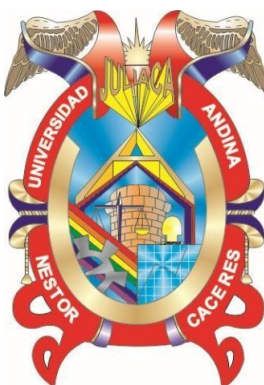




**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE  
LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVIO DE LA  
VÍA ROSARIO – CRUCERO AL DISTRITO DE  
POTONI DE LA REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA**

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**  
**ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE**  
**LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVIO DE LA**  
**VÍA ROSARIO – CRUCERO AL DISTRITO DE**  
**POTONI DE LA REGIÓN DE PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:  
**Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA**

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

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE** :   
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

**PRIMER MIEMBRO** :   
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

**SEGUNDO MIEMBRO** :   
Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

**ASESOR DE TESIS** :   
Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 984-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 11 de setiembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 12182 presentado por el (la) Bachiller: **CLINTON OLIVER SONCCO CHURA** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bach. **CLINTON OLIVER SONCCO CHURA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVIO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.**

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

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

**RESUELVE:**

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

- \* **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- \* **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- \* **2do Miembro** : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

**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: **CLINTON OLIVER SONCCO CHURA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVIO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.** de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Jueves 19 de setiembre del 2024
- \* **HORA** : 10:00 a.m.
- \* **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

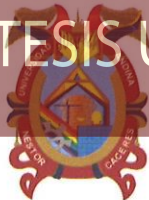
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (s)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 478-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 20 de junio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 6900 por el o (la) Bachiller: **CLINTON OLIVER SONCCO CHURA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 499- 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 091 - 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: **CLINTON OLIVER SONCCO CHURA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVIO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 091 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVIO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el o (la) Bachiller: **CLINTON OLIVER SONCCO CHURA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVIO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



Dr. Efraín Varilla Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 046-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 13 de marzo del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU-001026, presentado por el señor (a) **CLINTON OLIVER SONCCO CHURA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 021-2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 014-2024 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: **CLINTON OLIVER SONCCO CHURA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVIO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 014-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVIO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO**.

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

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

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **CLINTON OLIVER SONCCO CHURA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el Tema Titulado: **ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVIO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

DR. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
OFICINA DE INVESTIGACIÓN  
Dr. Efraín Pailla Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



## ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVIO DE LA VÍA ROSARIO – CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO

### INFORME DE ORIGINALIDAD

21%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.uap.edu.pe">repositorio.uap.edu.pe</a> Fuente de Internet	7%
2	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	4%
3	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	2%
4	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.ulasamericas.edu.pe">repositorio.ulasamericas.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://repositorio.uancv.edu.pe">repositorio.uancv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
7	<a href="http://repositorio.ulp.edu.pe">repositorio.ulp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%




## Metadatos Complementarios UANCV



<b>Título de la tesis</b>	
ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVIO DE LA VÍA ROSARIO – CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN DE PUNO	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	CLINTON OLIVER SONCCO CHURA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70375123
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0001-5713-5921">https://orcid.org/0009-0001-5713-5921</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	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
<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	FRITZ WILLY MAMANI APAZA



Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	Aplica.
Agencia de financiamiento	Recursos propios
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Azángaro Distrito: Potoni</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Latitud: S 14° 20' 10"</li><li>- Longitud: O 70° 06' 01"</li></ul>  <p><a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=14jfv0Cbc-rAbO4qn-utZrqqBVTvYRpU&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=14jfv0Cbc-rAbO4qn-utZrqqBVTvYRpU&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 NACIONAL DEL ALTIPLANO  
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

  
Dr. Efraín Barillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
DIRECTOR



### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo CLINTON OLIVER SONCCO CHURA, identificado con DNI Nro. 70375123, 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:

“ ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVIO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO ”

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 27 de SEPTIEMBRE del 2024

  
Firma del Asesor

  
Firma del Estudiante

  
Huella



## DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón esta tesis a mi madre, a mi padre y a mis hermanos, pues sin ellos no lo habría logrado. A mis hermanos, quienes me brindaron su apoyo moral y aliento en cada paso del camino; sin ustedes, este logro no habría sido posible.

Asimismo, dedico esta tesis con profundo agradecimiento y reconocimiento a todos aquellos que han contribuido de alguna manera en este camino.



## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a mi alma mater, la “Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez”, por brindarme las herramientas y el espacio para crecer tanto académica como personalmente. Agradezco a mis docentes por su paciencia, guía y por compartir sus conocimientos a lo largo de este proceso. Su dedicación y consejos fueron fundamentales para mi desarrollo académico.



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
INDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
INTRODUCCIÓN .....	xii

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática .....	1
1.2. Formulación del problema .....	2
1.2.1. Problema General .....	2
1.2.2. Problemas Específicos.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General .....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
1.4. Hipótesis de la investigación.....	3
1.4.1. Hipótesis General.....	3
1.4.2. Hipótesis Específicas .....	4
1.5. Justificación de la investigación.....	4



1.5.1. Justificación técnica .....	4
1.5.2. Justificación económica .....	4
1.5.3. Justificación social .....	5
1.6. VARIABLES E INDICADORES.....	5

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

2.1. Antecedentes.....	6
2.1.1. Antecedentes internacionales .....	6
2.1.2. Antecedentes nacionales .....	10
2.2. Bases teóricas .....	14
2.2.1. Estabilidad del suelo. ....	14
2.2.2. Métodos de estabilización del suelo.....	15
2.2.3. Sub rasante.....	17
2.2.4. Áreas que afectan a la estabilización del suelo .....	18
2.2.5. Características y atributos de los aceites lubricantes.....	21
2.3. Marco conceptual .....	22

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación .....	24
3.2. Nivel de investigación .....	24
3.3. Métodos de Investigación .....	25
3.4. Diseño de investigación.....	25



- 3.5. Operacionalización de variables.....26
  - 3.5.1. Cuadro de operacionalización de variables .....26
- 3.6. Población y muestra .....26
  - 3.6.1. Población .....26
- 3.7. Muestra.....27
- 3.8. Métodos e instrumentos recolección de datos.....27
  - 3.8.1. Técnica .....27
  - 3.8.2. Instrumentos de recolección de datos.....27
- 3.9. Procedimiento.....28
- 3.10. Método de evaluación de datos .....30

### CAPÍTULO IV

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- 4.1. Descripción de la zona de estudios .....31
  - 4.1.1. Ubicación .....31
- 4.2. Trabajos insitu .....32
- 4.3. Ensayos de laboratorio .....34
  - 4.3.1. Contenido de humedad.....34
  - 4.3.2. Análisis de granulometría.....38
  - 4.3.3. Organización de suelos con sucs y aashto .....46
  - 4.3.4. Límite líquido, límite plástico e índice plástico .....47
  - 4.3.5. Prueba proctor .....50
  - 4.3.6. Ensayo c.b.r. ....52



4.4. Análisis .....	53
4.4.1. Estudio del efecto del uso de aceite lubricante reciclado en la densidad seca y contenido de humedad de la sub rasante.....	53
4.4.2. Análisis de la influencia del aceite lubricante reciclado en cbr de la sub rasante .....	55
4.4.3. Cálculo de la incidencia de la aplicación de aceite lubricante reciclado en la expansión de la sub rasante.....	56
4.1.4. Determinación del efecto que genera el uso de aceite lubricante reciclado en la estabilización de sub rasante. ....	57
CONCLUSIONES .....	59
RECOMENDACIONES .....	62
REFERENCIA BIBLIOGRAFÍA .....	63
A N E X O S.....	66



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Clasificaciones de la sub rasante .....	18
<b>Tabla 2.</b> Clasificación del suelo para la sub rasante basada en el CBR.....	20
<b>Tabla 3.</b> Información correspondiente al espécimen estándar CBR .....	20
<b>Tabla 4.</b> Instrumentos utilizados para la investigación.....	28
<b>Tabla 5.</b> Normativa para trabajos de laboratorio.....	29
<b>Tabla 6.</b> Contenido de humedad del suelo patrón .....	35
<b>Tabla 7.</b> Contenido de humedad para la superficie patrón con 2% de aceite lubricante reciclado .....	36
<b>Tabla 8.</b> Contenido de humedad de la superficie patrón con 4% de aceite lubricante reciclado .....	36
<b>Tabla 9.</b> Contenido de humedad del suelo patrón con 6% de aceite lubricante reciclado.....	37
<b>Tabla 10.</b> Análisis de granulometría para el suelo patrón.....	39
<b>Tabla 11.</b> Análisis de granulometría del suelo patrón con 2% de aceite lubricante reciclado .....	41
<b>Tabla 12.</b> Análisis de granulometría granulométrico de la superficie patrón con 4% de aceite lubricante reciclado.....	43
<b>Tabla 13.</b> Análisis de granulometría del suelo patrón con 6% de aceite lubricante reciclado .....	45
<b>Tabla 14.</b> LL, LP e IP del suelo patrón.....	47
<b>Tabla 15.</b> LL, LP e IP del suelo patrón con 2% de aceite lubricante reciclado .	48
<b>Tabla 16.</b> LL, LP e IP del suelo patrón con 4% de aceite lubricante reciclado .	49
<b>Tabla 17.</b> LL, LP e IP del suelo patrón con 6% de aceite lubricante reciclado .	50



<b>Tabla 18.</b> Datos obtenidos de Proctor Modificado .....	51
<b>Tabla 19.</b> Resumen de datos obtenidos de CBR.....	52
<b>Tabla 20.</b> Resumen de resultados de expansión.....	53
<b>Tabla 21.</b> Resumen de expansión promedio .....	53
<b>Tabla 22.</b> Resumen de CBR.....	55
<b>Tabla 23.</b> Resumen de expansión promedio .....	56
<b>Tabla 24.</b> Resumen de densidad seca máxima, contenido óptimo de humedad, CBR y expansión .....	57



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Ubicación desvío de la vía Rosario - Crucero al distrito de Potoni ...	26
<b>Figura 2.</b> Área de estudio .....	32
<b>Figura 3.</b> Área de estudio in situ .....	33
<b>Figura 4.</b> Ubicación de calicata para la extracción de muestra .....	33
<b>Figura 5.</b> Recolección de aceite lubricante usado .....	34
<b>Figura 6.</b> Ensayo de laboratorio para determinar el contenido de humedad ....	35
<b>Figura 7.</b> Ensayo de laboratorio para análisis de granulometría .....	38
<b>Figura 8.</b> Curva de análisis de granulometría para el suelo patrón .....	40
<b>Figura 9.</b> Curva de análisis de granulometría del suelo patrón con 2% de aceite lubricante .....	42
<b>Figura 10.</b> Curva de análisis de granulometría del suelo patrón con 4% de aceite lubricante .....	44
<b>Figura 11.</b> Curva de análisis de granulometría del suelo patrón con 6% de aceite lubricante .....	46
<b>Figura 12.</b> Ensayo de laboratorio - LL, LP e IP.....	47
<b>Figura 13.</b> Ensayo en laboratorio - Proctor Modificado .....	51
<b>Figura 14.</b> Ensayo en laboratorio - CBR.....	52
<b>Figura 15.</b> Aceite reciclado Vs Contenido óptimo de humedad.....	54
<b>Figura 16.</b> CBR al 95%.....	55
<b>Figura 17.</b> Expansión vs Aceite reciclado.....	56
<b>Figura 18.</b> Efectos del aceite reciclado en la estabilización del suelo .....	58



## RESUMEN

Este proyecto se realizó con la finalidad de mejorar la sub rasante del distrito de Potoni en la zona de Puno a través de la aplicación de aceite lubricante reciclado. Con ello se lograría optimizar las cualidades físico-mecánicas de la sub rasante. Para lograr este objetivo, se recogieron muestras para su examen en laboratorio.

Se trata de una investigación aplicada, con un diseño experimental cuantitativo y longitudinal. El desvío de la carretera Rosario-Crucero hacia la zona de Potoni, en la región de Puno, sirvió de población para los ensayos que se realizaron en un laboratorio especializado en investigación de suelos. Estos ensayos incluyeron granulometría, contenido de humedad, Proctor Modificado y pruebas de CBR.

Al final, se determinó que las características del suelo mejoran cuando se utiliza lubricante reciclado. Esta mejora se evidencia por aumentos en el CBR y una disminución en la cantidad óptima de humedad. Sin embargo, cuando se analizó la expansión, se descubrió que el porcentaje más adecuado para trabajar con aceite lubricante reciclado es el 4%. Esto dio como resultado un aumento significativo en comparación con el suelo estándar, pasando de 5,80% de CBR a 12,31% y de 14,84% de contenido idóneo de de humedad a 10,25%.

**Palabras Claves:** Estabilización de suelos, sub rasante, aceite lubricante reciclado.



## ABSTRACT

This research was conducted with the intention of enhancing the subgrade of the Potoni district in the Puno area by using recycled lubricating oil. This would result in an improvement in the subgrade's physical-mechanical qualities. In order to accomplish this goal, samples were collected for laboratory examination.

Applied research is being conducted here, and the experimental design is both quantitative and longitudinal-based. The diversion of the Rosario-Crucero road to the Potoni area of the Puno region served as the population for the tests that were conducted out at a laboratory that specializes in soil research. These tests included granulometry, moisture content, Modified Proctor, and CBR testing.

In the end, it was determined that the characteristics of the soil improve when recycled lubricant is used. This improvement is evidenced by increases in the CBR and a decrease in the optimal amount of moisture. However, when the expansion was analyzed, it was discovered that the most appropriate percentage to work with recycled lubricating oil is 4%. This resulted in a significant increase in comparison to the standard soil, going from 5.80% CBR to 12.31% and from 14.84% of optimum moisture content to 10.25%.

**Keywords:** Soil stabilization, subgrade, recycled lubricating oil.



## INTRODUCCIÓN

Según las Naciones Unidas, la población mundial se estimaba en 7.300 millones en 2015, y se prevé que aumente a 8.500 millones en 2030. De ahí que el desarrollo de las infraestructuras viarias desempeñe un papel crucial en el fomento del progreso socioeconómico y deba poseer un alto nivel de competitividad a escala mundial (Jalanoca, 2021, p. 6). A través de la historia de la humanidad, un número significativo de residuos de petróleo se ha depositado en la superficie de la Tierra en instalaciones de almacenamiento y otros lugares de procesamiento. Sin embargo, a menudo no se tiene en cuenta la contaminación de la región donde se extrae el petróleo (Mamani, 2017).

Además, en los últimos años, productores e investigadores han constatado una importante abundancia de aceites aptos para la recuperación del asfalto, gracias a la mínima inversión necesaria para ello y al apoyo ofrecido por el gobierno chino (Luo et al., 2021).

Los aceites usados tienen la capacidad de contaminar los suelos, el agua y otros recursos naturales debido a su inclusión de hidrocarburos, metales pesados y otros compuestos cancerígenos para las personas. Debido a estas características, es crucial manipular los aceites usados con precaución (Fong, et al., 2017). Debido al alto potencial de contaminación de incluso una pequeña cantidad de aceite de motor usado, que puede afectar negativamente a un volumen significativo de agua potable y causar daños a los suelos agrícolas, es imperativo que la comunidad encuentre un uso adecuado para este líquido (Baloa, et al., 2019). Los hidrocarburos residuales que quedan en los talleres de tintorería, incluidos los de automóviles, pueden utilizarse para la estabilización



de suelos, especialmente en aplicaciones de ingeniería (Huaquisto, 2015).

Se muestran varios tipos de aceites usados, ya que reconocemos que la mejora de la calidad del suelo requiere un manejo meticuloso de estas sustancias. Además, como especialistas, proporcionamos métodos novedosos para lograr este objetivo. Esto denota opciones alternativas a las soluciones actuales (Cabrejos, et al., 2021).

La carretera del distrito de Potoni, especialmente la ruta Rosario - Crucero, será sometida a una investigación de laboratorio para determinar la efectividad de la aplicación de aceite reciclado de lubricante para la estabilidad de la sub rasante.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Análisis de la situación problemática

Hoy por hoy se investigan en todo el mundo técnicas novedosas para la estabilización de suelos, utilizando diversos componentes como enzimas orgánicas, aceites sulfatados, compuestos inorgánicos y aceite lubricante reciclado o desechado.

Se realizó un estudio para mejorar la calidad de las bases y subbases granulares mediante el uso de aceite reciclado. La densidad máxima aumenta en los ensayos Proctor cuando el contenido de agua es del 75% y el de aceite del 25%, así como cuando el contenido de agua y el de aceite son ambos del 50% (Reyes Ortiz, 1997).

