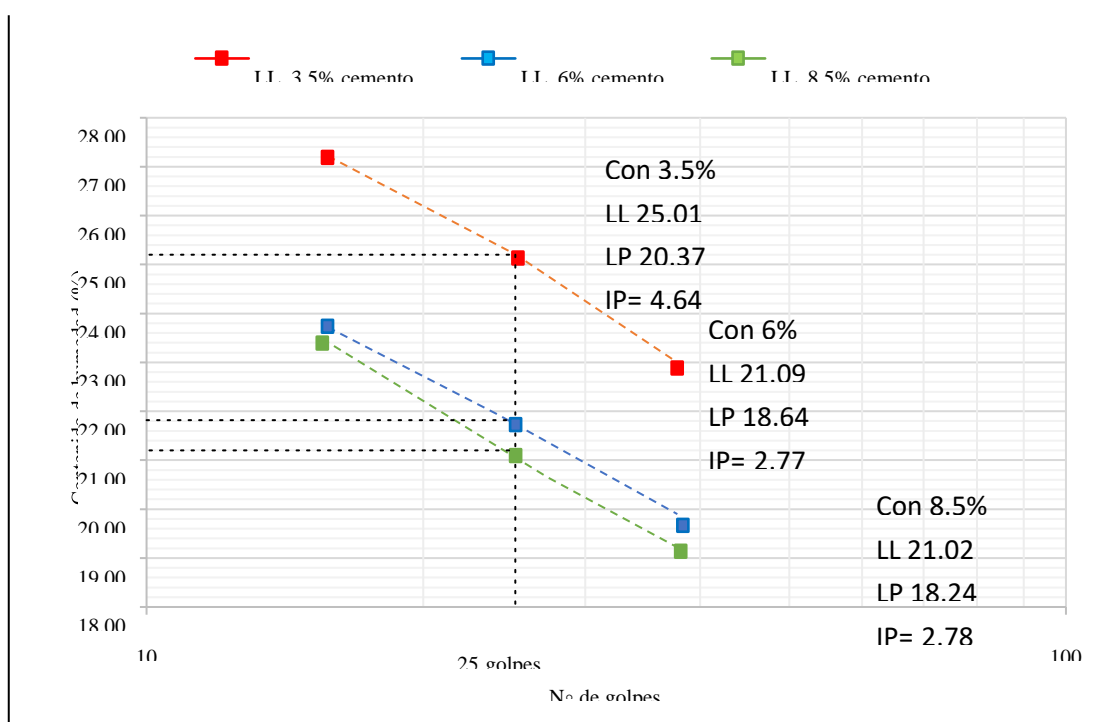
**Tabla 27**

*límites Atterberg con % cemento*

Humedad según % cemento			
Límites de Consistencia	3.5%	6%	8.5%
LL (%)	25.01	21.09	21.02
LP (%)	20.37	18.64	18.24
IP (%)	<b>4.64</b>	<b>2.77</b>	<b>2.78</b>

**Figura 34**

*L. Líquido con % de cemento*



La estabilización del suelo con cemento reduce significativamente su expansión, con porcentajes mínimos, como se observa en la Tabla 28.

**Tabla 28***Expansión con % cemento*

Expansión (mm) según % cemento			
mm	3.5%	6%	8.5%
56	0.36	0.47	0.3
25	0.42	0.51	0.39
12	0.48	0.65	0.51
Promedio	0.42	0.53	0.31

A medida que aumenta el porcentaje de cemento, también aumenta la densidad seca máxima de los suelos estabilizados con cemento, lo que hace necesaria una cantidad de agua cada vez mayor.

**Tabla 29***Compactación con % de cemento*

Compactación			
Porcentajes	3.5%	6%	8.5%
DMS (gr/cm <sup>3</sup> )	2.237	2.260	2.263
COH (%)	8.2	9.1	12.01

A medida que se añade más cemento para la estabilización de la base granular, aumenta la capacidad portante del suelo (CBR). Según las recomendaciones de la EG-2013, este aumento es mayor cuando se utiliza un 8,50% de cemento, lo que da como resultado una densidad seca máxima (DMS) del 109,04%. (MTC, 2015).

**Tabla 30***CBR con % de cemento*

Porcentajes	CBR		
	3.5%	6%	8.5%
CBR al 95% de MDS (%) 0.1"	55.21	66.30	69.45
CBR al 100% de MDS (%) 0.1"	95.43	99.75	109.04
CBR al 95% de MDS (%) 0.2"	68	70.01	83
CBR al 100% de MDS (%) 0.2"	99.9	104.59	111.01

Las mezclas de estabilización de suelos que incluyen cemento deben tener la expansión, el límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad reducidos a menos del 25% según el EG-2013. El índice de plasticidad se mantiene por debajo del 4% también en la mezcla que contiene 3,5% de cemento. El aumento de la capacidad portante, la resistencia a la compresión, el contenido de humedad y la densidad seca se consiguen añadiendo cemento. Más allá de la capacidad portante requerida para bases granulares en carreteras de tercera clase, las mezclas con 3,5%, 6% y 8,5% de cemento alcanzan valores de CBR de 95,43%, 99,75% y 109,04%, respectivamente.

## 4.2 Discusión de resultados

### 4.2.1 *Propiedades mecánicas y físicas de la cantera estabilizado con cal*

Se ha demostrado que la cal aumenta el CBR del suelo de 77,01% a 88,50%, 93,75% y 103,23%, lo que supone un aumento del 12,9%, 21,5% y 32,1% por encima del CBR en ausencia de estabilización. Según García (2022), la adición de 2%, 4% y 6% de cal elevó el CBR a 19,47%, 19,56% y 19,68%, respectivamente. Estefanero y Arque (2021) encontraron que un CBR del 75% se podía alcanzar con un 9% de cal hidratada,

cumpliendo los requisitos para una subbase granular. Esta diferencia se debe a las mejores propiedades iniciales de la base granular, que posibilitaron una mayor resistencia con porcentajes más bajos de cal.

#### **4.2.2 *Propiedades mecánicas físicas de la cantera estabilizado con cemento***

El límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad disminuyen cuando se añade cemento a las mezclas de suelo. Sin embargo, pocos estudios cuantifican este descenso porque se da prioridad a las características mecánicas. Para las combinaciones que contienen 3,5%, 6% y 8,5% de cemento, el CBR del suelo mejora de 77,01% a 95,43%, 99,75% y 109,4%, produciendo incrementos de 21,99%, 29,89% y 41,01%. Águila y Márquez (2021) descubrieron que la adición de un 5% de cemento portland aumentaba aún más el CBR, del 72% al 160,4%. Las distintas cualidades del suelo natural son la causa de esta fluctuación de datos, que requiere investigaciones individuales para cada mejora o estabilidad.

Cuando se combina con la cantera de Cabanillas, el porcentaje ideal de estabilización del suelo de la cantera de Taparachi de 8,5% de cemento satisface los criterios para carreteras de primera clase. Este % satisface los estándares del MTC 2015 al lograr mayor CBR y menor IP. Por el contrario, el porcentaje ideal de cemento de Paricanaza y Roque (2021) del 2,4% sólo pretende un CBR mejor del 80% para carreteras de tercera clase. (2015).



## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** El suelo de la cantera de Taparachi cumple con el huso granulométrico B para base granular y se clasifica como grava pobremente graduada con arena y limo (GP-GM). Sin embargo, su índice de plasticidad, límite líquido y capacidad portante (77,01%) no cumplen con los estándares de la norma EG-2013 para carreteras. Por ello, se recomienda estabilizarlo con cal o cemento Portland.

**SEGUNDA:** También se mostró que la estabilización con dosis de cal (3,5%, 6% y 8,5%) reduce la plasticidad y mejora la capacidad portante del suelo, aunque solo la dosis del 8,5% cumple completamente con los requisitos de la EG-2013, alcanzando capacidades portantes de 88,50%, 93,75% y 103,23%.