En carreteras nacionales caracterizadas por un bajo flujo de tráfico, la subrasante exhibe una resistencia o adecuación insuficiente, como lo indica un valor de California Bearing Ratio (CBR) inferior al 6%. En consecuencia, se hace necesario reemplazar o estabilizar la subrasante. El suelo subyacente se



compone de material limo-arcilloso y a menudo tiene una capacidad restringida para soportar peso. En algunos tramos, la vía que une el distrito de Potoni, en la región de Puno, con el desvío de la ruta Rosario - Crucero está hecha de sub rasante limo-arcillosa y no está pavimentada. Para la estabilización de la sub rasante es recomendable utilizar el método avalado por el MTC o el mencionado por el análisis, que trata en controlar la sub rasante usando aceite reciclado. (Ministerio de Transportes, 2013)

En la estación seca, los automóviles emiten una cantidad significativa de partículas de suelo en suspensión. A la inversa, en la estación lluviosa, la erosión del agua de las carreteras locales sin asfaltar hace que el pavimento se degrade rápidamente. El propósito del proyecto es desarrollar un sistema para reciclar estos aceites lubricantes o estabilizantes usados.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema General**

- ¿Qué efecto genera el uso del aceite lubricante reciclado en la estabilización de sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

1. ¿Cuál es el efecto de la aplicación de aceite lubricante reciclado en la densidad seca y contenido de humedad de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno?
2. ¿Cuánto es la influencia del aceite lubricante reciclado en el CBR de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni



de la región Puno?

3. ¿Cómo incide la aplicación del aceite lubricante reciclado en la expansión de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno?

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

- Determinar el efecto que genera la aplicación de aceite lubricante reciclado en la estabilización de sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

1. Estudiar el efecto de la aplicación de aceite lubricante reciclado en densidad seca y contenido de humedad de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno.
2. Analizar la influencia del aceite lubricante reciclado en el CBR de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno.
3. Calcular la incidencia de la aplicación de aceite lubricante reciclado en la expansión de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno.

### **1.4. Hipótesis de la investigación**

#### **1.4.1. Hipótesis General**

- El efecto que genera la aplicación de aceite lubricante reciclado en la



estabilización de sub rasante es significativo en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno.

### **1.4.2. Hipótesis Específicas**

1. El aceite lubricante reciclado interviene significativamente en la densidad seca y contenido de humedad de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno.
2. El aceite lubricante reciclado influye significativamente en el CBR de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno.
3. El aceite lubricante reciclado incide significativamente en la expansión de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno.

### **1.5. Justificación de la investigación**

#### **1.5.1. Justificación técnica**

Esta tesis se centra en la aplicación de aceite lubricante reciclado para mejorar la calidad del suelo en zonas con capacidad portante limitada. Para ello, se realizan diversas pruebas en un laboratorio especializado en el análisis y control de suelos. Esto nos permite evaluar el rendimiento de los suelos mediante la introducción de volúmenes variables de aceite usado a niveles porcentuales variados.

#### **1.5.2. Justificación económica**

El aceite reciclado puede adquirirse fácilmente en varios talleres de reparación de automóviles de nuestra ciudad, por lo que el coste del estudio será



bastante bajo. El investigador será responsable de cubrir los costes de la documentación del estabilizador, así como los gastos de laboratorio, impresión, anillado y encuadernación.

### **1.5.3. Justificación social**

Es esencial disponer de infraestructuras viarias de alta calidad, con una larga vida útil y a la altura de las expectativas. Para ello es necesario ejecutar proyectos factibles desde la perspectiva técnica y financiera. Para garantizar la fluidez del tráfico y evitar interrupciones en muchos sectores como la comercialización, el turismo, la educación y el empleo, es imperativo que las carreteras se mantengan en condiciones óptimas.

## **1.6. Variables e indicadores**

### **Variable independiente**

Aceite lubricante reciclado

### **Indicadores**

- Viscosidad
- Densidad
- Dosificación

### **Variable dependiente**

Estabilización de la sub rasante

### **Indicadores**

- Densidad seca y contenido de humedad
- CBR.
- Expansión.



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. *Antecedentes internacionales*

En su estudio titulado “Estabilización de suelos mediante lodos oleosos”, los investigadores Alarcón et al (2020) examinaron el potencial del uso de aceites lubricantes usados para mejorar la estabilidad de la sub rasante y aumentar su resiliencia, mitigando al mismo tiempo los impactos medioambientales adversos.

Se está realizando un estudio académico para actualizar y estandarizar los precios del movimiento de tierras en Venezuela. El estudio se centró en el análisis del impacto de los materiales ambientalmente mediante la recogida de muestras granulares, de sub rasante y de lodos oleosos y el análisis de sus cualidades mecánicas, químicas y físicas. A continuación, los materiales granulares y de sub rasante se mezclaron con distintas proporciones de lodo oleoso como agente estabilizador. Se realizaron experimentos de caracterización posteriores con cada mezcla. Finalmente, se realizó un examen



sobre una investigación que los utilizó con la finalidad de controlar la sub rasante de los suelos. El análisis arrojó los siguientes resultados: La cantidad sugerida para estabilizar la sub rasante de la superficie es de 6% de lechada de aceite, con un tiempo de curado de 7 días. El módulo de elasticidad del material granular aumenta un 40% en comparación con el módulo de elasticidad del suelo no tratado.

La importancia de un curado adecuado de las mezclas para mejorar la resistencia a lo largo del tiempo queda patente en los datos obtenidos de las pruebas de módulo de elasticidad y CBR, así como en las condiciones de los ensayos de las muestras.

La lechada oleosa tiene un impacto favorable en la sub rasante al aumentar su impermeabilidad y reducir su vulnerabilidad a los daños causados por el agua. Esto mejora la resistencia al agua de la sub rasante a medida que se satura, garantizando así el mantenimiento de sus características de resistencia.

Aunque los resultados obtenidos en la estabilización de material granular y sub rasante con lechada oleosa fueron satisfactorios para su uso en carreteras, sería recomendable construir secciones de ensayo instrumentadas para monitorizar y validar el comportamiento de las mezclas estabilizadas cuando formen parte integrante de una estructura de firme.

En 2020, Del Castillo y Orobio realizaron una investigación titulada "Investigación exploratoria sobre el impacto del aceite de motor usado en un suelo de sub rasante fina". El objetivo de la investigación era evaluar las cualidades del suelo cuando se combina con aceite lubricante usado, un residuo



frecuente en Colombia que a menudo contamina zonas no contaminadas y plantea riesgos potenciales para la salud de los residentes del país con el paso del tiempo.

El enfoque utilizado consistió en una prueba de compactación modificada, una prueba de compresión y una prueba de permeabilidad de la curva de Taylor. Se realizaron los procesos a continuación: selección del suelo, muestreo de las regiones alteradas, preparación de mezclas con suelo y aceite de motor usado (AMU), determinación de la GE de sólidos y desarrollo de la curva granulométrica utilizando límites de consistencia o límites de Atterberg junto con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Los resultados fueron los siguientes: En el experimento se utilizó tierra de la capa inferior que suele emplearse para la ejecución de vías. El suelo se clasificó como limo de alta plasticidad utilizando el sistema SUCS. Se realizó un estudio para examinar el impacto del aceite de motor usado en el suelo.

Las pruebas geotécnicas preliminares revelaron la existencia de aceite de motor usado en el suelo MH. Los datos corroboran la premisa de que el estudio futuro debe dar prioridad a la investigación de otras cuestiones geotécnicas, los atributos específicos de diversas clases de suelo en existencia de VAM y las consideraciones medioambientales.

La capacidad de las partículas de suelo examinadas para adherirse al suelo y aumentar la fluidez disminuye debido a la presencia de una capa viscosa no miscible sobre ellas. Además, cuando aumenta la Unidad de Humedad de Atterberg (UMA), también se intensifican las limitaciones del suelo en relación con sus propiedades líquidas y plásticas. La densidad seca máxima experimentó



un aumento sustancial (hasta el 7%) para dosis superiores al 4% de UMA, mientras que se mantuvo constante para contenidos comprendidos entre el 0% y el 4%.

El % de humedad ideal reduce significativamente a medida que aumenta el contenido de aceite y puede aproximarse al 60% para una UMA del 16%. A bajas concentraciones de agua, las partículas del suelo podrían reorganizarse debido al efecto lubricante del aceite de motor, que desplaza el agua necesaria para la compactación del suelo.

(Fonseca Sánchez et al., 2020) publicaron un artículo científico titulado "A comprehensive review of the literature on the application of stabilizers in clay soils". La meta primaria del análisis fue normar la conexión entre las cantidades de estabilizantes tradicionales utilizados, mostrar las ventajas del uso de estabilizantes para cambiar las cualidades de la superficie, enfatizar la rentabilidad de la utilización de suelos estabilizados en comparación con otros materiales y presentar tablas comparativas basadas en la revisión bibliográfica. En cuanto a la técnica, los investigadores utilizaron una estrategia de investigación documental. Esto incluyó el análisis del material elegido, la comparación de los ejemplos ofrecidos y el acceso a bibliografías publicadas anteriormente para situarlo dentro de una perspectiva crítica. Llegaron a las siguientes conclusiones: en la fase actual del análisis, dieron prioridad a los datos sobre arcillas y presentaron las actividades estabilizantes pertinentes de cada estudio evaluado, acompañadas de gráficos y tablas de las pruebas pertinentes. Se incluyen las citas pertinentes del material utilizado para comparar estos estudios.



### 2.1.2. Antecedentes nacionales

El investigador llevo a cabo un estudio llamado "Estabilización de Sub rasante con Aceite Sulfonado: Comparación de los Efectos del Cemento y la Cal como Adiciones Sólidas para la Carretera Departamental PI-114 Ruta PI-114 Emp. PE-1N (El Alto-Talara) - Emp. PI-105 (Pariñas), km: 08+000.00 - 09+000.00 Talara - Piura, 2019". (Córdova, 2019). Talara - Piura, Ep. PI-05 (Pariñas) - km: 08+000.00 - 09+000.00, PE-1N (El Alto-Talara), 2019. Para estabilizar la capa inferior de una carretera se utilizó aceite sulfonado. Este enfoque pretende estabilizar el suelo en varios niveles porcentuales. Esto se alinea con la investigación empírica, en la que se manipulan las variables. Al analizar los datos, se descubrió que la incorporación de aceite sulfonado y cal como agregado sólido durante la estabilización dio como resultado un CBR (California Bearing Ratio) de 8.8% y un costo directo de 56.41 soles por m<sup>3</sup>. En contraste, cuando se utilizó cal sola para la estabilización, el CBR fue de 3.8% y el costo directo por m<sup>3</sup> fue de 14.41 soles. De manera similar, los datos indicaron que el uso de cemento para la estabilidad resultó en un CBR (California Bearing Ratio) de 4.4% y un costo directo de 32.18 soles por metro cúbico. En comparación, la estabilización utilizando aceite sulfonado con un aditivo sólido produjo un CBR de 5.3%. Al realizar una comparación, se determinó que el componente sólido que contenía aceite sulfonado tenía el mayor rendimiento en términos de CBR (California Bearing Ratio).

El objetivo del estudio realizado por Villanueva Santos (2021) fue evaluar en qué medida la inyección de aceite automotriz residual optimiza la estabilidad de la sub rasante de la carretera asfaltada de Dv. Chirinos, Cajamarca, en el año



2021. El análisis tuvo como meta hallar el impacto de la aplicación de aceite automotriz en exceso sobre la calidad del suelo durante el desarrollo de estabilización de la sub rasante de la vía. Según Tamayo (2000), la eficacia del enfoque aplicado se basa en la comprensión y el aporte de la investigación fundamental. Su énfasis principal no está en la progresión de las ideas, sino en su aplicación directa. Pone a prueba los conceptos teóricos utilizando hechos del mundo real. Se obtuvieron los siguientes resultados: cuando se utiliza para la estabilización del suelo, la utilización de aceite de motor reciclado reduce el contenido de humedad, reduce la consistencia (límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad), crece la densidad seca máxima y mejora la resistencia a la penetración. La utilización de entre un 4% y un 6% de aceite de motor reciclado puede optimizar la calidad de los suelos de nivel medio a medio.

El estudio realizado por Manrique Reynaga en el 2021 fue para investigar el impacto del aceite sulfonado en la estabilidad de la sub rasante de la avenida La Cultura en el distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas, en el 2020. La investigación se tituló "Utilización de aceite sulfonado para la optimización de la sub rasante en el distrito de Pacucha, Andahuaylas, Apurímac en el 2020". El estudio utilizó un diseño experimental aplicado, utilizando un enfoque cuantitativo y una metodología de investigación de nivel explicativo. Los datos obtenidos del análisis revelaron una asociación directa entre la cantidad de aditivo de aceite sulfonado, medido a razón de 0.3 litros por metro cúbico, y el porcentaje de CBR (California Bearing Ratio). Se introdujeron en los especímenes de suelo natural 1,0%, 1,5% y 2,0% de la cantidad total de aditivo sólido, es decir, cemento. Las cifras demuestran una conexión clara y directa entre la fracción de cemento y la cantidad de CBR. Determinamos la dosificación



óptima de cemento Portland tipo I para nuestras muestras de suelo. Descubrimos valores de 1,5% y 2,00% para un fin determinado. Utilizamos la cantidad de cemento del 1,5%, lo que condujo a un CBR (California Bearing Ratio) del 42,3% en la fase avanzada (0+250).

La investigación realizada por Mendoza Apaza (2020) titulada "Estabilización de suelos cohesivos a nivel de sub rasante en autopistas de bajo tráfico utilizando aceite automotriz reciclado." El proyecto tuvo como objetivo examinar el potencial del uso de aceite automotriz reciclado para controlar superficies cohesivas para la ejecución de sub rasantes en carreteras de bajo tráfico. Se utilizó un método experimental manipulando y/o controlando las variables independientes. Se hicieron las siguientes deducciones El aceite de automóvil reciclado tiene la capacidad de estabilizar suelos arcillosos, clasificados como (CL) por la SUCS y como tipo de suelo A-6(6) por la AASHTO. En base a los datos obtenidos de los ensayos, el aceite automotriz 100% reciclado es el porcentaje ideal y cumple con los criterios de las Normas de Calidad Ambiental de Suelos del MINAM. En ausencia de un estabilizador, el suelo arcilloso posee una resistencia inherente al cizallamiento (CBR). Se mostró el proceso de mejoramiento de la superficie arcillosa para su empleo como sub rasante. El suelo estabilizado tiene una densidad seca límite de  $1,929 \text{ g/cm}^3$ , mientras que el suelo original tiene una densidad seca de  $1,912 \text{ g/cm}^3$ . Aplicando el 100% de AAR (Absolute Aggregate Retention), el CBR (California Bearing Ratio) del suelo estabilizado al 95% de MDS (Maximum Dry Density) es del 23,90%. En la situación de que se necesite el uso de una capa de asfalto de alta resistencia, se recomienda el uso de una capa de asfalto de alta resistencia.



El estudio demostró que la incorporación de aceite de automóvil 100% reciclado al suelo natural mejoraba la cohesión del suelo, al tiempo que satisfacía los criterios del ECA para suelos inorgánicos utilizados en aplicaciones comerciales, industriales y extractivas. El suelo autóctono presentaba niveles elevados de metales pesados, como arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), cromo hexavalente (Cr VI) y plomo (Pb).

En el estudio "Estabilización de suelos cohesivos de sub rasante con aceite residual para la pavimentación de la Av. Santiago Geraldo, Juliaca, Puno, 2022", Huarsaya Medina (2022) tiene como objetivo evaluar el impacto de la suma de aceite quemado en la estabilización de suelos durante la pavimentación de la Av. Santiago Geraldo en Juliaca, Puno en el año 2022. Se utilizó tanto el método de tipo aplicado como el diseño experimental. Se realizaron las siguientes deducciones. Los suelos naturales C-01, C-02 y C-03 tienen valores de densidad seca máxima de 1.694, 1.709 y 1.586 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. Cuando se aplica una concentración del 2,5% de aceite quemado, el suelo presenta densidades de 1,742, 1,755 y 1,672 g/cm<sup>3</sup>. Por el contrario, cuando se aplica una concentración del 5% de aceite quemado, el suelo presenta densidades de 1,776, 1,781 y 1,694 g/cm<sup>3</sup>. Está claro que los suelos cohesivos tienen el potencial de almacenar una mayor cantidad de aceite quemado en su densidad seca máxima en comparación con su porcentaje efectivo. El suelo inherente de C-01, C-02, y C-03 exhibe valores de CBR de 4,2%, 3,8%, y 5,1% correspondientemente cuando se aplica 2,5% de aceite quemado. Posteriormente, estos porcentajes aumentan a 8,0%, 7,2%, y 9,8%, respectivamente. Además, demuestra porcentajes del 11,7%, 10,2% y 12,9% al incluir un 5% de aceite quemado, y del 13,6%, 12,1% y 15,5% al introducir un

7,5% de aceite quemado.