**TERCERA:** Asimismo, al comparar con la muestra de referencia (IP 5,99%), se descubrió que la estabilización con cemento reduce aún más la plasticidad, y solo las dosis de 6% y 8,5% satisfacen los estándares de la EG-2013. Estas mejoras aumentan la densidad seca máxima y el contenido de humedad ideal, logrando capacidades portantes de 95,43%, 99,75% y 109,04%, todas superiores al 80% exigido por la norma.



### RECOMENDACIONES

1. Se aconseja la cimentación granular de carreteras a partir del suelo de la cantera de Taparachi, siempre que se haya estabilizado con un 8,5% de cal o un 8,5% de cemento en peso.
2. Cuando se necesita un material con alto contenido de finos y gran capacidad portante en la base para reducir las tensiones en la subrasante y aumentar la vida útil del pavimento, se recomienda el uso de cemento Portland como estabilizador.
3. Dado que la cal del suelo no está normalizada, la norma EG-2013 no exige un ensayo básico de compresión para ella. Sin embargo, sí lo hace para el suelo cemento. Al carecer de matriz sólida, los resultados del ensayo son inferiores a los del suelo cemento. Por consiguiente, como muestra la investigación, se aconseja comparar en su lugar las características de capacidad portante (CBR).



## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

- Aguila, A.O. y Márquez, P.J. (2021). Análisis de estabilización con emulsión asfáltica y con cemento portland para el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la base granular del pavimento. (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma, LimaPerú. Recuperado de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/4650>*
- Arangurí, G. (2015). La importancia del uso de agregados provenientes de canteras de calidad. In Crescendo Ingeniería, 2(2).*
- Ariza Gómez, C. C., Rojas Novoa, C. A., & Romero Nota.s, Y. (2017). Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza volante. (Tesis para optar el título de Ingeniero Civil). Universidad de Colombia, Bogotá-Colombia. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11396/5529>*
- Asencios, M.F. e Izarra, Y. (2021). Nivel de mejoramiento de las propiedades mecánicas de la base del pavimento estabilizado con cemento portland y emulsión asfáltica. (Tesis de Pregrado). Universidad Ricardo Palma, Lima-Perú. Recuperado de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/4649>*
- Balarezo Zapata, J. I. (2017). Evaluación estructural usando viga Benkelman aplicada a un pavimento. (Tesis de Pregrado). Universidad de Piura, Piura-Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/11042/3135>*
- Barreto, J.M., y Taco, J.A. (2021). Estabilización de Base Granular con Aceite Sulfonado y Cemento Portland Tipo I del Camino Vecinal "Huasahuasi - Hacienda Calla", Tarma - Junin, KM 3+000 KM 4+000. (Tesis de grado). Universidad Ricardo*



Palma, Lima-Perú. Recuperado de  
<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/4934>

Carranza, K.J. (2021). *Evaluación de una mezcla asfáltica adicionando residuos de neumáticos, Chota. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional Autónoma de Chota, Chota-Perú.*

Díaz, P.K., y Ortíz, C.D. (2020). *Diseño y análisis de bases estabilizadas con cementos UG (Uso general) y MCH (Moderado calor de hidratación). (Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Civil). Universidad Santo Tomás, Huancavelica-Perú. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11634/21443>*

Estefanero, L.D., y Arque, M.F. (2021). *Mejoramiento de la resistencia en la base granular con cal, en el pavimento articulado Arequipa – 2021. (Tesis de grado). Universidad César Vallejo, Lima-Perú. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/72475>*

Etekume, C. (2020). *Geotechnical Properties of Lateritic Soil Stabilized with Bone Ash and Hydrated Lime for Road Construction Applications. (Thesis Master of Science and Engineering). African University of Science and Technology, Galadima, Nigeria. Recuperado de <http://repository.aust.edu.ng/xmlui/handle/123456789/4994>*

García, A.L. (2022). *Estabilización de suelos con cal como una alternativa viable para la construcción y rehabilitación de caminos rurales en Colombia. (Tesis de Pregrado), Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá-Colombia. Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/50824>*



Godfrey, H. (2021). *Performance of Red Soil Stabilized with Gravel and Lime in Construction of Low-Volume Roads in Nyeri County, Kenya. (Thesis of Master of Science). Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Juja-Kenia. Recuperado de <http://localhost/xmlui/handle/123456789/5615>*

Li, W. (2018). *Characterisation and evaluation of marginal basecourse aggregates and the performance improvement with stabilisers. (Thesis for the degree of Doctor of Philosophy in Engineering). The University of Auckland, Auckland-Nueva Zelanda.*

Recuperado de <http://hdl.handle.net/2292/37123>

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, MTC. (2015). *Manual de carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción – EG-2013. Lima: MTC.*

MTC. (2014). *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotécnica y pavimentos – sección suelos y pavimentos. Lima: MTC.*

MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales. Lima: MTC.*

MTC. (2018). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. Lima: MTC.*

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (MVCS, 2010). *Norma CE.010. Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima: Megabyte.*

Palli, E.E. (2015) *Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de San Román. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional del Altiplano, Puno-Perú. Recuperado de*



<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2444>

*Paricanaza, N.E. y Roque, V.D. (2021). Diseño de base granular suelo cemento usando agregados de la Cantera Cáceres Para la carretera Juliaca - Caminaca 2021. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/72384>*

*Payne Deliz, D. R. (2017). Estabilización de la subrasante de carreteras empleando escorias de acería. (Tesis de Pregrado). Universidad de Holguín, Holguín-Cuba. Recuperado de <http://repositorio.uho.edu.cu/jspui/handle/uho/4155>*

*Quintana López, J. K. (2018). Mortero asfáltico o Slurry Seal como tratamiento superficial para pavimentos de afirmado. (Tesis de grado). Universidad Ricardo Palma, LimaPerú. Recuperado de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/1521>*

*Quispe Apaza, Y. N. (2021). Propuesta de gestión ambiental en base a la ISO 14001: 2015 para la explotación de aljz en la cantera Yesera San Sebastián. (Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional del Altiplano, PunoPerú. Recuperado de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/17071>.*

*Reátegui Garcia, G. A., & Zavaleta Villanueva, J. R. (2020). Caracterización de los agregados de las principales canteras de la Provincia de Tacna para optimizar su uso en obras de construcción 2018. (Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Civil).*

*Rodríguez Rincón, E., Rondón Quintana, H. A., Vélez Pinzón, D. M., & Aguirre Aguirre, L. C. (2006). Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un*



*material granular tipo subbase. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 5(9), 21-30.*

*Velásquez, C. (2018). Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, sector La Molina.*