La meta del proyecto "Mejoramiento de la sub rasante mediante la incorporación de aceite residual de vehículos automotores en la carretera Platería Perka, Puno 2021" (Jalanoca Ccama y Vargas Chacaltana, 2021) fue investigar el impacto del aceite residual en las cualidades de la sub rasante de la vía Platería Perka en Puno en el año 2021. Al comparar la sub rasante de la vía Platería Perka con la muestra de referencia, se descubrieron los siguientes hallazgos: Las observaciones revelaron que las optimiza en las características del suelo granular fueron evidentes en las dosis de aceite residual de 1,5%, 2,5% y 3,5%. Sin embargo, se observó una reducción de la mayoría de las cualidades de la superficie con una dosis de aceite residual del 4,5%. Al añadir concentraciones de aceite residual del 1,5%, 2,5%, 3,5% y 4,5% al suelo natural, la densidad seca máxima mostró un crecimiento a 2.060 g/cm<sup>3</sup>, 2.077 g/cm<sup>3</sup>, 2.086 g/cm<sup>3</sup> y 2.006 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. El suelo natural tiene una densidad seca límite de 2,056 g/cm<sup>3</sup>. Se ha demostrado que el aceite residual acelera el desarrollo de consolidación y disminuye la densidad seca límite en un 4,5%. La densidad seca límite experimenta un aumento que oscila alrededor del 1,5% y el 3,5%.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Estabilidad del suelo.**

(MTC, 2013) Para optimizar las cualidades físicas de la superficie, el procedimiento implica el uso de métodos mecánicos y la incorporación de agentes químicos sintéticos u orgánicos. La mayoría de las veces se realizan en suelos en los que la sub rasante es insuficiente o ineficaz.



## **2.2.2. Métodos de estabilización del suelo**

### **2.2.2.1. Estabilización de suelos por medios mecánicos**

(Acurio Menéndez, 2009) Mediante la incorporación de material adicional al suelo, es posible mejorar las propiedades granulométricas del suelo y crear estabilidad mecánica. Entre la maquinaria utilizada se encuentran tractores, motoniveladoras y rodillos compactadores.

#### **a. Estabilización mediante la mezcla de suelos.**

(MTC, 2013) El proceso de estabilización combinada toma en consideración la mezcla o combinación de los componentes del suelo parental y los componentes del suelo de préstamo. Se requiere una escarificación o rotura del suelo a una profundidad de quince centímetros antes de la adición del material de préstamo.

#### **b. Estabilización mediante sustitución del suelo**

(Ministerio de Transporte, 2013) Cuando se crea una sub rasante superior simplemente añadiendo más material, hay dos resultados potenciales: o bien la capa se construye instantáneamente sobre la superficie orgánica que ya existe, o bien es necesario excavarlo y sustituirlo por el material extra. Ambos resultados son factibles.

#### **c. Suelos estabilizados con cemento.**

Año (2002) Montejo Fonseca El inicio de este proceso está marcado por la formación del carácter fibroso del silicato cálcico, que se produce cuando las moléculas de cemento entran en contacto con el líquido. El resultado final de este procedimiento es algo que se asemeja a masas enmarañadas de filamentos muy pequeños.



#### **d. Aplicación de cloruro sódico para la estabilización.**

Menéndez Acurio (2009) ha demostrado que los efectos estabilizadores de la sal pueden ser beneficiosos para todos los suelos, a excepción de aquellos que contienen materia orgánica. La creación de una capa superficial uniforme y lisa puede lograrse mediante la aplicación de sal ya sea en salmuera, cristales o suelo seco de cualquier tipo.

#### **e. Estabilización con cloruro cálcico.**

(Ministerio de Transporte, 2013) La estabilidad del suelo conlleva una serie de beneficios, como la disminución del polvo, la prevención del hundimiento de la superficie y la mejora de la fortificación del suelo.

#### **f. Estabilización calcárea del suelo.**

(Braja, 2001) Para el control de superficies de grano fino, es práctica habitual la utilización de cal viva dolomítica, CaO viva calcítica, cal dolomítica monohidratada y cal hidratada de alto contenido en calcio. Es práctica habitual emplear entre un cinco y un diez por ciento de la gama.

#### **g. Estabilización utilizando cloruro de magnesio.**

(Ministerio de Transporte, 2013) Como resultado del aumento de la tensión superficial, los cristales blancos conocidos como cloruro de magnesio producen una superficie de rodadura más duradera. Diez por ciento de magnesio, treinta y tres por ciento de cloro, cincuenta y dos por ciento de agua y cuatro por ciento de contaminantes constituyen la mayor



parte del cloruro de magnesio.

## **h. Estabilización a base de productos asfálticos**

(Menéndez Acurio, 2009) Uno o más de los siguientes objetivos pueden lograrse mediante el uso de compuestos bituminosos, que incluyen alquitrán, emulsiones asfálticas y asfaltos líquidos, en el proceso de estabilización.

En superficies no plásticas o arenosas, su función es producir un efecto ligante en conjunción con la fricción natural de la superficie para no dejar que la capa optimizada se malogre como resultado de la fuerza del tráfico.

A través del proceso de relleno de huecos y aglomeración de las partículas de arcilla, el estabilizador en suelos cohesivos cumple la función de impermeabilizar el suelo y protegerlo de los efectos nocivos de la actividad del agua.

### **2.2.3. Sub rasante**

(Ministerio de Transporte, 2013) El diseño de la cinta transportadora se considera apropiado para suelos con un CBR del 6% o superior si el peso de la cinta transportadora no causa ningún daño a la capa superior natural del suelo bajo la cinta transportadora. Además, tiene la capacidad de facilitar la construcción del asfalto.

**Tabla 1.***Clasificaciones de la sub rasante*

<b>SUB RASANTE</b>	<b>CBR</b>
S0: Sub rasante extremadamente pobre	Si el CBR es menor a 3%
S1: Sub rasante inadecuado	Si el CRB es igual a 3% a 5%
S2: Sub rasante estándar	Si el CBR es = a 6% a 10%
S3: Sub rasante eficaz	Si el CBR es = a 11% a 19%
S4: Sub rasante extremadamente eficaz	Si el CBR es mayor al 20%

*Nota:* Ministerio de Transportes

#### **2.2.4. Áreas que afectan a la estabilización del suelo**

##### **Proctor modificado**

(Braja M., 1985) Se utiliza tierra compactada para rellenar el molde, que tiene un volumen de 943,3 centímetros cúbicos. Se utiliza un apisonador para comprimir la tierra en cinco capas similares entre sí, y cada capa se golpea 25 veces. Este proceso se lleva a cabo después de añadir cantidades variables de agua. En cuanto a dimensiones, el pisón mide 304,8 milímetros y pesa 24,4 newtons. Según el peso exacto de la compactación en húmedo para cada una de las pruebas individuales.

##### **Humedad y densidad.**

(Pabón Alvarez, 2006) Estos elementos influyen en la integridad estructural del subsuelo, así como en su reacción a cargas repetitivas.

a cargas que se repiten. Los suelos del subsuelo pueden compactarse durante la construcción hasta alcanzar una densidad y un contenido de humedad específicos, lo que permite calcular los valores de resistencia del subsuelo. Esto puede lograrse compactando los suelos a una densidad y contenido de humedad específicos.

contenido de humedad, lo que permite halla los parámetros de resistencia para el diseño del firme.

diseño del firme. No obstante, la densidad y el contenido de humedad están sujetos a alteración antes de, durante o al finalizar la construcción.

alteración antes de, durante o después de la ejecución.

$$\% \text{ de agua a incorporar} = \frac{H - h}{100 + h} * 100$$

**Donde:**

H= Humedad ajustada

h= Humedad orgánica

#### **2.2.4.1. Ensayo CBR**

Según Bañón y Garccia (2010), el índice CBR es la variación porcentual, a una determinada profundidad, entre la fuerza requerida para que el pistón perfora la superficie y la fuerza requerida para la misma penetración en un espécimen de referencia de grava triturada. Esta variación se mide a una profundidad determinada. Existe un nivel concreto de profundidad a partir del cual se mide esta.

**Tabla 2.***Clasificación del suelo para la sub rasante basada en el CBR*

	Valor de CBR	Clasificación general
S0	CBR < 3%	Sub rasante extremadamente pobre
S1	CRB = 3% - 5%	Sub rasante inadecuado
S2	CBR = 6% - 10%	Sub rasante estándar
S3	CBR = 11% - 19%	Sub rasante eficaz
S4	CBR > 20%	Sub rasante extremadamente eficaz

*Nota:* MTC**Tabla 3.***Información correspondiente al espécimen estándar CBR*

PERMEACIÓN		CARGA UNITARIA COMÚN	
Mm	Pulg	Mpa	Psi
2.5	0.1	6.9	1
5	0.2	10.3	1.5
7.5	0.3	13	1.9
10	0.4	16	2.3
12.7	0.5	18	2.6

*Nota:* Joseph E. Bowles

$$CBR\ 0.1'' = \frac{CARGA\ EN\ PSI}{1000} * 100$$

#### 2.2.4.2. Expansión

(MTC, 2016) La categorización de la expansión del suelo es la siguiente: si el porcentaje es inferior al 1,5%, se define como "bajo"; si se sitúa entre el 1,5% y el 5%, se categoriza como "medio"; si va del 5% al 25%, se etiqueta como "alto"; y si es superior al 25%, se clasifica como "muy alto".

$$\% \text{ expansión} = \frac{L2 - L1}{127} * 100$$

Donde:

- L1: primera lectura en mm
- L2: última lectura en mm
- 127: la altura de la pantalla en el molde es de 12,7 cm (5").

### **2.2.4.3. Sustancias lubricantes**

(Martínez Perez, 2002) Se categorizan como lubricantes debido a las cualidades de flujo que poseen. Comprenden tanto los aceites simples como los complejos. Los distintos tipos de aceites se clasifican según su origen, incluidos los aceites minerales, animales, vegetales y sintéticos. Además, los compuestos se crean mediante el proceso de combinación de aceites simples.

### **2.2.5. Características y atributos de los aceites lubricantes**

#### **Viscosidad**

(Perez Casado, 2012) Se denomina así al residuo que queda después de dividir el gradiente de velocidad por el esfuerzo cortante. Tanto la temperatura como la presión afectan en la cantidad de fricción interna que existe entre las moléculas de un fluido, que es lo que se denomina viscosidad del fluido.

#### **Densidad**

(Perez Casado, 2012). La manifestación de esta característica depende de la temperatura.

A menudo se supone que la densidad del aceite lubricante es constante, pero puede verse influida por la temperatura y otras variables.



## 2.3. Marco conceptual

### a. Sub rasante

En el año 2002 se estrenó la Fonseca Montejo. Teniendo en cuenta que el pavimento se colocará inmediatamente encima de la capa de suelo natural, es de suma importancia que su estructura sea lo suficientemente resistente como para soportar cantidades significativas de tráfico. Es de suma importancia realizar una evaluación de la sensibilidad de la superficie a la humedad, ya que este componente influye en la resistencia de la superficie y en la probabilidad de que se produzcan cambios de tamaño, como hinchamiento o contracción.

### b. Estabilización De Suelo

La mejora de las cualidades físicas de la superficie puede lograrse mediante el proceso de mejora del suelo, que implica la suma de agentes químicos sintéticos u orgánicos, así como el uso de técnicas mecánicas. En la mayoría de los casos, estas estabilizaciones, que se conocen como control de superficies con asfalto, control de superficies con CaO y control de superficies con cemento, se aplican a suelos cuya sub rasante es insuficiente o inadecuada. MTC (2013).

### c. Ensayo CBR

Con el objetivo de determinar la presión necesaria para una penetración de tres pulgadas a una velocidad específica de media pulgada por minuto, con un diámetro de media pulgada y una profundidad de seis pulgadas, se realiza esta prueba de penetración estándar. (NLT-



112). (Bañon Blazquez & Bevia Garccia, 2010)

#### **d. Aceites usados**

Según Barberan (2006) La práctica de introducir un determinado tipo de aceite en maquinaria, independientemente de si el equipo ha sido utilizado o no, incluidos, entre otros, motores, cajas de cambios, transformadores eléctricos que accionan turbinas y otras piezas similares de maquinaria, etc. La producción de aceite reciclado procede de diversas fuentes, como los aceites lubricantes que se utilizan en automóviles y otras aplicaciones industriales.

#### **e. Densidad y humedad**

Las cargas recurrentes tienen un efecto sobre los suelos de la sub rasante, lo que a su vez afecta a la resistencia y a la característica de reacción del suelo. Es posible que los suelos de la sub rasante se triturén hasta alcanzar una determinada densidad y nivel de humedad durante el transcurso de la operación de construcción. El cálculo de los valores de resistencia que se utilizan en el diseño del pavimento es posible gracias a este aspecto. (Pabón Alvarez, 2006).



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Tipo de investigación

El proyecto realizado por Gago y sus colegas (2015) demuestra que existen circunstancias en las que pueden utilizarse los conocimientos recién obtenidos. La investigación aplicada o empírica está conectada directamente con la investigación fundamental, que requiere una base teórica. Como ya se ha dicho, la investigación fundamental también está íntimamente ligada a lo que se conoce como investigación aplicada.

Dado que en ella se utilizarán los conceptos de estabilización de la superficie y la disposición de carga de la superficie, la presente investigación funcionará como un estudio aplicado.

#### 3.2. Nivel de investigación

Un estudio que llevaron a cabo Gago y sus colegas en 2017. Mediante esta acción, busca métodos para aplicar con éxito los conocimientos que ha recibido últimamente. Los resultados de investigaciones anteriores han demostrado que la investigación fundamental requiere el uso de un marco teórico y está inextricablemente ligada a la investigación empírica o aplicada.



Como consecuencia de ello, el presente estudio será de carácter descriptivo, con el objetivo de conocer mejor el entorno que rodea a un fenómeno e investigar los variables que ayudan a la existencia de sucesos físicos.

### **3.3. Métodos de Investigación**

(Sabino, 1996) Proceso que implica la recopilación de información científica e incluye la identificación de varias técnicas de investigación, así como una discusión de los beneficios e inconvenientes asociados a cada uno de estos enfoques.

Para analizar los datos y determinar la meta del proyecto, se recopilará datos sobre las características y el estado actual de la ruta, que es la desviación de la carretera Rosario-Crucero hacia la región de Potoni. Esta información se recopilará mediante el uso de fichas. De acuerdo con los conceptos presentados anteriormente, en este proyecto se empleará el método científico.

### **3.4. Diseño de investigación**

(Sampieri et al, 1991) Los experimentos que incluyen la manifestación deliberada de una o más variables independientes se denominan diseños experimentales. Esto se debe a que estos procedimientos investigan el impacto de la manipulación sobre una o más factores dependientes.

A efectos de este proyecto, se utilizará un diseño experimental longitudinal. Esto se debe al hecho de que la variable aceite reciclado se modificará añadiéndola al sublavado en determinadas cantidades para evaluar su eficacia.

### 3.5. Operacionalización de variables

#### 3.5.1. Cuadro de operacionalización de variables

Ver anexos

### 3.6. Población y muestra

#### 3.6.1. Población

Acorde con López (2004), los seres humanos u otras cosas podrían potencialmente convertirse en parte del universo como resultado de los experimentos que lleva a cabo la comunidad científica. A los efectos de esta investigación, la población que se está tomando en cuenta se designa como el camino que se extiende desde Rosario hasta Crucero y se extiende hasta la zona de Potoni.

#### Figura 1.

*Ubicación desvío de la vía Rosario - Crucero al distrito de Potoni*



*Nota: Google Earth*



### **3.7. Muestra**

(López, 2004). Utilizando fórmulas matemáticas y examinando cuidadosamente los datos que se recogieron, la finalidad de este proyecto es llevar a cabo una evaluación de la población. Como parte de esta investigación, se recogió la muestra de tierra en el desvío de la carretera Rosario-Crucero que va a la zona de Potoni. Para la extracción de la tierra se utilizó la calicata.

### **3.8. Métodos e instrumentos recolección de datos**

#### **3.8.1. Técnica**

Existen cinco métodos fundamentales que pueden utilizarse para recopilar datos. Se realizó una observación preliminar para validar la realización de las pruebas, examinarlas y evaluarlas. A continuación, se documentaron los resultados de cada prueba en un formato tabular, manteniendo una secuencia constante con los datos obtenidos de las pruebas.

#### **3.8.2. Instrumentos de recolección de datos**

El laboratorio de suelos ofreció ciertas plantillas para este examen, mientras que el investigador ideó otras. Esto se hizo para que el investigador pudiera obtener los resultados deseados. A continuación, figura una lista de los formatos que se indican:

**Tabla 4.***Instrumentos utilizados para la investigación*

FORMATO	CLASIFICACIÓN
Contenido de humedad (MTC E 108 - ASTM D2216)	Suelos Método SUCS (ASTM D2487)
Evaluación granulométrica por tamizado (MTC E107 - ASTM D422)	Suelos Método AASHTO (ASTM D3282)
Límite líquido (MTC E 110 - ASTM D4318)	
Límite plástico (MTC E110 - AST D4318)	
Índice de plasticidad (MTC E 111 - ASTM D4318)	
Proctor Modificado (MTC E 115 - ASTM D1557)	
CBR (MTC E132 - ASTM D1883)	

### 3.9. Procedimiento

Una investigación de este tipo debe llevarse a cabo en tres fases para ceñirse a la metodología adecuada. Los procesos que se incluyen en este proceso incluyen el trabajo que se realiza in situ, los ensayos que se realizaron en un laboratorio y el trabajo de gabinete que se designa para la revisión de los datos.

#### 3.9.1.1. Trabajos in situ

A la región de la investigación se llegó tomando un desvío de la ruta que une Rosario y Crucero hasta el barrio Potoni. Una vez allí, se realizó el trabajo de campo de acuerdo con el método que se detalla seguidamente:

- La selección del entorno de trabajo
- La ubicación de los pozos de sondeo.
- La excavación de hoyos de 1,50 metros por 1,20 metros por 1,20 metros se llevó a cabo con la asistencia de un número limitado de personal.

- Se extraerán muestras de cien kilogramos cada una.
- La suciedad recuperada para el análisis debe identificarse y etiquetarse.
- Es posible obtener el aceite usado en el área de mantenimiento del municipio del distrito de Potoni.

### 3.9.1.2. Ensayo de laboratorio

Con el fin de establecer las particularidades de los suelos obtenidos, fue necesario realizar ensayos de acuerdo con los criterios más actuales en materia de carreteras.

### 3.9.1.3. Trabajos de gabinete

Al concluir los procedimientos de trabajo de laboratorio y de campo, realizamos una evaluación exhaustiva de cada uno de ellos para determinar los propósitos de esta indagación.

#### Tabla 5.

*Normativa para trabajos de laboratorio*

<b>Ensayo</b>	<b>Normativa</b>
Clasificación de suelo con el método SUCS	NTP.339.134
Organización de suelo con el método AASHTO	NTP.339.135
Evaluación granulométrica de suelos	MTC. E107
Contenido de humedad	MTC. E108
Límite líquido	MTC. E110
Límite plástico	MTC. E111
Proctor modificado	MTC. E115
CBR	MTC. E132



### 3.10. Método de evaluación de datos

Las pruebas se realizaron en el laboratorio especializado de la Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras, concretamente en el departamento de Ingeniería Civil, de la UANCV. Estas pruebas se evaluarán mediante gráficos cuando se disponga de los resultados.



## CAPÍTULO IV

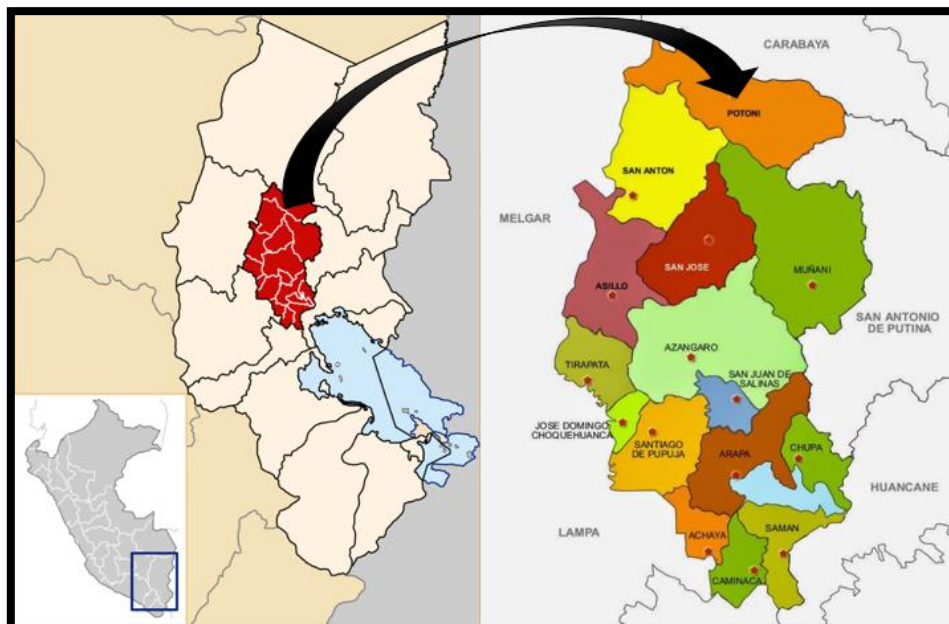
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Descripción de la zona de estudios

A lo largo de la carretera Rosario-Crucero, el área de análisis para este experimento se sitúa muy cerca del distrito de Potoni, que se encuentra dentro de la región de Puno.

##### 4.1.1. Ubicación

El área de investigación para este estudio está ubicada en el distrito de Potoni, que forma parte de la provincia de Azángaro en el departamento de Puno. Esto se mostrará en la imagen 2.

**Figura 2.***Área de estudio*

#### 4.2. Trabajos insitu

Según el “Manual de diseño de carreteras sin pavimentar de bajo volumen de tráfico del MTC”, la ruta en cuestión se clasificó como carretera rural. Tras completar el análisis geológico y geotécnico del área de estudio, localizamos un pozo de prueba y recogimos muestras para su posterior análisis en un laboratorio. Posteriormente, las muestras se enviaron al laboratorio. Los pozos de prueba deben situarse estratégicamente de forma longitudinal y desigual a lo largo de toda la anchura de la carretera.

Además, recogimos aceite lubricante usado en el municipio del distrito de Potoni y lo mezclamos con el suelo estándar obtenido en el lugar investigado en las siguientes proporciones: 2%, 4% y 6% correspondientemente.

**Figura 3.**

*Área de estudio in situ*



**Figura 4.**

*Ubicación de calicata para la extracción de muestra*



**Figura 5.**

*Recolección de aceite lubricante usado*



#### **4.3. Ensayos de laboratorio**

##### **4.3.1. Contenido de humedad**

La perspectiva por defecto es el punto estándar o inicial utilizado para la comparación o medición. El contenido de humedad de una superficie se denota como MTC E (108 - 2000). Según el Manual de Ensayo de Materiales, concretamente la Sección nº 1: Suelos. Para hallar la dimensión de agua que se ha eliminado del suelo, se puede secar el suelo en un horno a una  $T^{\circ}$  de  $110 \pm 5$  grados Celsius hasta que alcance un peso estable. El peso de las partículas sólidas puede determinarse midiendo el peso de la tierra restante tras su secado en el horno. Durante el proceso de secado, la cantidad de peso perdida equivale al peso del agua.

**Figura 6.**

*Ensayo de laboratorio para determinar el contenido de humedad*

**Tabla 6.**

*Contenido de humedad del suelo patrón*

CONTENIDO DE HUMEDAD - SUELO PATRÓN		
TIERRA HUMEDA + POTE	G	520.1
TIERRA SECA + POTE	G	489.3
PESO DEL POTE	G	51.3
PESO DEL AGUA	G	30.8
PESO DE LA TIERRA SECA	G	438
HUMEDAD	%	7.03

Se recogió una muestra de suelo in situ y se envió al laboratorio de la UANCV para realizar diversas pruebas y análisis. Una de ellas fue cuantificar la dimensión de líquido en la superficie. Con base en los datos mostrados en el cuadro, se determinó que el contenido promedio de humedad de la superficie era de 7.03 por ciento.

**Tabla 7.**

*Contenido de humedad para la superficie patrón con 2% de aceite lubricante reciclado*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD - SUELO PATRÓN + 2% DE ACEITE LUBRICANTE RECICLADO</b>		
TIERRA HUMEDA + POTE	G	420.10
TIERRA SECA + POTE	G	394.00
PESO DEL POTE	G	50.80
PESO DEL AGUA	G	26.10
PESO DE LA TIERRA SECA	G	343.20
HUMEDAD	%	7.60

*Nota:* LMSCA – UANCV

La finalidad de este proyecto es hallar los impactos causados por el uso de aceite lubricante envejecido para estabilizar la sub rasante. Para ello, se suplementó el suelo ordinario con un 2%, 4% y 6% de aceite lubricante reciclado. El objetivo de este experimento era conocer la naturaleza de los resultados que se obtendrían al realizar las correspondientes investigaciones de laboratorio. El nivel de humedad se redujo al 7,6% añadiendo un 2% de aceite lubricante reciclado.

**Tabla 8.**

*Contenido de humedad de la superficie patrón con 4% de aceite lubricante reciclado*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD - SUELO PATRÓN + 4% DE ACEITE LUBRICANTE RECICLADO</b>		
TIERRA HUMEDA + POTE	G	446.70
TIERRA SECA + POTE	G	417.10
PESO DEL POTE	G	52.20
PESO DEL AGUA	G	29.60
PESO DE LA TIERRA SECA	G	364.90
HUMEDAD	%	8.11

*Nota:* LMSCA – UANCV

La finalidad de este proyecto es hallar los impactos causados por el uso de aceite lubricante envejecido para estabilizar la sub rasante. Para ello, se suplementó el suelo ordinario con aceite lubricante reciclado en concentraciones del 2%, 4% y 6%. El objetivo de este experimento era conocer la naturaleza de los resultados que se generarían al realizar las investigaciones de laboratorio pertinentes. A la cantidad existente de aceite lubricante reciclado le añadimos un 4% adicional, con lo que el contenido total de humedad fue del 8,11%.

**Tabla 9.**

*Contenido de humedad del suelo patrón con 6% de aceite lubricante reciclado*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD - SUELO PATRÓN + 6% DE ACEITE LUBRICANTE RECICLADO</b>		
TIERRA HUMEDA + POTE	G	396.60
TIERRA SECA + POTE	G	369.10
PESO DEL POTE	G	52.20
PESO DEL AGUA	G	27.50
PESO DE LA TIERRA SECA	G	317.00
HUMEDAD	%	8.68

*Nota:* LMSCA - UANCV

La finalidad de este proyecto es hallar el impacto de la aplicación de aceite lubricante envejecido en la estabilización de la sub rasante. Para ello, se suplementó el suelo ordinario con un 2%, 4% y 6% de aceite lubricante reciclado. El objetivo de este experimento era conocer la naturaleza de los resultados que se obtendrían al realizar la correspondiente investigación de laboratorio. La utilización de aceite lubricante reciclado en una proporción del 6% dio lugar a un aumento del nivel de humedad hasta el 8,68%.

Al examinar los datos obtenidos de cada ensayo, es evidente que el nivel

de humedad aumenta en correlación directa con la cantidad de aceite lubricante utilizado.

#### 4.3.2. Análisis de granulometría

El objetivo es determinar las proporciones de tierra que pasan a través de diversos tamices de la serie de prueba, hasta un tamaño de 0,074 mm (N°200).

Se hace referencia al documento titulado "Manual de ensayo de materiales en la Sección N°1: Suelos". Referencias que proporcionan normas o directrices para un tema determinado. El MTC E 107 es un método de análisis de la distribución granulométrica de los suelos mediante tamices.

#### Figura 7.

*Ensayo de laboratorio para análisis de granulometría*



**Tabla 10.**

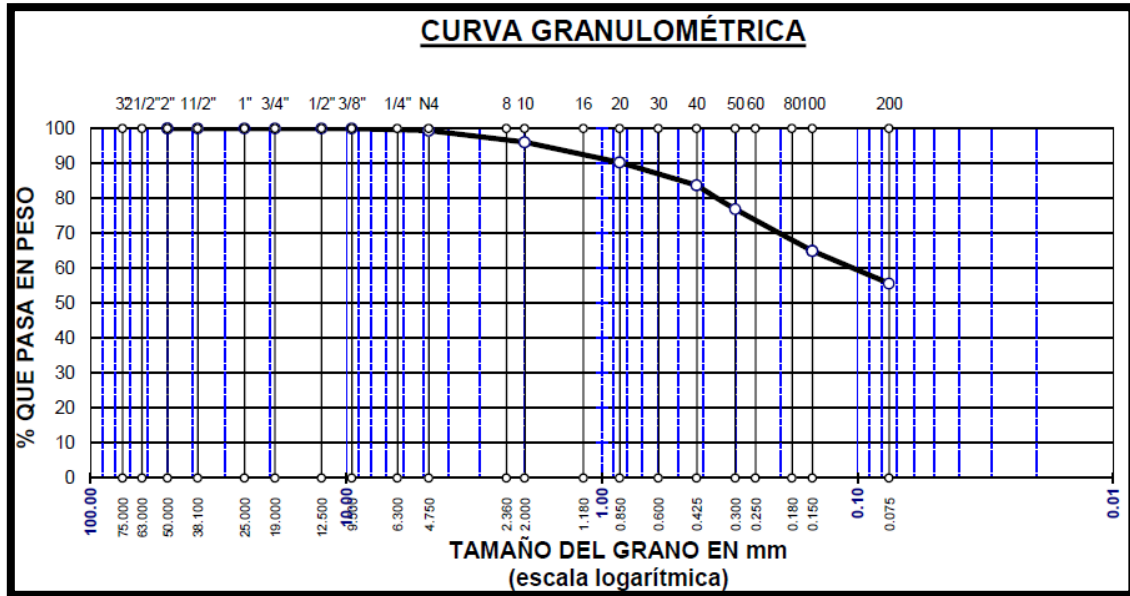
*Análisis de granulometría para el suelo patrón*

TAMICES ASTM	ABER. Mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO LÍMITE:  DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000					
2 1/2"	6.000					P.L.= 1240
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	P.L.= 549.66
1 1/2"	38.000	0.00	0.00	0.00	100.00	P.P.= 690.34
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	%W 7.03
						<b>LÍMITES DE</b>
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>CONSISTENCIA:</b>
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 29.49
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 20.29
1/4"	6.300					I.P.= 9.20
						<b>CHARACT.</b>
No4	4.750	6.97	0.56	0.56	99.44	<b>GRANULOMÉTRICAS:</b>
No8	2.360					D10=-- Cu=--
No 10	2.000	41.10	3.31	3.88	96.12	D30=-- Cc=--
No 16	1.180					D60=0.11
No 20	0.850	72.06	5.81	9.69	90.31	<b>CLASIFICACIÓN:</b>
No 30	0.600					L.G.=
No 40	0.425	81.11	6.54	16.23	83.77	SUCS: CL
No 50	0.300	84.63	6.83	23.05	76.95	AASHTO: A-4 (3)
No 60	0.250					<b>OBSERVACIONES:</b>
No 80	0.180					
No 100	0.150	148.32	11.96	35.02	64.98	
No 200	0.075	115.47	9.31	44.33	55.67	
	<b>BASE</b>	690.34	55.67	100.00	0.00	
	<b>TOTAL</b>	1240.00	100.00			
	<b>% PÉRDIDA</b>	55.67				

*Nota:* LMSCA – UANCV

**Figura 8.**

*Curva de análisis de granulometría para el suelo patrón*



*Nota:* LMSCA - UANCV

Basándose en los datos de la tabla, el tipo de suelo puede describirse como una arcilla limosa de color marrón rojizo con un bajo nivel de plasticidad. La muestra se compone de un 55,67% de partículas capaces de atravesar los agujeros numerados 200. Tiene un IP del 9,20%, un límite plástico del 20,29% y un LL del 29,49%.