# ANEXOS



### Anexo 1: Matriz de Consistencia

TITULO: ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p><b>Pregunta general:</b></p> <p>¿Cómo será el análisis comparativo de la estabilización con cemento y cal para mejorar las propiedades físicas y mecánicas en bases granulares en la ciudad de Juliaca?</p> <p><b>Preguntas específicas:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del suelo de cantera estabiliza con cemento?</li> <li>¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del suelo de cantera estabilizada con cal?</li> <li>¿Qué valores alcanza las diferentes dosificaciones de la base granular estabilizada con cal y cemento?</li> </ol>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Determinar el análisis comparativo de estabilización con cemento y cal para mejorar las propiedades físicas y mecánicas en bases granulares en la ciudad de Juliaca</p> <p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de cantera.</li> <li>Analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de cantera estabilizado con la adición de cal en proporciones de 3.5%, 6% y 8.5%.</li> <li>Analizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de cantera estabilizado con la adición de cemento en proporciones de 3.5%, 6% y 8.5%.</li> </ol>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>Según las normas EG-2013, las cualidades físicas y mecánicas de los suelos de cantera pueden mejorarse estabilizando las bases granulares con cemento y cal.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>La estabilización de bases granulares con cemento mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo.</li> <li>La estabilización de bases granulares con cal mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo de cantera.</li> <li>Las bases granulares estabilizadas con cemento y cal cumplen con los requisitos de la EG-2013.</li> </ol>	<p><b>Variable independiente:</b></p> <p>Aplicación de cemento y cal</p> <p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Propiedades físicas y mecánicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ Dosificación de suelo y cemento</li> <li>+ Dosificación de suelo y cal</li> <li>+ Limite líquido, Índice de plasticidad</li> <li>+ Gradación</li> <li>+ Contenido de humedad, DSM</li> <li>+ Desgaste por abrasión, CBR</li> </ul>	<p><b>Tipo:</b> descriptivo</p> <p><b>Enfoque:</b> Cuantitativo</p> <p><b>Método:</b> Deductivo</p> <p><b>Población:</b> La mezcla de tierras granulares de la cantera de Taparachi y de arena de la cantera de Cabanillas, que se utilizaron para construir las aceras de Juliaca, constituye la población</p> <p><b>Muestra:</b> Con base en las pruebas del Manual de Pruebas 2016 del MTC, la muestra se compone de suelos granulares Taparachi y agregados tratados Cabanillas</p>



## **ANEXO 2: ANÁLISIS DE LABORATORIO**



**TESIS** : ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. YESSICA MAMANI MAMANI

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE JULIACA

**CANTERA** : TAPARACHI

**MUESTRA** : C-1

**FECHA** : 04 DE JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	465.10
SUELO SECO + TARRO	gr	435.26
PESO DEL TARRO	gr	49.25
PESO DEL AGUA	gr	29.84
PESO DEL SUELO SECO	gr	386.01
HUMEDAD %	%	7.73

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

#### LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		F	G
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	43.32	46.01
SUELO SECO + TARRO	gr	40.45	42.71
PESO DEL TARRO	gr	30.36	30.12
PESO DEL AGUA	gr	2.87	3.30
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.09	12.59
HUMEDAD %	%	28.44	26.21
N° DE GOLPES		23	23

#### LÍMITE PLASTICO

11	9
20.92	20.41
18.46	17.77
6.29	6.22
2.46	2.64
12.17	11.55
20.21	22.86

<b>LÍMITE LIQUIDO %</b> :	<b>27.05</b>	<b>LÍMITE PLASTICO %</b> :	<b>21.54</b>
---------------------------	--------------	----------------------------	--------------

<b>INDICE PLASTICO %</b> :	<b>05.52</b>
----------------------------	--------------

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



UANCV - FICP  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00283864



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



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

**TESIS** : ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. YESSICA MAMANI MAMANI

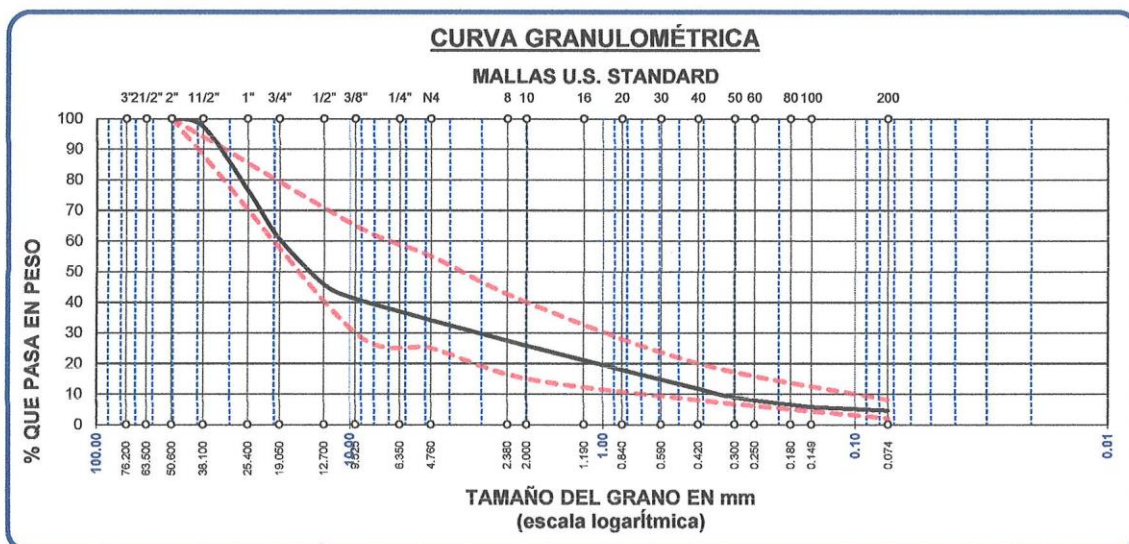
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE JULIACA

**CANTERA** : TAPARACHI

**DESCRIPCIÓN** : CON 3.5% DE CAL

**FECHA** : 04 DE JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.I.= 5000.00
2 1/2"	63.500						P.L.= 4932.89
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	P.P.= 67.11
1 1/2"	38.100	136.00	2.72	2.72	97.28		% w = 7.73
1"	25.400	1037.00	20.74	23.46	76.54		LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	803.00	16.06	39.52	60.48	30 - 65%	L.L.= 27.05
1/2"	12.700	731.00	14.62	54.14	45.86		L.P.= 21.54
3/8"	9.525	235.00	4.70	58.84	41.16		I.P.= 5.52
1/4"	6.350						
No4	4.760	351.00	7.02	65.86	34.14	25 - 55%	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380						D10= 0.348 Cu= 54.2
No10	2.000	122.46	24.49	74.22	25.78	15 - 40%	D30= 3.393 Cc= 1.76
No16	1.190						D60= 18.84
No20	0.840	115.01	23.00	82.07	17.93		
No30	0.590						
No40	0.420	90.72	18.14	88.27	11.73	8 - 20%	CLASIFICACIÓN:
No 50	0.300	42.10	8.42	91.14	8.86		I.G. =
No60	0.250						SUSCS : GW
No80	0.180						ASSTHO : A-1-a(0)
No100	0.149	45.33	9.07	94.24	5.76		OBSERVACIONES:
No200	0.074	17.27	3.45	95.42	4.58	2 - 8%	
BASE		67.11	13.42	100.00	0.00		
TOTAL		5000.00	100.00				
% PERDIDA		1.34					



UANCV - FICP  
CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.I.  
JEFATURA

Mgtr. ARNALDO YANATORRES  
CIP 103257

B. N° 006-00283864



**TESIS** : ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. YESSICA MAMANI MAMANI

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE JULIACA

**CANTERA** : TAPARACHI

**MUESTRA** : CON 3.5% DE CAL

**FECHA** : 04 DE JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	325.10
SUELO SECO + TARRO	gr	308.14
PESO DEL TARRO	gr	55.10
PESO DEL AGUA	gr	16.96
PESO DEL SUELO SECO	gr	253.04
HUMEDAD %	%	6.70

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

**LÍMITE LIQUIDO**

TARRO N°		W	Q
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	40.15	41.89
SUELO SECO + TARRO	gr	38.24	39.26
PESO DEL TARRO	gr	30.10	30.05
PESO DEL AGUA	gr	1.91	2.63
PESO DEL SUELO SECO	gr	8.14	9.21
HUMEDAD %	%	23.46	28.56
N° DE GOLPES		25	25