**Tabla 11.**

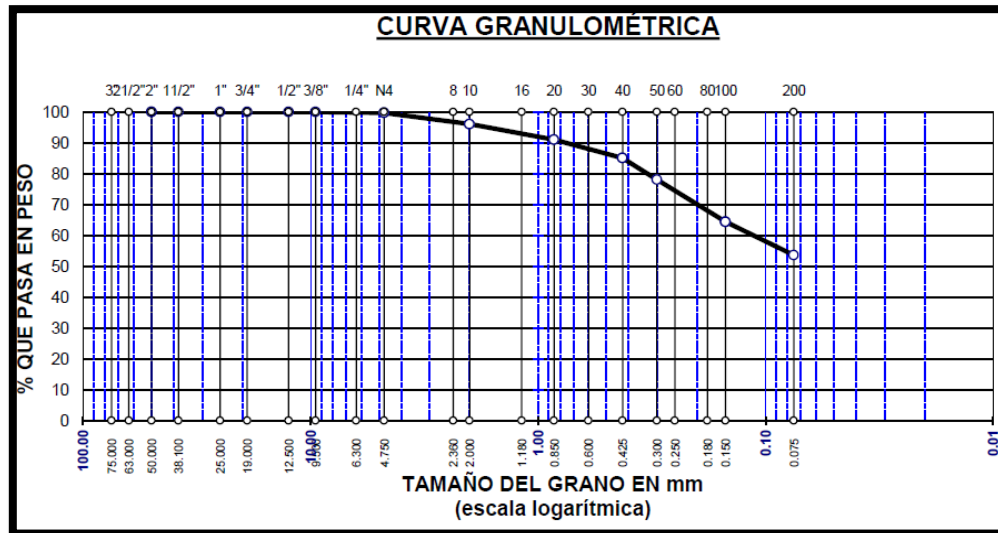
*Análisis de granulometría del suelo patrón con 2% de aceite lubricante reciclado*

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000					<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>
2 1/2"	6.000					P.L.= 1080
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	P.L.= 501.13
1 1/2"	38.000	0.00	0.00	0.00	100.00	P.P.= 578.87
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	%W 7.60
						<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA:</b>
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 30.47
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 19.59
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	I.P.= 10.88
1/4"	6.300					<b>CHARACT.</b>
No4	4.750	3.20	0.30	0.30	99.70	<b>GRANULOMÉTRICAS:</b>
No8	2.360					D10=-- Cu=--
No10	2.000	39.10	3.62	3.92	96.08	D30=-- Cc=--
No16	1.180					D60=0.12
No20	0.850	54.67	5.06	8.08	91.02	<b>CLASIFICACIÓN:</b>
No30	0.600					L.G.=
No40	0.425	64.45	5.97	14.95	85.05	SUCS: CL
No50	0.300	75.29	6.97	21.92	78.08	AASHTO: A-4 (3)
No60	0.250					<b>OBSERVACIONES:</b>
No80	0.180					
No100	0.150	147.22	13.63	35.55	64.45	
No200	0.075	117.20	10.85	46.40	53.60	
	<b>BASE</b>	578.87	53.60	100.00	0.00	
	<b>TOTAL</b>	1080.00	100.00			
	<b>% PÉRDIDA</b>	53.60				

Nota: LMSCA – UANCV

**Figura 9.**

*Curva de análisis de granulometría del suelo patrón con 2% de aceite lubricante*



*Nota:* LMSCA - UANCV

Según los datos, la composición típica del suelo es franco arcilloso limoso de color marrón rojizo. El índice plástico es del 10,88%, el límite plástico es del 19,59%, el límite líquido es del 30,47% y hay un 53,60% de penalizaciones (orificios de paso n.º 200). Para obtener esta información, se puede tratar un suelo con una solución de aceite lubricante a una concentración del 2%.

**Tabla 12.**

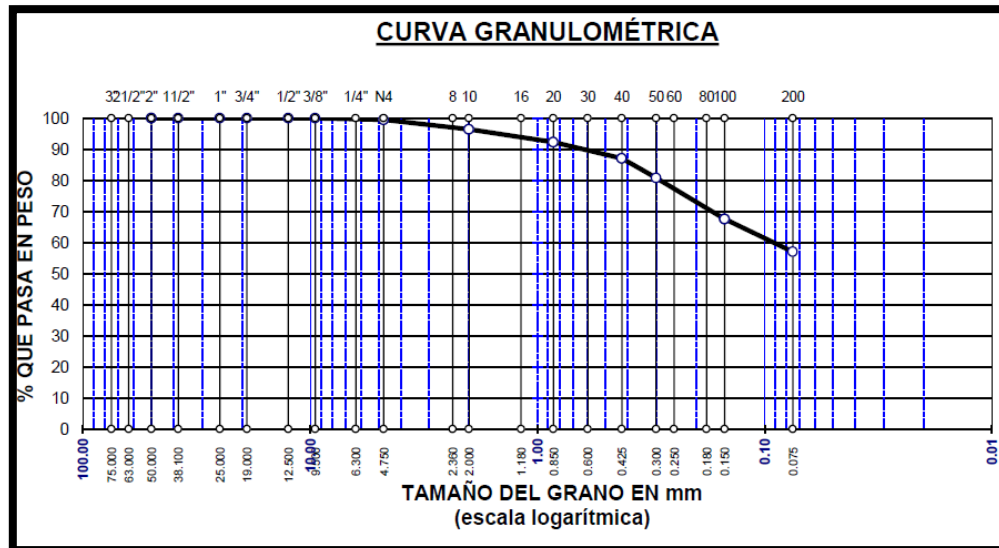
*Análisis de granulometría granulométrico de la superficie patrón con 4% de aceite lubricante reciclado*

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO:	
						<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>	
3"	75.000					P.L.=	1080
2 1/2"	6.000					P.L.=	464.16
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	P.P.=	615.84
1 1/2"	38.000	0.00	0.00	0.00	100.00	%W	8.11
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA:</b>	
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.=	30.67
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.=	18.96
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	I.P.=	11.71
1/4"	6.300					<b>CARACT. GRANULOMÉTRICAS:</b>	
No4	4.750	5.24	0.49	0.49	99.51	D10=--	Cu=--
No8	2.360					D30=--	Cc=--
No10	2.000	33.45	3.10	3.58	96.42	D60=0.10	
No16	1.180					<b>CLASIFICACIÓN:</b>	
No20	0.850	44.48	4.12	7.70	92.30	L.G.=	
No30	0.600					SUCS: CL	
No40	0.425	56.52	5.23	12.93	87.07	AASHTO: A-4 (6)	
No50	0.300	68.15	6.31	19.24	80.76	<b>OBSERVACIONES:</b>	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	142.12	13.16	32.40	67.60		
No200	0.075	114.20	10.57	42.98	57.02		
<b>BASE</b>		615.84	57.02	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		1080.00	100.00				
<b>% PÉRDIDA</b>		57.02					

*Nota:* LMSCA - UANCV

**Figura 10.**

*Curva de análisis de granulometría del suelo patrón con 4% de aceite lubricante*



*Nota:* LMSCA - UANCV

La tabla ilustra que la composición media del suelo consiste en arcilla limosa, de color marrón rojizo y con un bajo nivel de flexibilidad. El suelo está formado por un 57,02% de partículas pequeñas que pueden pasar a través de agujeros con un tamaño del n° 200. Tiene un límite plástico del 18,96%, un límite líquido del 30,67% y un índice plástico del 11,71% cuando se le añade un 4% de aceite lubricante.

**Tabla 13.**

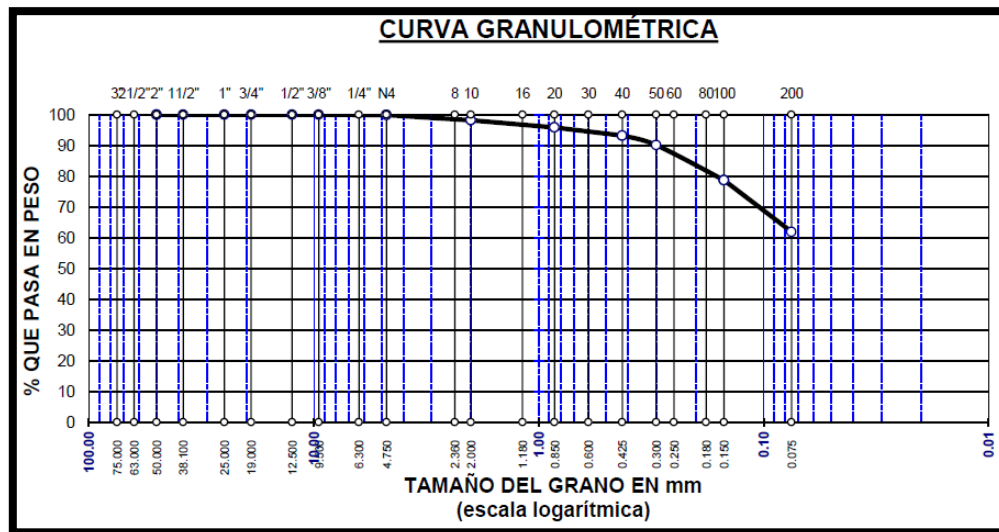
*Análisis de granulometría del suelo patrón con 6% de aceite lubricante reciclado*

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO:
<b>DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA</b>						
3"	75.000					P.L.= 1085
2 1/2"	6.000					P.L.= 413.32
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	P.P.= 671.68
1 1/2"	38.000	0.00	0.00	0.00	100.00	%W 8.68
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA:</b>						
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 31.45
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 18.54
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	I.P.= 12.91
1/4"	6.300					
<b>CHARACT. GRANULOMÉTRICAS:</b>						
No4	4.750	1.10	0.10	0.10	99.90	D10=-- Cu=--
No8	2.360					D30=-- Cc=--
No10	2.000	18.67	1.72	1.82	98.18	D60=--
No16	1.180					
No20	0.850	25.40	2.34	4.16	95.84	<b>CLASIFICACIÓN:</b>
No30	0.600					L.G.=
No40	0.425	28.58	2.63	6.80	93.20	SUCS: CL
No50	0.300	33.63	3.10	9.90	90.10	AASHTO: A-4 (6)
No60	0.250					<b>OBSERVACIONES:</b>
No80	0.180					
No100	0.150	123.60	11.39	21.29	78.71	
No200	0.075	182.34	16.81	38.09	61.91	
<b>BASE</b>		671.68	61.91	100.00	0.00	
<b>TOTAL</b>		1085.00	100.00			
<b>% PÉRDIDA</b>		61.91				

*Nota: LMSCA – UANCV*

Figura 11.

Curva de análisis de granulometría del suelo patrón con 6% de aceite lubricante



Nota: LMSCA - UANCV

La tabla indica que se trata de una arcilla limosa de color marrón rojizo con un bajo nivel de plasticidad. La muestra tiene un contenido de finos del 61,91% (partículas que pasan por el tamiz n.º 200), un límite plástico del 18,54%, un límite líquido del 31,45% y un índice plástico del 6,68% cuando se le adiciona un 6% de aceite de lubricación.

#### 4.3.3. Organización de suelos con SUCS y AASHTO

Es aconsejable utilizar "ASTM D 2487-93. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS o SUCS)" como punto de referencia común.

La primera parte del Manual de Ensayo de Materiales se centra en los suelos.

A partir de la información mostrada en la tabla, puede deducirse la siguiente conclusión: Un suelo compuesto de arcilla limosa se clasifica como 4.

### 4.3.4. Límite líquido, límite plástico e índice plástico

**Figura 12.**

*Ensayo de laboratorio - LL, LP e IP*



Alusiones normativas:

"Ensayo del límite líquido de los suelos" (MTC E 11 O).

"Ensayo de límite plástico e índice de plasticidad" es MTC (E 111).

"Manual de ensayo de materiales en la sección nº 1 Suelos".

**Tabla 14.**

*LL, LP e IP del suelo patrón*

TARRO N°	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
	7	8	G	H
TIERRA HÚMEDA + POTE (gr)	33.59	36.62	17.35	16.86
TIERRA SECA + POTE (gr)	27.28	30.36	15.88	15.02
PESO DEL POTE (gr)	7.22	7.61	9.06	9.1
PESO DEL AGUA (gr)	6.31	6.26	1.47	1.24
PESO DE LA TIERRA SECA (gr)	20.06	22.75	6.82	6.52
HUMEDAD (%)	31.46	27.52	21.55	19.02
N° DE GOLPES	25	25		
<b>LÍMITE LÍQUIDO %:</b>	<b>29.49</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO %:</b>	<b>20.29</b>	
<b>ÍNDICE PLÁSTICO %:</b>	<b>9.2</b>			

Los estudios de laboratorio demuestran inequívocamente que el índice plástico del suelo medio es del 9,2%. Estos resultados indican que el suelo de la región examinada se caracteriza por ser arcilloso y tener un nivel limitado de flexibilidad.

**Tabla 15.**

*LL, LP e IP del suelo patrón con 2% de aceite lubricante reciclado*

TARRO N°	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
	5	6	E	F
TIERRA HÚMEDA + POTE (gr)	42.89	33.84	16.45	15.92
TIERRA SECA + POTE (gr)	36.29	27.69	15.25	14.7
PESO DEL POTE (gr)	14.65	7.49	9.06	9.08
PESO DEL AGUA (gr)	6.6	6.15	1.2	1.13
PESO DE LA TIERRA SECA (gr)	21.64	20.2	6.19	5.71
HUMEDAD (%)	30.5	30.45	19.39	19.79
N° DE GOLPES	25	25		
<b>LÍMITE LÍQUIDO %:</b>	<b>30.47</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO %:</b>	<b>19.59</b>	
<b>ÍNDICE PLÁSTICO %:</b>	<b>10.88</b>			

*Nota:* LMSCA - UANCV

El análisis de laboratorio reveló que el suelo arcilloso tratado en la zona tiene un IP del 10,88%, lo que señala que tiene las propiedades de un suelo de plasticidad media. Para ello, al suelo ordinario se le añade aceite lubricante reciclado en una concentración del 2%.

**Tabla 16.***LL, LP e IP del suelo patrón con 4% de aceite lubricante reciclado*

TARRO N°	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
	3	4	C	D
TIERRA HÚMEDA + POTE (gr)	38.68	41.48	20.41	21.48
TIERRA SECA + POTE (gr)	31.6	34.93	19.45	20.29
PESO DEL POTE (gr)	8.3	13.17	14.3	14.12
PESO DEL AGUA (gr)	7.18	6.55	0.96	1.19
PESO DE LA TIERRA SECA (gr)	23.2	21.76	5.15	6.17
HUMEDAD (%)	30.95	30.1	18.64	19.79
N° DE GOLPES	26	26		
<b>LÍMITE LÍQUIDO %:</b>	<b>30.67</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO %:</b>	<b>18.96</b>	
<b>ÍNDICE PLÁSTICO %:</b>	<b>11.71</b>			

*Nota:* LMSCA - UANCV

El IP de la superficie arcillosa de la zona, tras el tratamiento, es del 11,71%. Este valor muestra que el suelo tiene propiedades de plasticidad media, según criterios de laboratorio. Para alcanzar este objetivo, el suelo ordinario se enriquece con un 4% de aceite lubricante reciclado.

**Tabla 17.***LL, LP e IP del suelo patrón con 6% de aceite lubricante reciclado*

TARRO N°	LÍMITE LÍQUIDO		LÍMITE PLÁSTICO	
	3	4	C	D
TIERRA HÚMEDA + POTE (gr)	39.29	57.71	31.97	29.9
TIERRA SECA + POTE (gr)	31.79	50.21	30.95	29.15
PESO DEL POTE (gr)	8.75	25.25	25.61	24.98
PESO DEL AGUA (gr)	7.5	7.5	1.02	0.75
PESO DE LA TIERRA SECA (gr)	23.04	24.96	5.34	4.17
HUMEDAD (%)	32.55	30.05	19.1	17.99
N° DE GOLPES	26	26		
<b>LÍMITE LÍQUIDO %:</b>	<b>31.45</b>	<b>LÍMITE PLÁSTICO %:</b>	<b>18.54</b>	
<b>ÍNDICE PLÁSTICO %:</b>	<b>12.91</b>			

*Nota:* LMSCA - UANCV

Según los resultados del laboratorio, el suelo arcilloso de la zona sometida a tratamiento tiene un IP del 12,91%, lo que señala que posee las cualidades de un suelo con plasticidad moderada. Para ello, al suelo ordinario se le añade aceite lubricante reciclado en una concentración del 6%.

#### **4.3.5. Prueba proctor**

Alusiones normas

ASTM D-1557, o "Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (2700 kN-m/m<sup>3</sup>)".

MTC E-115, o "Compactación en laboratorio de suelos utilizando esfuerzo modificado".

Manual de ensayo de materiales en la sección nº 1 Suelos".

Figura 13.

*Ensayo en laboratorio - Proctor Modificado*

Tabla 18.

*Datos obtenidos de Proctor Modificado*

	Estado Natural	2% de aceite reciclado	4% de aceite reciclado	6% de aceite reciclado
<b>Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.676	1.697	1.749	1.803
<b>Humedad óptima (%)</b>	14.84	12.89	10.25	8.4

Aumentando la cantidad de aceite lubricante reciclado se obtiene una mayor densidad seca límite y un mayor contenido de humedad idónea. Esto puede verse en el cuadro que señala los datos obtenidos del Proctor Modificado de laboratorio mencionados en la frase anterior.

#### 4.3.6. Ensayo C.B.R.

Referencias a la normativa

"J. E. Bowles (Experimento N° 19), AASHTO T-193, MTC E 132-2000",  
"MTC E 132-2000 CBR de suelos (Laboratorio)"

"Manual de Análisis de Materiales en la Sección N° 1 Suelo"

#### Figura 14.

*Ensayo en laboratorio - CBR*



#### Tabla 19.

*Resumen de datos obtenidos de CBR*

	0% de aceite reciclado	2% de aceite reciclado	4% de aceite reciclado	6% de aceite reciclado
<b>Humedad Óptima (%)</b>	14.84	12.89	10.26	8.4
<b>Máxima densidad seca (g/cm<sup>3</sup>)</b>	1.676	1.697	1.749	1.803
<b>CBR al 100% MDS</b>	8.98	11.66	17.77	21.09
<b>CBR al 95% MDS</b>	5.8	8.85	12.31	15.26

Los experimentos de laboratorio indican que la inclusión de aceite lubricante reciclado conduce a un aumento proporcional del CBR tanto al 100% MDS como al 95% MDS. Esto se observa en la tabla resumen de datos CBR que se señala seguidamente:

Tabla 20.

*Resumen de resultados de expansión*

DATOS OBTENIDOS DE EXPANSIÓN			
	12 golpes	26 golpes	55 golpes
% Expansión (suelo natural)	0.0200%	0.0100%	0.0010%
% expansión (2 % de aceite lubricante reciclado)	0.0200%	0.0200%	0.0100%
% expansión (4 % de aceite lubricante reciclado)	0.0010%	0.0009%	0.0008%
% expansión (6 % de aceite lubricante reciclado)	0.0140%	0.0130%	0.0120%

Al calcular los porcentajes para el actual proyecto, es evidente que las cualidades de expansión de este suelo indican una relación específica del 4% de aceite lubricante reciclado. Esto se comprobó mediante la incorporación de los porcentajes.

#### 4.4. Análisis

##### 4.4.1. Estudio del efecto del uso de aceite lubricante reciclado en la densidad seca y contenido de humedad de la sub rasante.

Tabla 21.

*Resumen de expansión promedio*

	Suelo patrón	2% de aceite reciclado	4% de aceite reciclado	6% de aceite reciclado
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.676	1.697	1.749	1.803
Humedad óptima (%)	14.84	12.89	10.25	8.4

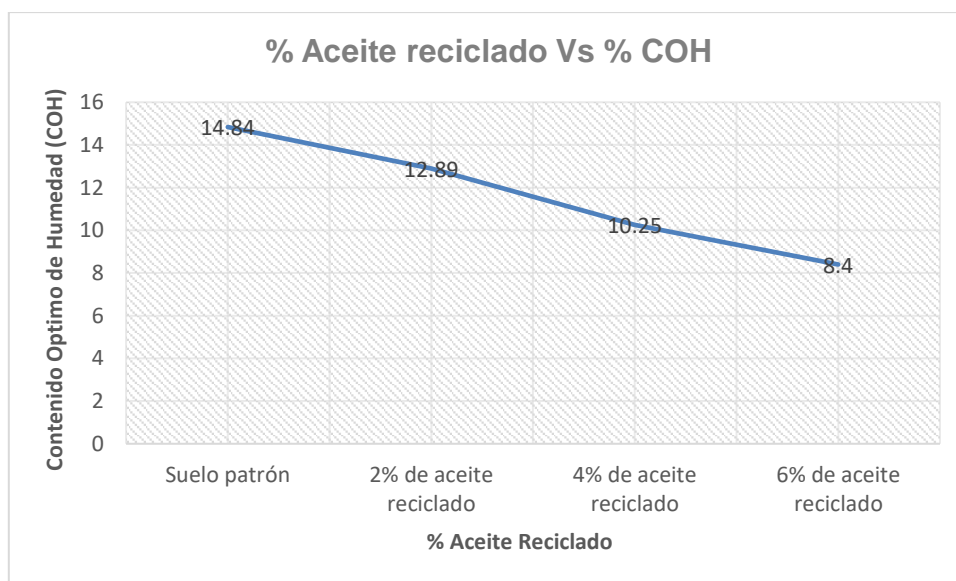
Los datos obtenidos se muestran en el cuadro 22, indicando que la

densidad seca máxima aumenta en proporción directa a la cantidad de aceite utilizado en la superficie.

La utilización de aceite lubricante reciclado a una concentración del 2% permitió alcanzar una densidad seca límite de 1,697 g/cm<sup>3</sup>. La densidad aumentó a 1,749 g/cm<sup>3</sup> con la adición de un 4% de aceite lubricante reciclado, y aumentó aún más a 1,803 g/cm<sup>3</sup> con la incorporación de un 6% de aceite lubricante reciclado.

**Figura 15.**

*Aceite reciclado Vs Contenido óptimo de humedad*



El aumento de la cantidad de aceite provoca una reducción del contenido de humedad ideal y un aumento de la densidad seca límite. La figura 15 señala este fenómeno. El contenido de humedad ideal para el aceite lubricante reciclado, ya sea del 2%, 4% o 6%, disminuye notablemente, como se observa por la disminución sustancial. Específicamente, el contenido de humedad disminuye en 1,95%, 4,59% y 6,44%, proporcionalmente, en comparación con el contenido de humedad de la superficie natural.

### 4.4.2. Análisis de la influencia del aceite lubricante reciclado en CBR de la sub rasante

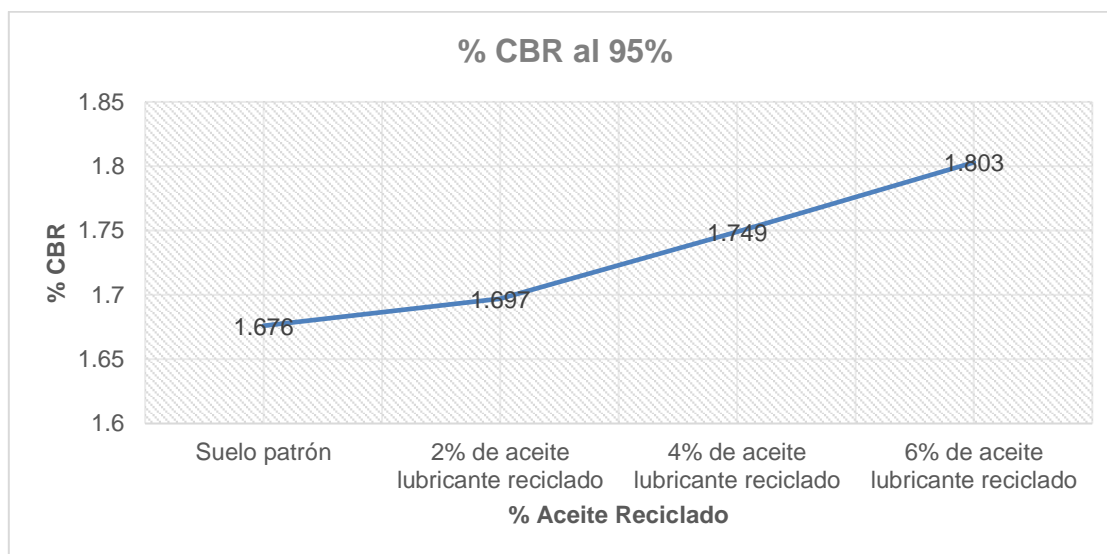
Tabla 22.

Resumen de CBR

	Suelo patrón	2% de aceite lubricante reciclado	4% de aceite lubricante reciclado	6% de aceite lubricante reciclado
<b>CBR (%)</b>	1.676	1.697	1.749	1.803
<b>95%MDS</b>	14.84	12.89	10.25	8.4

Figura 16.

CBR al 95%



La ilustración 16 muestra que el CBR al 95% MDS es de 1,676% sin ningún aceite lubricante reciclado, pero aumenta a 1,697% con la adición de 2% de estabilizante. Esta es la situación cuando se compara el CBR al 95% del estado más degradado. Cuando se utiliza un 4% de aceite lubricante reciclado, el CBR aumenta a 1,749%. Además, cuando se aumenta aún más el porcentaje

de aceite lubricante reciclado, el CBR sube al 1,803%. Ambos aumentos son sustanciales. El resultado que se puede inferir es que la resistencia de la carretera, asociada al desvío de la ruta Rosario-Crucero hacia la región de Potoni, aumenta en proporción directa a la cantidad de aceite lubricante reciclado presente.

#### 4.4.3. Cálculo de la incidencia de la aplicación de aceite lubricante reciclado en la expansión de la sub rasante

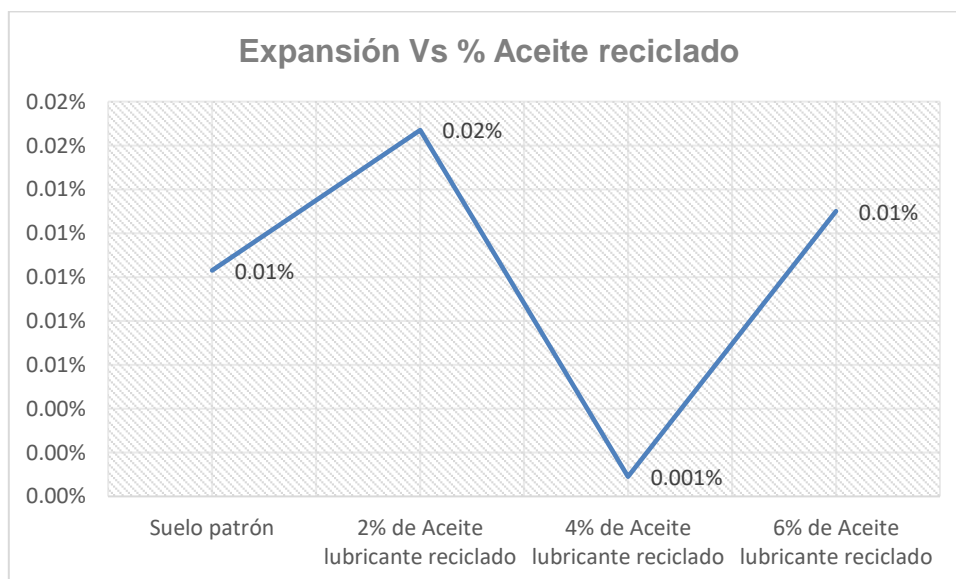
**Tabla 23.**

*Resumen de expansión promedio*

	Suelo patrón	2% de Aceite lubricante reciclado	4% de Aceite lubricante reciclado	6% de Aceite lubricante reciclado
<b>Expansión promedio</b>	0.0103%	0.0167%	0.0009%	0.0130%

**Figura 17.**

*Expansión vs Aceite reciclado*



La tabla 24 señala que la expansión del suelo ordinario o natural asciende al 0,0103%. Cuando se introduce un 2% de aceite lubricante, la expansión aumenta hasta el 0,0167%. Sin embargo, la adición de un 4% de aceite lubricante provoca una reducción de la expansión hasta el 0,0009%. Si se introduce más aceite lubricante, hasta un máximo del 6% como se muestra en la Tabla 24, el índice de expansión también aumenta. Así pues, puede deducirse que la expansión del suelo es suficiente para una incorporación del 4% de aceite lubricante en la combinación.

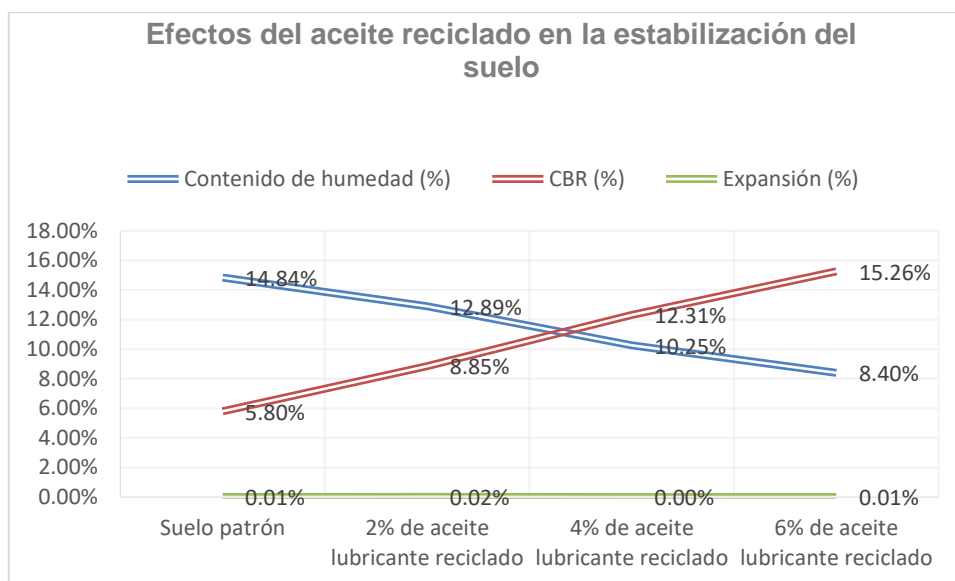
#### **4.4.4. Determinación del efecto que genera el uso de aceite lubricante reciclado en la estabilización de sub rasante.**

Tabla 24. Resumen de densidad seca máxima, contenido óptimo de humedad, CBR y expansión

		2% de	4% de	6% de
	Suelo	aceite	aceite	aceite
	patrón	lubricante	lubricante	lubricante
		reciclado	reciclado	reciclado
Densidad seca máxima (g/cm <sup>3</sup> )	1.676	1.697	1.749	1.803
Contenido óptimo de humedad (%)	14.84	12.89	10.25	8.4
CBR (%)	5.8	8.85	12.31	15.26
Expansión (%)	0.0103	0.0167	0.0009	0.013

**Figura 18.**

*Efectos del aceite reciclado en la estabilización del suelo*



Tras analizar la expansión, se halló que el % apto para utilizar aceite lubricante reciclado es del 4%. Esto conduce a una mejora sustancial en comparación con el suelo normal, aumentando el CBR de 5,80% a 12,31% y disminuyendo el contenido óptimo de humedad de 14,84% a 10,25%, como se señala en la ilustración 18. Los datos obtenidos de laboratorio señalan que la adición de aceite lubricante reciclado al suelo mejora sus cualidades mecánicas. Esto se ve corroborado por el aumento de la tasa bruta de natalidad (CBR) y la disminución del nivel de humedad ideal.



## CONCLUSIONES

1. Se ha demostrado que el aumento del número de aceite lubricante reciclado en el suelo conduce a un aumento de la densidad seca límite de la superficie. El estudio investigó los efectos del uso de diferentes cantidades de aceite lubricante reutilizado sobre la densidad seca y el contenido de humedad de la sub rasante en la variante de la carretera Rosario - Crucero en el tramo Potoni de la región Puno. Se utilizó este método para obtener el resultado indicado. Con la incorporación del 2% de aceite lubricante reciclado se alcanzó la densidad seca, que fue de  $1,697 \text{ g/cm}^3$ . Al añadir un 4% de aceite lubricante reciclado, la densidad seca incremento a  $1,749 \text{ g/cm}^3$ . Del mismo modo, la inclusión de un 6% de aceite lubricante reciclado produjo un crecimiento de la densidad seca hasta  $1,803 \text{ g/cm}^3$ . Además, el uso de aceite lubricante reciclado se representa en una reducción de la cantidad de agua necesaria para obtener la mayor densidad seca, lo que finalmente se traduce en una elevación de la densidad seca. La disminución de los niveles de humedad adecuados es evidente cuando se utiliza un 2% de aceite lubricante reciclado, ya que disminuye en un 1,95% en comparación con el suelo natural. Además, el descenso es aún más significativo con un 4% de aceite lubricante reciclado, ya que disminuye un 4,59%. Por último, cuando se utiliza un 6% de aceite lubricante reciclado, la disminución de los niveles óptimos de humedad es la más elevada, con un 6,44%.
2. El impacto de la incorporación de aceite lubricante reciclado sobre el California Bearing Ratio (CBR) de la sub rasante en el desvío vial Rosario-



Crucero al distrito de Potoni en la región Puno es el siguiente: Sin la adición de aceite lubricante reciclado, el CBR se sitúa en 1.676% cuando se mide a 95% de Densidad Seca Máxima (DMS). Sin embargo, cuando se introduce un estabilizador a una concentración de 2% junto con 4% de aceite lubricante reciclado, el CBR aumenta a 1.749%. El incremento adicional de la concentración de aceite lubricante reciclado conduce a un aumento en el CBR, alcanzando 1.803%. De esto se puede inferir que la sub rasante de la carretera, que corresponde a la variante Rosario-Crucero hacia la región de Potoni, tendrá un mayor California Bearing Ratio (CBR) si tiene una mayor concentración de aceite lubricante reutilizado.

3. El estudio realizado en la variante de la vía Rosario-Crucero al distrito de Potoni, en la región de Puno, revela que el uso de aceite lubricante reutilizado en la expansión de la sub rasante tiene efectos variables en el suelo. Cuando no se agrega aceite lubricante, la expansión es de 0.0103% en suelo estándar o natural. Sin embargo, la adición de un 2% de aceite lubricante aumenta la expansión hasta el 0,0167%. Curiosamente, la expansión disminuye al 0,0009% cuando se añade un 4% de aceite lubricante. Sin embargo, si se añade una cantidad mayor de aceite lubricante, hasta el 6%, la expansión vuelve a aumentar. Esto sugiere que la cantidad óptima de aceite lubricante reciclado para una expansión adecuada del suelo es del 4%.
4. La aplicación de aceite lubricante reutilizado para estabilizar la sub rasante en el desvío de la ruta Rosario-Crucero hacia el distrito de Potoni



en la zona de Puno ha demostrado de manera concluyente que la inclusión de aceite lubricante reciclado mejora las características del suelo. Esta mejora se manifiesta como un aumento en el CBR (California Bearing Ratio) y una disminución en el contenido óptimo de humedad. Sin embargo, al analizar la expansión, se determinó que la cantidad óptima de aceite lubricante reciclado a utilizar se considera la más adecuada. Como consecuencia, se produce una mejora sustancial en comparación con el suelo normal. El California Bearing Ratio (CBR) aumenta del 5,80% al 12,31%, y el contenido de humedad ideal disminuye del 14,84% al 10,25% debido a este aumento.