**LÍMITE PLASTICO**

8	7
21.42	21.84
18.55	19.62
6.35	6.32
2.87	2.22
12.20	13.30
23.52	16.69

**LÍMITE LIQUIDO % : 26.01      LÍMITE PLASTICO % : 20.11**

**INDICE PLASTICO % : 05.90**

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

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

B. N° 006-00283864



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



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

**TESIS** : ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. YESSICA MAMANI MAMANI

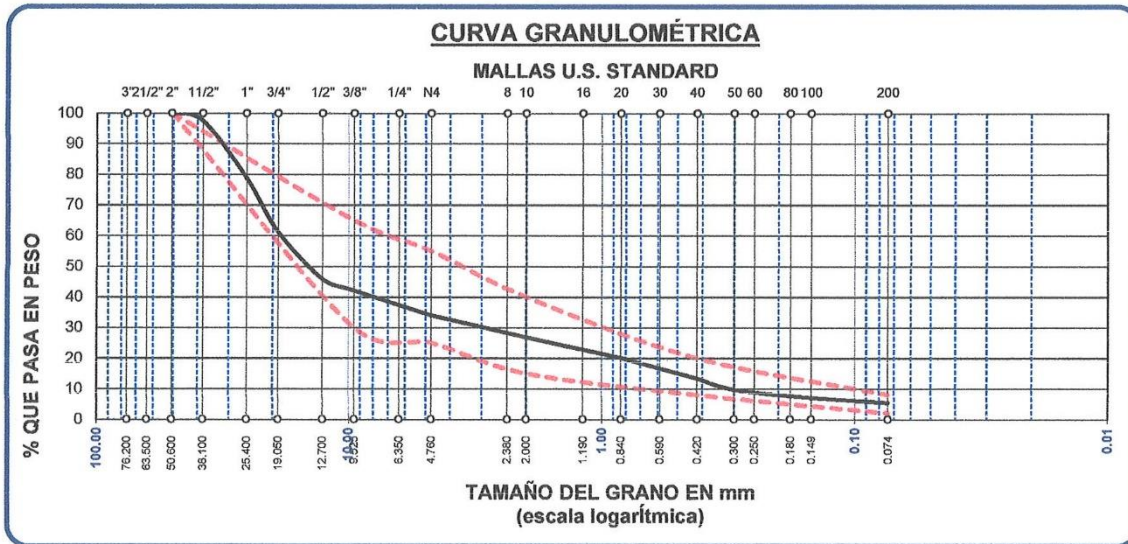
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE JULIACA

**CANTERA** : TAPARACHI

**DESCRIPCIÓN** : CON 3.5% DE CAL

**FECHA** : 04 DE JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.I.= 5000.00
2 1/2"	63.500						P.L.= 4919.87
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	P.P.= 80.13
1 1/2"	38.100	128.00	2.56	2.56	97.44		% w = 6.70
1"	25.400	935.00	18.70	21.26	78.74		LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	880.00	17.60	38.86	61.14	30 - 65%	L.L.= 26.01
1/2"	12.700	762.00	15.24	54.10	45.90		L.P.= 20.11
3/8"	9.525	189.00	3.78	57.88	42.12		I.P.= 5.90
1/4"	6.350						
No4	4.760	405.00	8.10	65.98	34.02	25 - 55%	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380						D10= 0.310 Cu= 59.9
No10	2.000	105.60	21.12	73.17	26.83	15 - 40%	D30= 3.216 Cc= 1.8
No16	1.190						D60= 18.58
No20	0.840	98.60	19.72	79.87	20.13		
No30	0.590						
No40	0.420	98.10	19.62	86.55	13.45	8 - 20%	CLASIFICACIÓN:
No 50	0.300	55.30	11.06	90.31	9.69		I.G. =
No60	0.250						SUSCS : GW
No80	0.180						ASSTHO : A-1-a(0)
No100	0.149	38.62	7.72	92.94	7.06		OBSERVACIONES:
No200	0.074	23.65	4.73	94.55	5.45	2 - 8%	
<b>BASE</b>		80.13	16.03	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		5000.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		1.60					



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

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

B. N° 006-00283864



**TESIS** : ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. YESSICA MAMANI MAMANI

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE JULIACA

**CANTERA** : TAPARACHI

**MUESTRA** : CON 6.0% DE CAL

**FECHA** : 04 DE JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	295.10
SUELO SECO + TARRO	gr	282.50
PESO DEL TARRO	gr	45.30
PESO DEL AGUA	gr	12.60
PESO DEL SUELO SECO	gr	237.20
HUMEDAD %	%	5.31

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

#### LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		Z	X
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	41.01	42.72
SUELO SECO + TARRO	gr	39.22	40.19
PESO DEL TARRO	gr	30.05	30.11
PESO DEL AGUA	gr	1.79	2.53
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.17	10.08
HUMEDAD %	%	19.52	25.10
N° DE GOLPES		26	26

#### LÍMITE PLASTICO

1	2
22.39	22.82
19.60	20.58
6.32	6.29
2.79	2.24
13.28	14.29
21.01	15.68

**LÍMITE LIQUIDO %** : 22.42      **LÍMITE PLASTICO %** : 18.34

**INDICE PLASTICO %** : 04.07

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

UANCV EICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
  
 LABORATORIO M.S.C.A.  
 JEFATURA  
 JULIACA PERU  
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00283864



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

**TESIS** : ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. YESSICA MAMANI MAMANI

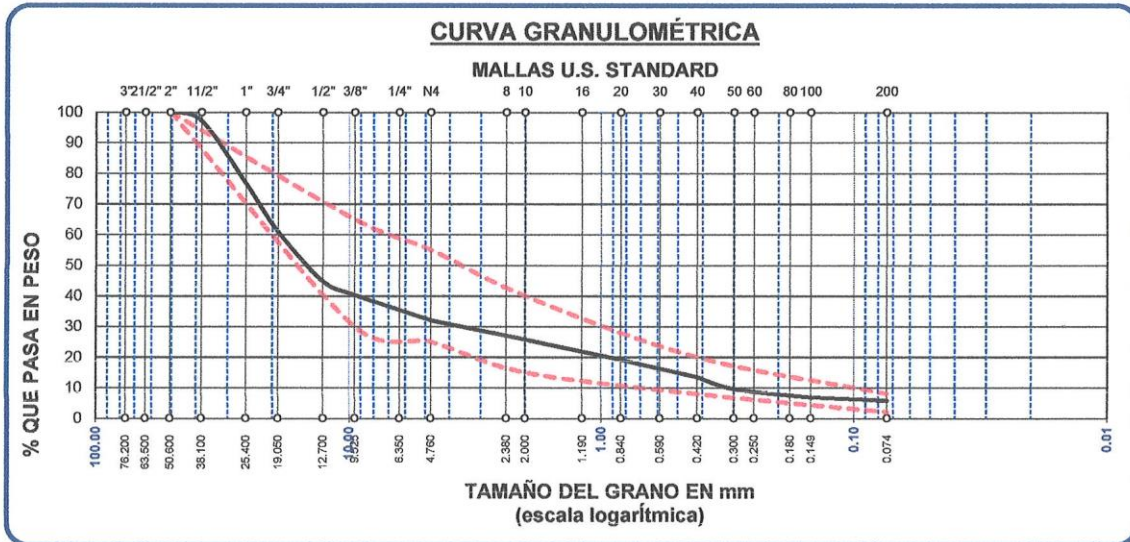
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE JULIACA