## RECOMENDACIONES

1. Es recomendable realizar investigaciones también en suelos gruesos para tener un conocimiento más amplio del comportamiento del aceite lubricante en este tipo de suelos. Esta recomendación se basa en la resolución de la densidad seca y el contenido de humedad de la sub rasante en la variante de la carretera Rosario-Crucero al distrito de Potoni, en la región de Puno, que se realizó con suelos finos.
2. Para obtener resultados óptimos en la realización del ensayo Proctor Modificado con los % especificados de aceite residual, se aconseja asegurar la homogeneidad durante el mezclado de la muestra y la adición. El impacto del aceite lubricante usado sobre el California Bearing Ratio (CBR) de la sub rasante en el desvío vial Rosario - Crucero de la región Puno al distrito de Potoni indica que en relación que se eleva el porcentaje de aceite lubricante reciclado, además incrementa la sub rasante de la carretera correspondiente al distrito de Potoni. Esta es la causa subyacente de esta correlación. Además del punto anterior, los datos también indicarán la proporción de aceite que se asigna cuando se utiliza el CBR con el nivel ideal de contenido de agua.
3. Es recomendable utilizar cantidades mayores a las empleadas en este estudio debido a la prevalencia de aceite lubricante reutilizado en la ampliación de la sub rasante de la variante de la vía Rosario - Crucero al distrito de Potoni en la región de Puno, lo que sugiere que un contenido de aceite lubricante de 4% es óptimo. La evaluación se llevó a cabo en el área de Puno.



## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Alarcón , J., Jiménez , M., & Benítez, R. (2020). Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso. *Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732020000100005>
- Bañon Blazquez, I., & Bevia Garccia, J. (2010). *Manual de Carreteras 2do volumen*.
- Braja, M. (2001). *Principios de Ingenieria de cimentaciones*. Mexico: International Thomson.
- Del Castillo, R., & Orobio, A. (2020). Investigación exploratoria sobre el efecto del aceite de motor usado en un suelo fino de sub rasante. *Informes de la Construcción*. <https://doi.org/https://doi.org/10.3989/ic.69016>
- Fonseca Sanchez, K., Becerra Eneque, Y., & Muñoz Perez, S. (2020). USO DE ESTABILIZADORES PARA SUELOS ARCILLOSOS UNA REVISIÓN LITERARIA. *Suelos ecuatoriales*. [https://doi.org/10.47864/SE\(50\)2020p54-69\\_116](https://doi.org/10.47864/SE(50)2020p54-69_116)
- GalleGo Quintana, P. J., & CamPaGnoli Martínez, S. X. (2018). Efecto del aceite quemado de motor sobre las propiedades físicas y mecánicas de mezclas asfálticas que contienen RAP. *Revista de la Escuela Colombiana de Ingeniería*. [http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones\\_revista](http://www.escuelaing.edu.co/es/publicaciones_revista)
- Huarsaya Medina, F. S. (2022). *Estabilización de suelo cohesivo de sub rasante con aceite residual para la pavimentación de la Av. Santiago Geraldo, Juliaca, Puno, 2022*. Universidad César Vallejo.



- Jalanoca Ccama, F. V., & Vargas Chacaltana, L. A. (2021). *Mejoramiento de la sub rasante incorporando el aceite residual de vehículos motorizados en la carretera Platería Perka, Puno 2021*. Universidad César Vallejo.
- Lalangue Cordova, O. E. (2019). *Estabilización de la sub rasante con aceite sulfonado para la Carretera Departamental Ruta PI- 114 Emp. PE-1N (El Alto-Talara) - Emp. PI-105 (Pariñas), km:08+000.00 - 09+000.00, Talara – Piura, 2019*. Universidad César Vallejo. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3204684>
- Manrique Reynaga , J. F. (2021). *APLICACIÓN DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA*. Universidad César Vallejo.
- Mendoza Apaza, J. E. (2020). *ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON ACEITE AUTOMOTRIZ RECICLADO A NIVEL DE SUB RASANTE EN VÍAS DE BAJO TRÁNSITO*. Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de Carreteras-suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima.
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carretera*. Bogota DC: Agora Editores.
- MTC Manual de ensayo de materiales. (2016). *Manual de ensayo de materiales*.
- Oseda Gago, D., Chenet Zuta, M., Hurtado Tiza, D., Chávez Epiquén, A., Patiño Rivera, A., & Oseda Lazo, M. (2015). *Metodología de la Investigación*. Lima: Pirámide.
- Perez Casado, D. (2002). *Puesta en marcha y regulación de instalaciones frigoríficas*. Malaga : IC Editorial.



- Tique Condori, A. (2022). *Estabilización de suelos incorporando cal y aceites reciclados de vehículos motorizados en el tramo Collacachi–Inchupalla, Puno 2022*. Universidad César Vallejo.  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV\\_fc3a59b381f1fe2e67d6ef9da249aa5a](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UCVV_fc3a59b381f1fe2e67d6ef9da249aa5a)
- Tuscano Perez, M. (2017). *Estabilización de la sub rasante mediante el uso del aceite reciclado en carretera, circuito Cruz de Paz Palian - El tambo - Huancayo 2017*. Universidad Alas Peruanas.  
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2681496?offset=3040>
- Villanueva Santos, D. J. (2021). *La adición del aceite residual automotriz mejora la estabilización de sub rasante de la carretera afirmada Dv. Chirinos – Chirinos, Cajamarca, 2021*. Universidad Ricardo Palma.



# A N E X O S



## ANEXO Nro. 01

### MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA
VD: Estabilización de subrasante	La capa superior del suelo natural es la que sostendrá la construcción del pavimento, por lo que debe ser capaz de soportar bien las cargas repetidas de la tensión del tráfico.	Para una mejor comprensión, la variable de estabilidad de la subrasante se ha separado en dos dimensiones: densidad seca y contenido de humedad. Estas se dividieron a su vez en tres indicadores.	D1: Densidad seca y contenido de humedad	I1: 2%	Ficha de información de datos	Valor
				I2: 4%		
				I3: 6%		
			D1: CBR	I1: 2%	Ficha de información de datos	Valor
				I2: 4%		
				I3: 6%		
			D1: Expansión	I1: 2%	Ficha de información de datos	Valor
				I2: 4%		
				I3: 6%		
VI: Aceite lubricante reciclado	Se denomina aceite usado a todo aceite que se ha utilizado, independientemente de si ha estado en uso, y se ha introducido en un aparato (como un motor, una caja de cambios, un transformador eléctrico, una turbina, etc.).	La variable de aceite lubricante reciclado se ha dividido en dimensiones (viscosidad, densidad y dosificación), estas a su vez se dividieron en 3 indicadores	D1: Viscosidad	I1: temperatura	Ficha de información de datos	Valor
				I2: absoluta		
				I3: dinámica		
			D1: Densidad	I1: temperatura	Ficha de información de datos	Valor
				I2: relativa		
				I3: absoluta		
			D1: Dosificación	I1: alta	Ficha de información de datos	Valor
				I2: media		
				I3: baja		



### ANEXO Nro. 02

### MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	METODOLOGÍA	
<b>PROBLEMA GENERAL</b> ¿Qué efecto genera el uso del aceite lubricante reciclado en la estabilización de sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno?	<b>OBJETIVO GENERAL.</b> Determinar el efecto que genera el uso de aceite lubricante reciclado en la estabilización de sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno.	<b>HIPOTESIS GENERAL</b> El efecto que genera el uso de aceite lubricante reciclado en la estabilización de sub rasante es significativo en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno.	VD: Estabilización de subrasante	D1: Densidad seca y contenido de humedad	I1: 2%	Ficha de información de datos	<b>Método:</b> Método científico <b>Tipo:</b> Aplicativa <b>Nivel:</b> Explicativo <b>Diseño:</b> Diseño experimental <b>Población:</b> Estará determinada por el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno <b>Muestra:</b> La muestra está conformada por la calicata obtenida del suelo de la vía Rosario - Crucero al distrito de Potoni <b>Técnica:</b> Observación directa <b>Instrumento:</b> Ficha de recopilación de datos	
					I2: 4%			
					I3: 6%			
				D1: CBR	I1: 2%	Ficha de información de datos		
					I2: 4%			
					I3: 6%			
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</b> 1. ¿Cuál es el efecto del uso de aceite lubricante reciclado en la densidad seca y contenido de humedad de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno? 2. ¿Cuánto es la influencia del aceite lubricante reciclado en el CBR de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno? 3. ¿Cómo incide el uso del aceite lubricante reciclado en la expansión de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno?	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b> 1. Estudiar el efecto del uso de aceite lubricante reciclado en densidad seca y contenido de humedad de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno. 2. Analizar la influencia del aceite lubricante reciclado en el CBR de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno. 3. Calcular la incidencia del uso de aceite lubricante reciclado en la expansión de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno.	<b>HIPOTESIS ESPECÍFICOS</b> 1. El aceite lubricante reciclado interviene significativamente en la densidad seca y contenido de humedad de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno. 2. El aceite lubricante reciclado influye significativamente en el CBR de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno. 3. El aceite lubricante reciclado incide significativamente en la expansión de la sub rasante en el desvío de la vía Rosario – Crucero al distrito de Potoni de la región Puno.		VI: Aceite lubricante reciclado	D1: Expansión	I1: 2%		Ficha de información de datos
						I2: 4%		
						I3: 6%		
			D1: Viscosidad		I1: temperatura	Ficha de información de datos		
					I2: absoluta			
					I3: dinámica			
			D1: Densidad		I1: temperatura	Ficha de información de datos		
					I2: relativa			
					I3: absoluta			
			D1: Dosificación	I1: alta	Ficha de información de datos			
				I2: media				
				I3: baja				

## PANEL FOTOGRÁFICO

### TROCHA CARROZABLE EN EL DESVIO DE LA VÍA ROSARIO – CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI EXCAVACIÓN DE CALICATA A 1.5 m



### Recolección de aceite lubricante reciclado.

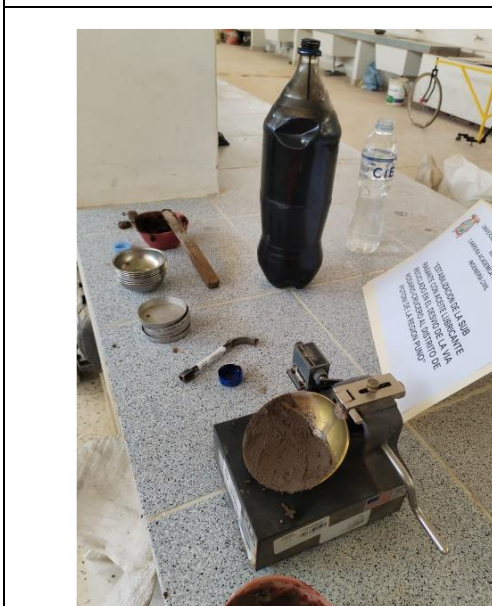


### Ensayo de laboratorio – contenido de humedad



### Ensayo de laboratorio – para límite líquido y límite plástico





### Ensayo de laboratorio – proctor modificado



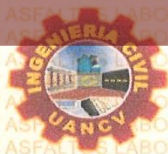


### ENSAYO DE LABORATORIO – (CBR) CALIFORNIA BEARING RATIO





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



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

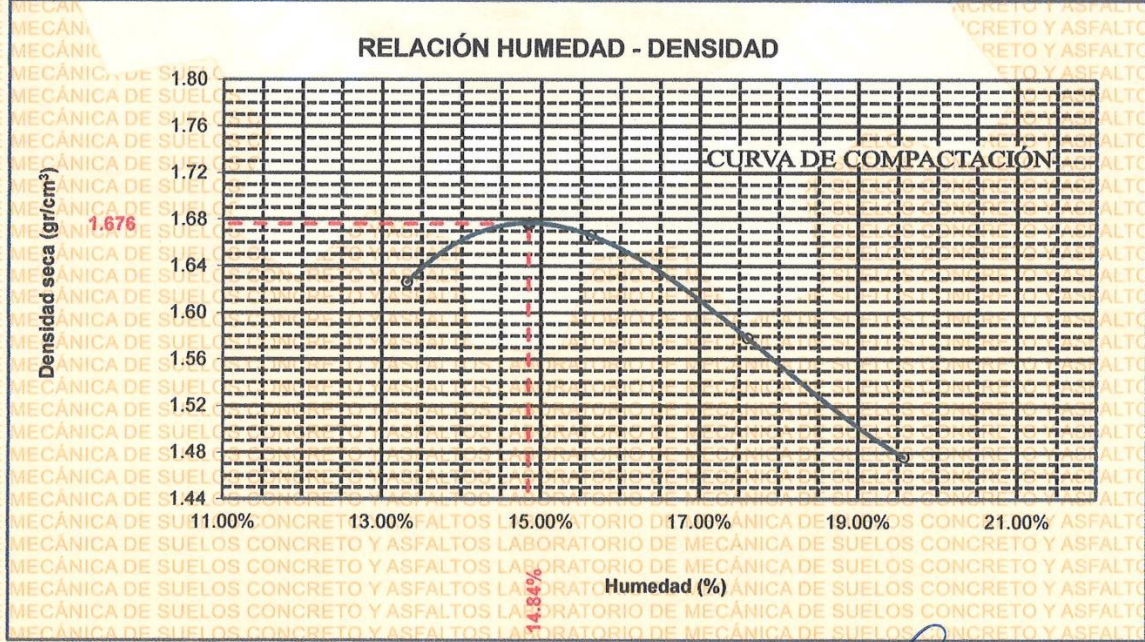
**TESIS** : ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO  
**SOLICITANTE** : Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA  
**MUESTRA** : PATRÓN  
**LUGAR** : DESVÍO DE LA VIA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI  
**FECHA** : 22 DE MARZO DEL 2024

**MOLDE No** : 1 **VOLUMEN DEL MOLDE** : 903 cm<sup>3</sup>  
**No DE CAPAS** : 5 **GOLPES POR CAPA** : 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	5829	5905	5841	5759
Peso del Molde	gr.	4165	4165	4165	4165
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1664	1740	1676	1594
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1.843	1.927	1.856	1.765

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	64.43	71.56	65.89	67.64	66.39	68.14	66.89	68.64
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	60.54	67.65	62.13	63.48	62.13	63.48	62.13	63.48
Peso del Agua	gr.	3.89	3.91	3.76	4.16	4.26	4.66	4.76	5.16
Peso de la Capsula	gr.	30.51	39.07	37.60	37.36	37.60	37.36	37.60	37.36
Peso del Suelo Seco	gr.	30.03	28.58	24.53	26.12	24.53	26.12	24.53	26.12
% de Humedad	%	12.95%	13.68%	15.33%	15.93%	17.37%	17.84%	19.40%	19.75%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	<b>13.32%</b>		<b>15.63%</b>		<b>17.60%</b>		<b>19.58%</b>	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	<b>1.626</b>		<b>1.666</b>		<b>1.578</b>		<b>1.476</b>	

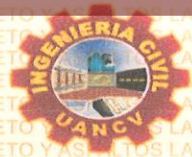
**METODO:** ASTM D - 1557 MODIFICADO "A" **MAXIMA DENSIDAD SECA** : 1.676 gr/cm<sup>3</sup>  
**HUMEDAD OPTIMA** : 14.84%



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO M.S.C.A. JEFEATURA  
Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
C.I.P. 103257



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



### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

**TESIS** : ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO

**SOLICITANTE** : Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA

**MUESTRA** : PATRÓN

**LUGAR** : DESVÍO DE LA VIA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI

**FECHA** : 22 DE MARZO 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

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	11060	10648	11223	11020	11292	11018
<b>Peso del Molde</b>	gr.	6795	6795	6744	6744	6785	6785
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr.	4265	3853	4479	4276	4507	4233
<b>Volumen del Suelo</b>	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	2.026	1.831	2.131	2.034	2.150	2.019

<b>Capsula No</b>	No	4											
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	202.28	254.47	317.00	267.30	272.59	315.00	247.17	276.50	337.00			
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	174.20	217.60	290.80	231.51	236.20	286.14	218.52	243.96	304.89			
<b>Peso del Agua</b>	gr.	28.08	36.87	26.20	35.79	36.39	28.86	28.65	32.54	32.11			
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	37.53	38.88	39.00	39.06	38.16	37.00	37.99	38.69	39.24			
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	136.67	178.72	251.80	192.45	198.04	249.14	180.53	205.27	265.65			
<b>% de Humedad</b>	%	20.55%	20.63%	10.41%	18.60%	18.38%	11.58%	15.87%	15.85%	12.09%			
<b>Promedio de Humedad</b>	%	20.59%			10.41%			18.49%			11.58%		
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cc.	1.680			1.658			1.798			1.823		