**CANTERA** : TAPARACHI

**DESCRIPCIÓN** : CON 6.0% DE CAL

**FECHA** : 04 DE JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200					100%	P.I.= 5000.00 P.L.= 4910.76 P.P.= 89.24 % W = 5.31
2 1/2"	63.500						LIMITES DE CONSISTENCIA: L.L.= 22.42 L.P.= 18.34 I.P.= 4.07
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	145.10	2.90	2.90	97.10	30 - 65%	CARACT. GRANULOMÉTRICAS: D10= 0.312 Cu= 59.9 D30= 3.865 Cc= 2.56 D60= 18.69
1"	25.400	1020.00	20.40	23.30	76.70		
3/4"	19.050	789.00	15.78	39.08	60.92	25 - 55%	CLASIFICACIÓN: I.G. =
1/2"	12.700	806.00	16.12	55.20	44.80		
3/8"	9.525	223.00	4.46	59.66	40.34	15 - 40%	SUSCS : GW ASSTHO : A-1-a(0)
1/4"	6.350						
No4	4.760	415.00	8.30	67.96	32.04	8 - 20%	OBSERVACIONES:
No8	2.380						
No10	2.000	98.10	19.62	74.25	25.75	2 - 8%	
No16	1.190						
No20	0.840	102.30	20.46	80.80	19.20		
No30	0.590						
No40	0.420	88.54	17.71	86.48	13.52		
No 50	0.300	61.24	12.25	90.40	9.60		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	42.03	8.41	93.09	6.91		
No200	0.074	18.55	3.71	94.28	5.72		
<b>BASE</b>		89.24	17.85	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		5000.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		1.78					



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

B. N° 006-00283864



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

**TESIS** : ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE** : Bach. YESSICA MAMANI MAMANI  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE JULIACA  
**CANTERA** : TAPARACHI  
**MUESTRA** : CON 8.5% DE CAL  
**FECHA** : 04 DE JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	247.60
SUELO SECO + TARRO	gr	238.65
PESO DEL TARRO	gr	48.20
PESO DEL AGUA	gr	8.95
PESO DEL SUELO SECO	gr	190.45
HUMEDAD %	%	4.70

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

#### LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		H	J
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	42.08	43.68
SUELO SECO + TARRO	gr	40.18	41.22
PESO DEL TARRO	gr	31.01	30.21
PESO DEL AGUA	gr	1.90	2.46
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.17	11.01
HUMEDAD %	%	20.72	22.34
N° DE GOLPES		27	27

#### LÍMITE PLASTICO

	5	9
	21.82	21.56
	18.88	19.67
	6.25	6.23
	2.94	1.89
	12.63	13.44
	23.28	14.06

**LÍMITE LIQUIDO %** : 21.73      **LÍMITE PLASTICO %** : 18.67

**INDICE PLASTICO %** : 03.06

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

UANCV - FICE  
CAP INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO M.S.C. Y JEFATURA JULIACA PERÚ  
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
CIP 103257

B. N° 006-00283864



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

**TESIS** : ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. YESSICA MAMANI MAMANI

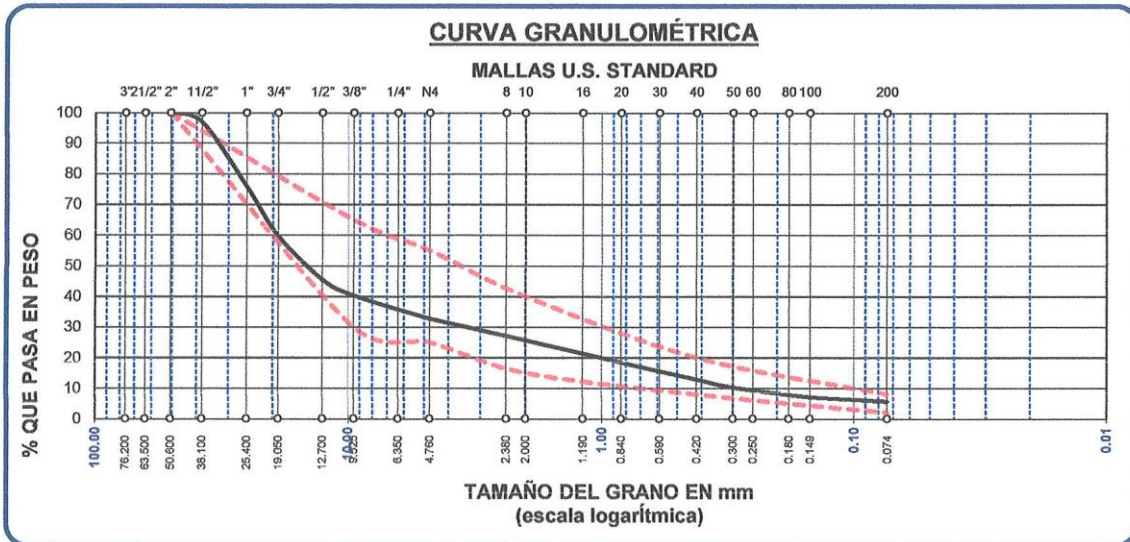
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE JULIACA

**CANTERA** : TAPARACHI

**DESCRIPCIÓN** : CON 8.5% DE CAL

**FECHA** : 04 DE JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200					100%	P.I.= 5000.00 P.L.= 4914.12 P.P.= 85.88 % W = 4.70
2 1/2"	63.500						LIMITES DE CONSISTENCIA: L.L.= 21.73 L.P.= 18.67 I.P.= 3.06
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	156.00	3.12	3.12	96.88	30 - 65%	CARACT. GRANULOMÉTRICAS: D10= 0.288 Cu= 66.6 D30= 3.690 Cc= 2.46 D60= 19.20
1"	25.400	1049.00	20.98	24.10	75.90		
3/4"	19.050	814.00	16.28	40.38	59.62	25 - 55%	CLASIFICACIÓN: I.G. =
1/2"	12.700	706.00	14.12	54.50	45.50		
3/8"	9.525	258.00	5.16	59.66	40.34	15 - 40%	SUSCS : GW ASSTHO : A-1-a(0)
1/4"	6.350						
No4	4.760	379.00	7.58	67.24	32.76	8 - 20%	OBSERVACIONES:
No8	2.380						
No10	2.000	108.62	21.72	74.36	25.64	2 - 8%	
No16	1.190						
No20	0.840	109.55	21.91	81.53	18.47		
No30	0.590						
No40	0.420	85.60	17.12	87.14	12.86		
No 50	0.300	39.74	7.95	89.75	10.25		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	48.51	9.70	92.93	7.07		
No200	0.074	22.10	4.42	94.37	5.63		
<b>BASE</b>		85.88	17.18	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		5000.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		1.72					



UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.  
 JEFATURA  
 JULIACA

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00283864



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

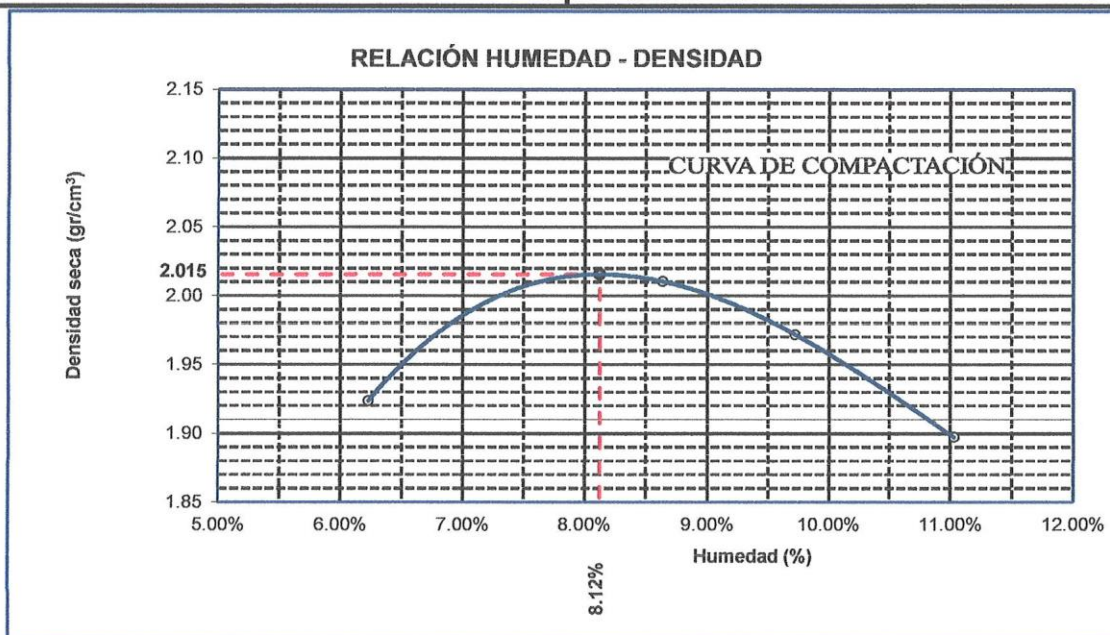
<b>TESIS</b>	: ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. YESSICA MAMANI MAMANI
<b>MUESTRA</b>	: CON 3.5% DE CAL
<b>UBICACIÓN</b>	: CIUDAD DE JULIACA
<b>LUGAR</b>	: DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO
<b>FECHA</b>	: 26 DE JUNIO DEL 2024

<b>MOLDE No</b>	: 1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 2141 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	: 5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 56 golpes

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	10304	10605	10561	10439
<b>Peso del Molde</b>	gr.	5929	5929	5929	5929
<b>Peso del Suelo Húmedo</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	4375	4676	4632	4510
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	2.043	2.184	2.163	2.106

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	134.61	185.56	214.59	246.61	199.70	213.43	201.02	217.46
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	130.15	177.21	202.10	230.53	185.93	199.85	185.93	201.51
<b>Peso del Agua</b>	gr.	4.46	8.35	12.49	16.08	13.77	13.58	15.09	15.95
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	52.15	53.30	51.40	51.62	52.47	51.10	53.21	52.40
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	78.00	123.91	150.70	178.91	133.46	148.75	132.72	149.11
<b>% de Humedad</b>	%	5.72%	6.74%	8.29%	8.99%	10.32%	9.13%	11.37%	10.70%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	6.23%		8.64%		9.72%		11.03%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.924		2.010		1.972		1.897	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	: 2.015 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 8.12%



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

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 Ing. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 403257

B. N° 006-00283864



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

<b>TESIS</b>	: ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. YESSICA MAMANI MAMANI
<b>MUESTRA</b>	: CON 3.5% DE CAL
<b>UBICACIÓN</b>	: CIUDAD DE JULIACA
<b>LUGAR</b>	: DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO
<b>FECHA</b>	: 26 DE JUNIO DEL 2024

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

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	11140	10969	11408	11262	11232	11124
<b>Peso del Molde</b>	gr.	6810	6810	6752	6752	6730	6730
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr.	4330	4159	4656	4510	4502	4394
<b>Volumen del Suelo</b>	cc.	2120.27	2120.27	2258.28	2258.28	2121.25	2121.25
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	2.042	1.962	2.062	1.997	2.122	2.071

<b>Capsula No</b>	No											
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	330.10	309.18	340.11		341.20	330.15	338.26		301.10	250.14	295.18
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	303.52	283.65	324.16		318.24	307.02	321.83		286.00	237.28	280.99
<b>Peso del Agua</b>	gr.	26.58	25.53	15.95		22.96	23.13	16.43		15.10	12.86	14.19
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	36.01	36.20	38.10		39.01	40.18	41.10		37.15	36.88	37.02
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	267.51	247.45	286.06		279.23	266.84	280.73		248.85	200.40	243.97
<b>% de Humedad</b>	%	9.94%	10.32%	5.58%		8.22%	8.67%	5.85%		6.07%	6.42%	5.82%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	10.13%	5.58%	8.45%		5.85%	6.24%	5.82%				
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cc.	1.854	1.858	1.901		1.887	1.998	1.958				

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/06/2024	11:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
23/06/2024	11:00: a.m.	24:00:00	0.51	0.01	0.01	0.69	0.02	0.02	0.29	0.01	0.01
24/06/2024	11:00: a.m.	48:00:00	0.54	0.01	0.01	0.41	0.01	0.01	0.32	0.01	0.01
25/06/2024	11:00: a.m.	72:00:00	0.58	0.01	0.01	0.47	0.01	0.01	0.34	0.01	0.01
26/06/2024	11:00: a.m.	96:00:00	0.62	0.02	0.01	0.52	0.01	0.01	0.36	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		19.10	106.2	5.4		52.40	248	12.5		71.20	327	16.5	
1.27	01:00		39.10	191.1	9.7		85.70	389	19.7		130.10	577	29.2	
1.91	01:30		49.30	234.4	11.8		115.20	514	26.0		185.60	813	41.1	
2.54	02:00	70.31	57.10	267.5	13.5		131.40	583	29.5		230.50	1003	50.7	
3.81	03:00		75.30	344.7	17.4		163.70	720	36.4		275.10	1193	60.3	
5.09	04:00	105.00	86.60	392.7	19.9		190.10	832	42.1		315.60	1365	69.0	
6.35	05:00		94.10	424.5	21.5		217.30	947	47.9		348.60	1496	75.6	
7.62	06:00		104.20	467.4	23.6		231.40	1007	50.9		370.10	1596	80.7	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

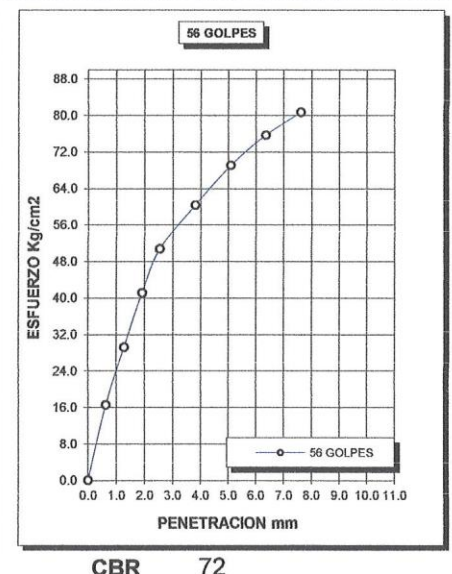
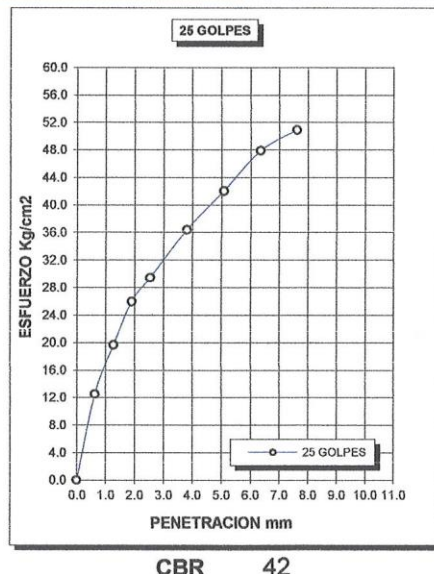
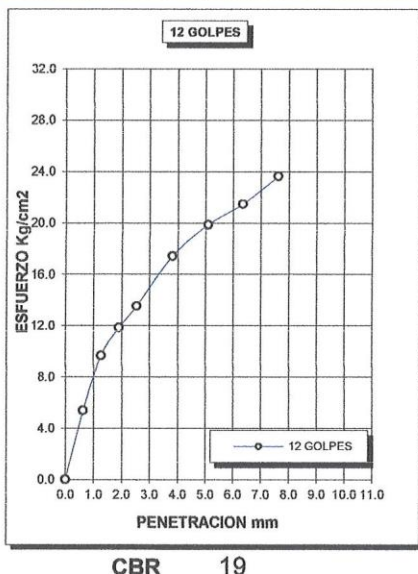
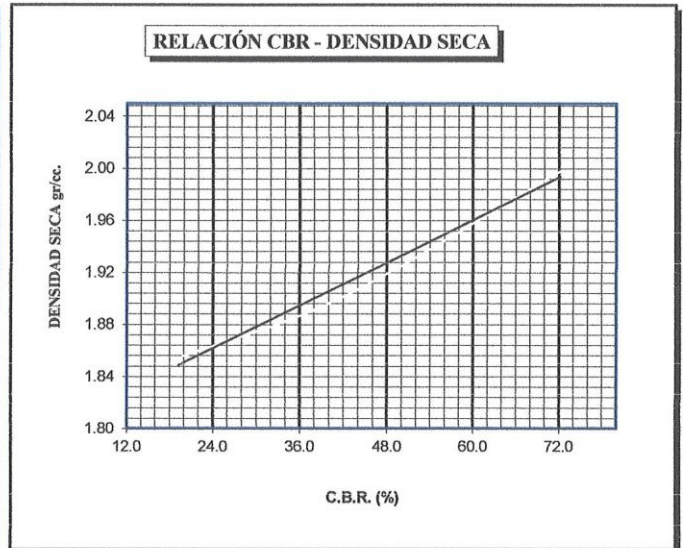
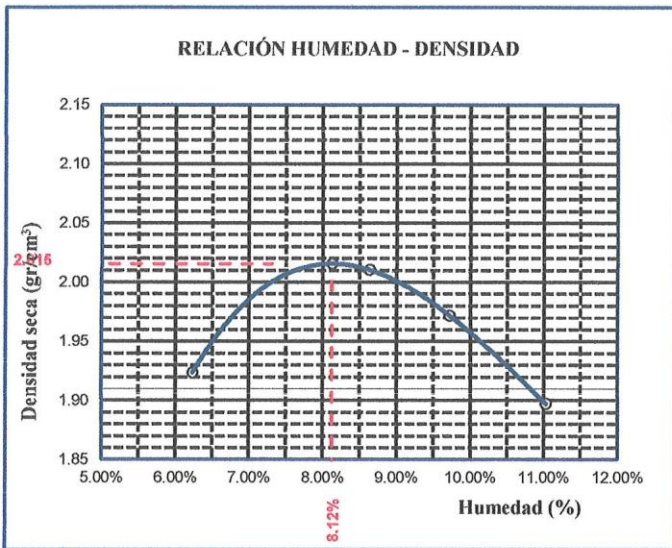
  
 UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO M.S.C.A.  
 JEFATURA  
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00283864



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

<b>TESIS</b>	: ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. YESSICA MAMANI MAMANI	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.)</b> 2.015
<b>MUESTRA</b>	: CON 3.5% DE CAL	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 8.12%
<b>UBICACIÓN</b>	: CIUDAD DE JULIACA	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 72.14
<b>LUGAR</b>	: DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 41.90
<b>FECHA</b>	: 26 DE JUNIO DEL 2024	<b>CLASIFICACIÓN :</b>
		<b>AASHTO</b> : : A-1-a (0)
		<b>EMBEBIDO</b> : 4 DIAS



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

B. N° 006-00283864



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

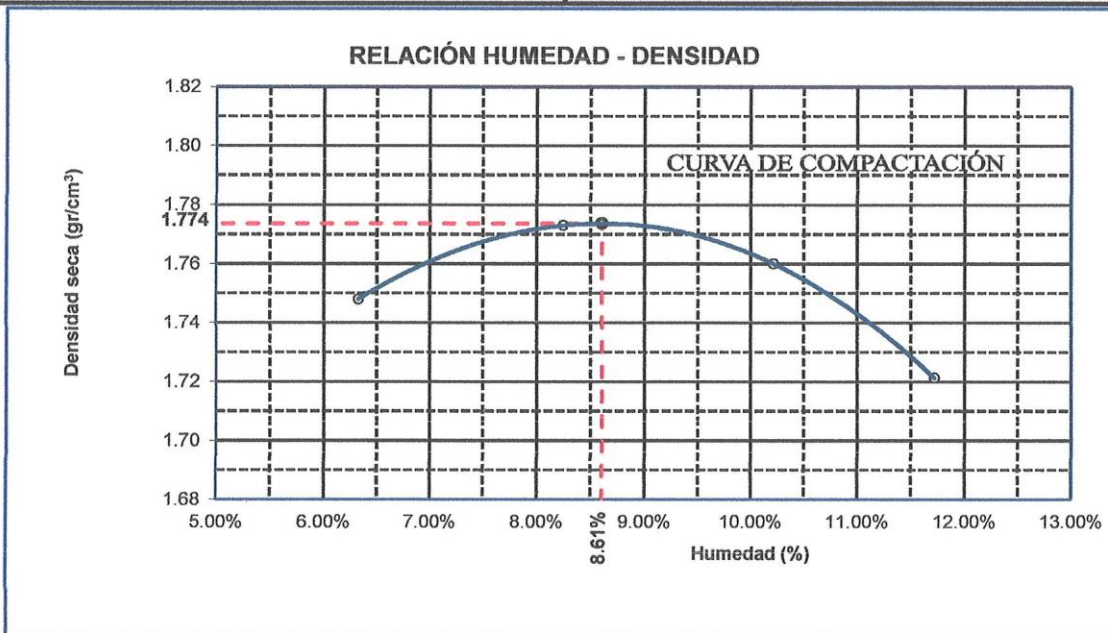
<b>TESIS</b>	: ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. YESSICA MAMANI MAMANI
<b>MUESTRA</b>	: CON 6.0% DE CAL
<b>UBICACIÓN</b>	: CIUDAD DE JULIACA
<b>LUGAR</b>	: DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO
<b>FECHA</b>	: 26 DE JUNIO DEL 2024

<b>MOLDE No</b>	: 1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 2141 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	: 5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 56 golpes

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	9908	10038	10082	10046
<b>Peso del Molde</b>	gr.	5929	5929	5929	5929
<b>Peso del Suelo Húmedo</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	3979	4109	4153	4117
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	1.858	1.919	1.940	1.923

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	103.40	114.40	107.59	113.11	123.96	124.90	127.47	151.47
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	99.59	110.03	101.85	107.83	115.71	117.33	117.95	140.28
<b>Peso del Agua</b>	gr.	3.81	4.37	5.74	5.28	8.25	7.57	9.52	11.19
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	40.39	39.71	36.74	39.11	36.96	41.28	39.81	40.90
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	59.20	70.32	65.11	68.72	78.75	76.05	78.14	99.38
<b>% de Humedad</b>	%	6.44%	6.21%	8.82%	7.68%	10.48%	9.95%	12.18%	11.26%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	6.33%		8.25%		10.22%		11.72%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.748		1.773		1.760		1.721	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	: 1.774 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 8.61%



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

UANCV - FCP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. ARNALDO YANATORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00283864



**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

<b>TESIS</b>	: ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. YESSICA MAMANI MAMANI
<b>MUESTRA</b>	: CON 6.0% DE CAL
<b>UBICACIÓN</b>	: CIUDAD DE JULIACA
<b>LUGAR</b>	: DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO
<b>FECHA</b>	: 26 DE JUNIO DEL 2024

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

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	12112	11800	12286	12046	11030	10946
<b>Peso del Molde</b>	gr.	6810	6810	6752	6752	6730	6730
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr.	5302	4990	5534	5294	4300	4216
<b>Volumen del Suelo</b>	cc.	2120.27	2120.27	2258.28	2258.28	2121.25	2121.25
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	2.501	2.353	2.451	2.344	2.027	1.988

<b>Capsula No</b>	No												
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	341.20	282.47	317.25		287.38	291.47	309.20		250.47	262.87	301.47	
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	299.47	249.73	296.28		257.20	261.91	289.12		232.26	244.34	280.41	
<b>Peso del Agua</b>	gr.	41.73	32.74	20.97		30.18	29.56	20.08		18.21	18.53	21.06	
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	38.92	39.46	39.16		38.00	38.53	38.74		39.38	39.38	39.00	
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	260.55	210.27	257.12		219.20	223.38	250.38		192.88	204.96	241.41	
<b>% de Humedad</b>	%	16.02%	15.57%	8.16%		13.77%	13.23%	8.02%		9.44%	9.04%	8.72%	
<b>Promedio de Humedad</b>	%	15.79%		8.16%		13.50%		8.02%		9.24%		8.72%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cc.	2.160		2.176		2.159		2.170		1.856		1.828	

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/06/2024	11:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
23/06/2024	11_00: a.m.	24:00:00	0.04	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
24/06/2024	11_00: a.m.	48:00:00	0.06	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
25/06/2024	11_00: a.m.	72:00:00	0.07	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00
26/06/2024	11:00: a.m.	96:00:00	0.07	0.00	0.00	0.05	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00

### 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		21.30	115.5	5.8		55.40	260	13.2		76.30	349	17.6	
1.27	01:00		41.20	200.0	10.1		87.60	397	20.1		134.50	596	30.1	
1.91	01:30		50.20	238.2	12.0		120.50	537	27.1		198.50	868	43.9	
2.54	02:00	70.31	58.60	273.9	13.8		135.40	600	30.3		242.10	1053	53.2	
3.81	03:00		77.30	353.2	17.9		170.40	748	37.8		286.10	1239	62.7	
5.09	04:00	105.00	88.20	399.5	20.2		195.40	854	43.2		326.10	1409	71.2	
6.35	05:00		96.30	433.9	21.9		222.10	968	48.9		352.10	1520	76.8	
7.62	06:00		105.40	472.5	23.9		236.20	1028	51.9		378.60	1632	82.5	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

UANCV - FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO  
 M.S.C.A.  
 JEFATURA

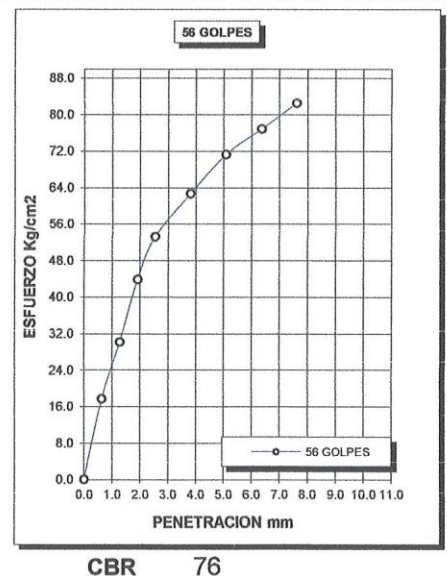
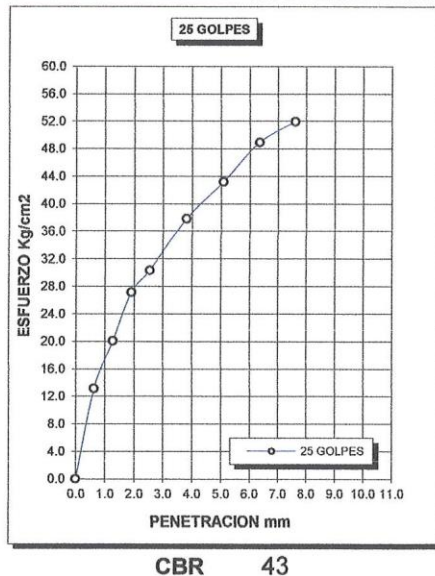
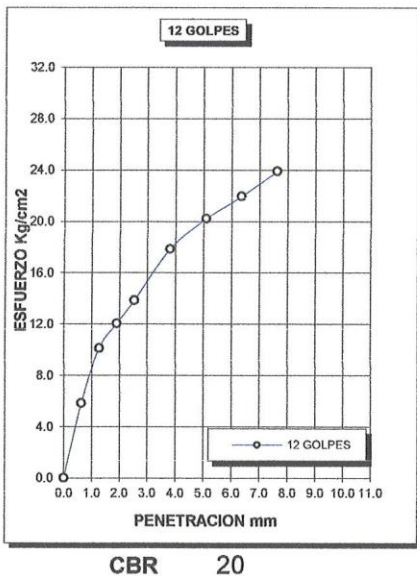
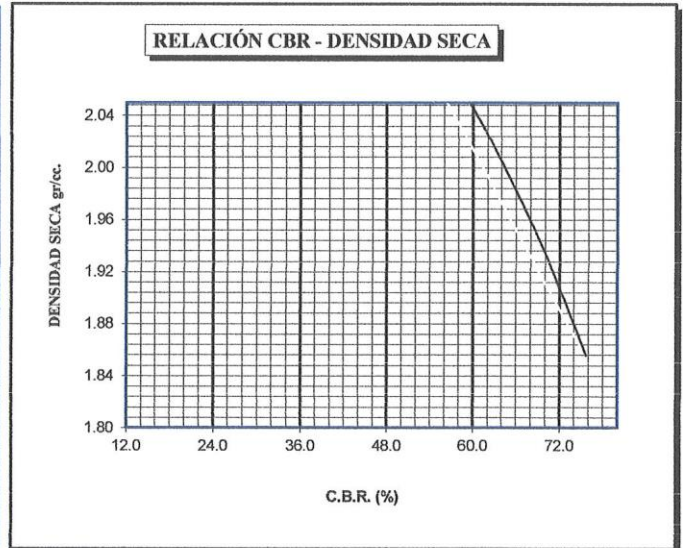
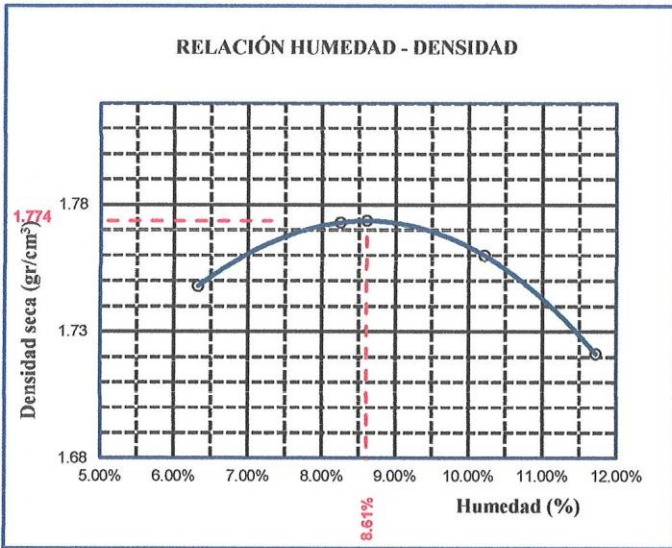
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00283864



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

<b>TESIS</b>	: ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b> :	: Bach. YESSICA MAMANI MAMANI	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.)</b> 1.774
<b>MUESTRA</b>	: CON 6.0% DE CAL	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 8.61%
<b>UBICACIÓN</b>	: CIUDAD DE JULIACA	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 75.68
<b>LUGAR</b>	: DISTRITO DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - REGIÓN PUNO	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 43.12
<b>FECHA</b>	: : 26 DE JUNIO DEL 2024	<b>CLASIFICACIÓN :</b>
		<b>AASHTO</b> : : A-1-a (0)
		<b>EMBEBIDO</b> : : 4 DIAS



UANCV, FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO  
M.S.C.A.  
JEFATURA  
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
CIP 103257

B. N° 006-00283864



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 10/10/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: Yessica Mamani Mamani  
Dirección: Jr. los rosales Mz. D Lt. 16 - Ilave - El Collao - Puno  
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 72280901  
Teléfono: 950234723 email: yess.yuls@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 COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN CON CEMENTO Y CAL  
PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS EN BASES  
GRANULARES EN LA CIUDAD DE JULIACA.

Palabras claves, (3 a 5 términos): Estabilización; base granular; cal; cemento; canteras

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?  
1

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.  
<sup>2</sup> 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

10 de octubre del 2024

Fecha