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/03/2024	08:20: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.50	0	0
19/03/2024	08:20: a.m.	24:00:00	0.62	0.02	0.01	0.56	0.01	0.01	0.54	0.00	0.00
20/03/2024	08:20: a.m.	48:00:00	0.69	0.02	0.02	0.59	0.01	0.01	0.58	0.00	0.00
21/03/2024	08:20: a.m.	72:00:00	0.83	0.02	0.02	0.62	0.02	0.01	0.60	0.00	0.00
22/03/2024	08:20: a.m.	96:00:00	0.92	0.02	0.02	0.64	0.02	0.01	0.61	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		2.20	34.5	1.7		5.20	47	2.4		7.30	56	2.8	
1.27	01:00		6.10	51.0	2.6		9.60	66	3.3		13.50	82	4.2	
1.91	01:30		9.70	66.3	3.4		13.60	83	4.2		18.10	102	5.2	
2.54	02:00	70.31	11.20	72.7	3.7		18.50	104	5.2		23.50	125	6.3	
3.81	03:00		15.60	91.3	4.6		24.00	127	6.4		32.50	163	8.2	
5.09	04:00	105.00	18.80	104.9	5.3		28.80	147	7.4		39.80	194	9.8	
6.35	05:00		20.90	113.8	5.8		32.80	164	8.3		43.60	210	10.6	
7.62	06:00		23.80	126.1	6.4		36.40	180	9.1		48.40	231	11.7	
8.84	07:00													
10.16	08:00													



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

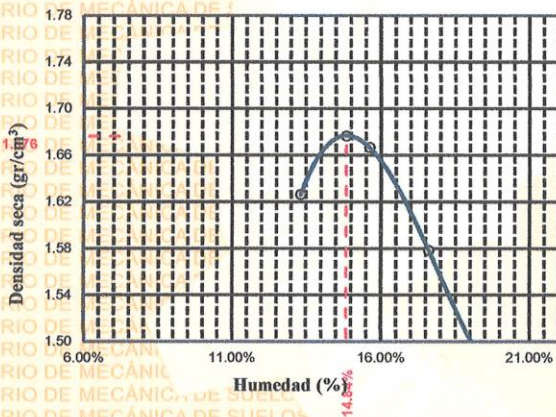


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

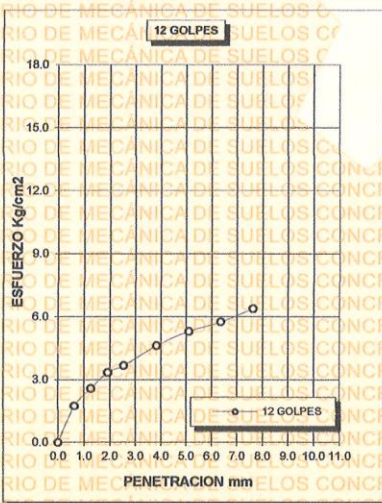
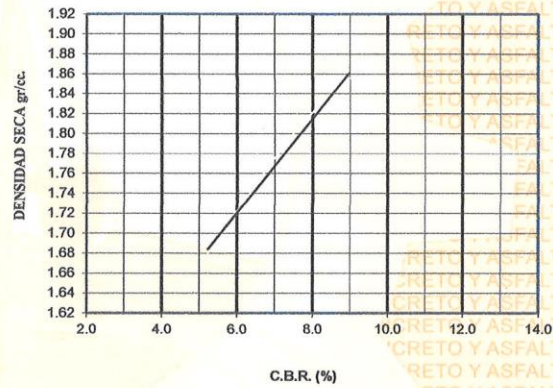


<b>TESIS</b>	ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b>	Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)</b> 1.676
<b>MUESTRA</b>	PATRÓN	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 14.84%
<b>LUGAR</b>	DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 8.98
<b>FECHA</b>	22 DE MARZO DEL 2024	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 5.80
		<b>CLASIFICACIÓN :</b>
		<b>AASHTO :</b>
		<b>EMBEBIDO :</b> 4 DIAS

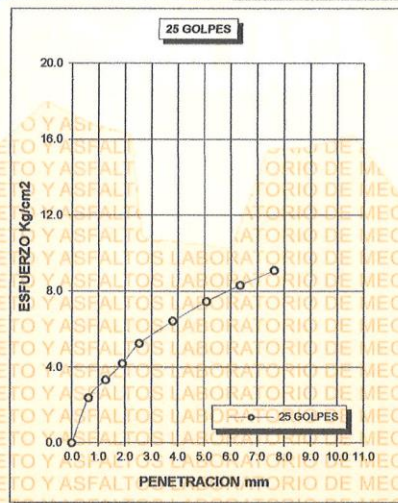
### RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



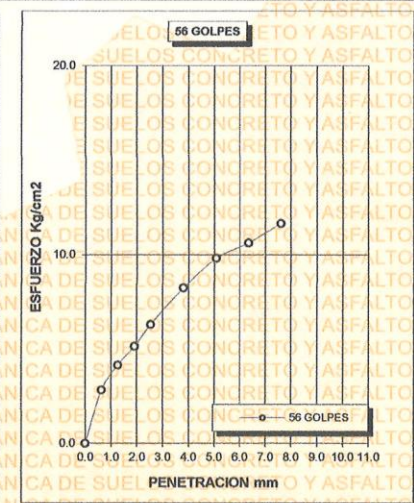
### RELACIÓN CBR - DENSIDAD SECA



CBR 5



CBR 7



CBR 9



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FCP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Mgr. Arnaldo Yana Torres  
EIP 103257



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



## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

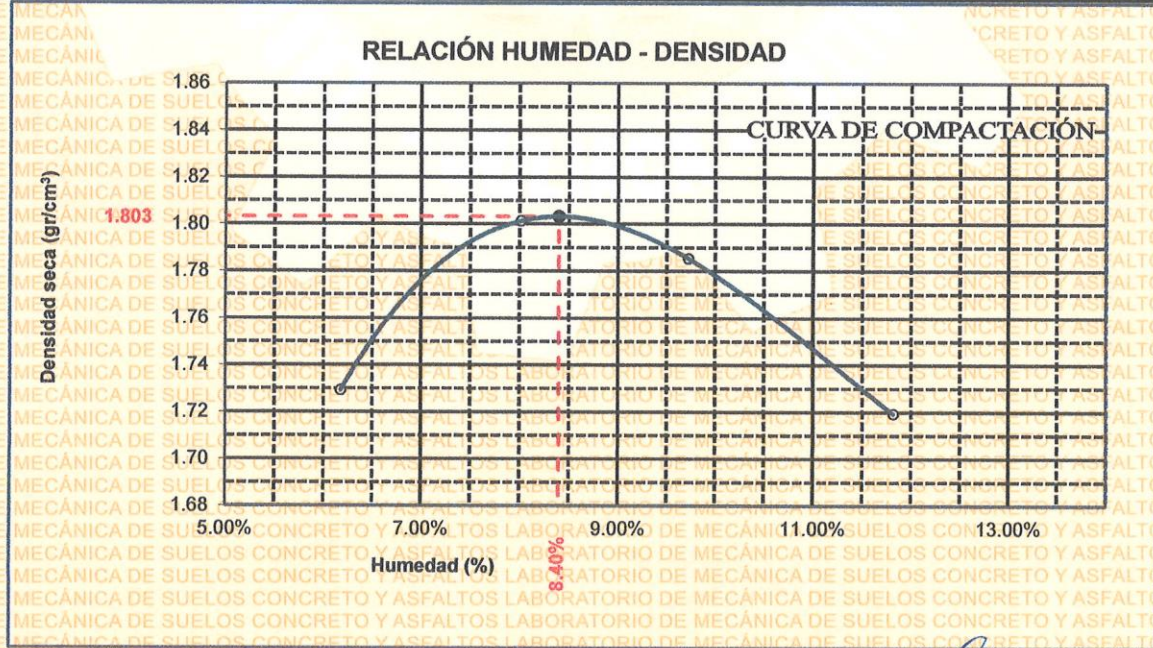
**TESIS** : ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO  
**SOLICITANTE** : Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA  
**MUESTRA** : 6% DE ACEITE LUBRICADO RECICLADO  
**LUGAR** : DESVÍO DE LA VIA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI  
**FECHA** : 22 DE MARZO DEL 2024

**MOLDE No** : 1 **VOLUMEN DEL MOLDE** : 903 cm<sup>3</sup>  
**No de CAPAS** : 5 **GOLPES POR CAPA** : 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	5823	5922	5934	5901
Peso del Molde	gr.	4165	4165	4165	4165
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1658	1757	1769	1736
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1.836	1.946	1.959	1.922

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	162.18	155.10	159.33	167.12	151.27	157.30	155.60	158.20
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	154.73	149.02	151.18	158.56	142.73	148.20	144.47	146.59
Peso del Agua	gr.	7.45	6.08	8.15	8.56	8.54	9.10	11.13	11.61
Peso de la Capsula	gr.	40.10	45.26	50.12	51.10	55.24	54.30	48.57	50.09
Peso del Suelo Seco	gr.	114.63	103.76	101.06	107.46	87.49	93.90	95.90	96.50
% de Humedad	%	6.50%	5.86%	8.06%	7.97%	9.76%	9.69%	11.61%	12.03%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	<b>6.18%</b>		<b>8.02%</b>		<b>9.73%</b>		<b>11.82%</b>	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	<b>1.729</b>		<b>1.801</b>		<b>1.785</b>		<b>1.719</b>	

**METODO:** ASTM D - 1557 MODIFICADO "A" **MAXIMA DENSIDAD SECA** : 1.803 gr/cm<sup>3</sup>  
**HUMEDAD OPTIMA** : 8.40%



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



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



### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

**TESIS** : ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO  
**SOLICITANTE** : Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA  
**MUESTRA** : 6% DE ACEITE LUBRICADO RECICLADO  
**LUGAR** : DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI  
**FECHA** : 22 DE MARZO 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.	10848	10390	10936	10673	11121	10972
<b>Peso del Molde</b>	gr.	6691	6691	6740	6740	6750	6750
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr.	4157	3699	4196	3933	4371	4222
<b>Volumen del Suelo</b>	cc.	2101.36	2101.36	2113.99	2113.99	2116.88	2116.88
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	1.978	1.760	1.985	1.860	2.065	1.994

<b>Capsula No</b>	No										
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	290.33	261.16	324.00	282.27	268.32	276.00	266.37	280.47	306.00	
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	245.86	222.84	296.90	244.01	233.57	250.90	235.44	248.63	279.20	
<b>Peso del Agua</b>	gr.	44.47	38.32	27.10	38.26	34.75	25.10	30.93	31.84	26.80	
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	38.74	39.16	39.00	38.97	39.38	38.00	38.53	38.69	38.00	
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	207.12	183.68	257.90	205.04	194.19	212.90	196.91	209.94	241.20	
<b>% de Humedad</b>	%	21.47%	20.86%	10.51%	18.66%	17.89%	11.79%	15.71%	15.17%	11.11%	
<b>Promedio de Humedad</b>	%	21.17%		10.51%	18.28%		11.79%	15.44%		11.11%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cc.	1.633	1.593	1.678	1.664	1.789	1.795				

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/03/2024	09:30: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/03/2024	09:30: a.m.	24:00:00	0.53	0.01	0.01	0.48	0.01	0.01	0.30	0.01	0.01
20/03/2024	09:30: a.m.	48:00:00	0.56	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01	0.33	0.01	0.01
21/03/2024	09:30: a.m.	72:00:00	0.59	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01	0.35	0.01	0.01
22/03/2024	09:30: a.m.	96:00:00	0.60	0.02	0.01	0.53	0.01	0.01	0.34	0.01	0.01

### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		
0.63	00:30		10.60	70.1	3.5	15.40	90	4.6		22.60	121	6.1		
1.27	01:00		25.20	132.1	6.7	30.20	153	7.7		44.10	212	10.7		
1.91	01:30		32.80	164.3	8.3	37.80	186	9.4		54.50	256	13.0		
2.54	02:00	70.31	43.50	209.8	10.6	48.90	233	11.8		63.20	293	14.8		
3.81	03:00		56.70	265.8	13.4	61.20	285	14.4		76.30	349	17.6		
5.09	04:00	105.00	68.70	316.7	16.0	73.40	337	17.0		88.50	401	20.3		
6.35	05:00		78.10	356.6	18.0	82.50	375	19.0		99.20	446	22.6		
7.62	06:00		86.10	390.6	19.7	92.50	418	21.1		110.30	493	24.9		
8.84	07:00													
10.16	08:00													

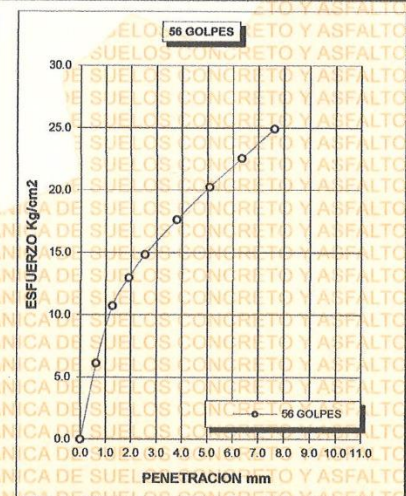
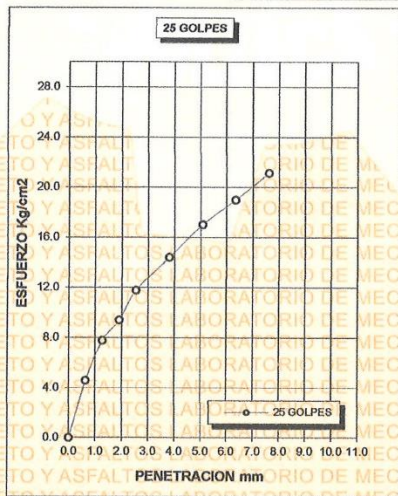
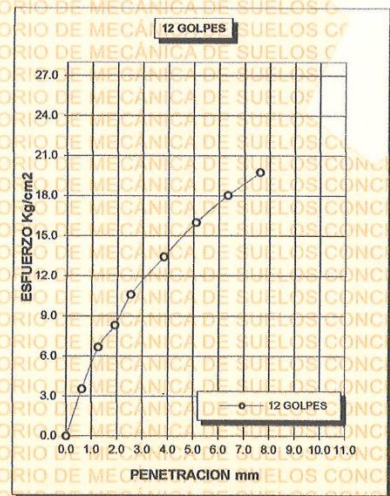
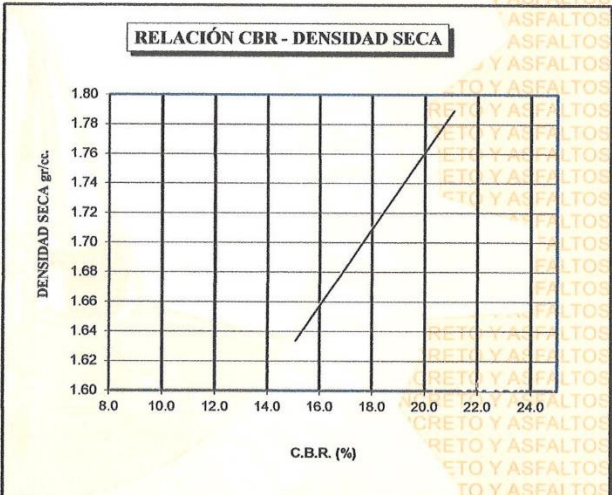
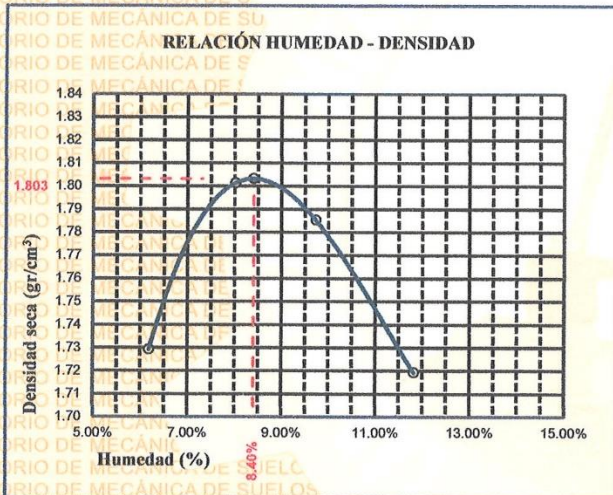
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO M.S.C.A. JEPATURA JULIACA - PUNO  
Mgr. Arnaldo Yana Torres  
CIP. 103257



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>	ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b>	Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)</b> 1.803
<b>MUESTRA</b>	6% DE ACEITE LUBRICADO RECICLADO	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 8.40%
<b>LUGAR</b>	DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 21.09
<b>FECHA</b>	22 DE MARZO DEL 2024	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 15.26
		<b>CLASIFICACIÓN :</b>
		<b>AASHTO :</b>
		<b>EMBEBIDO :</b> 4 DIAS



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



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



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

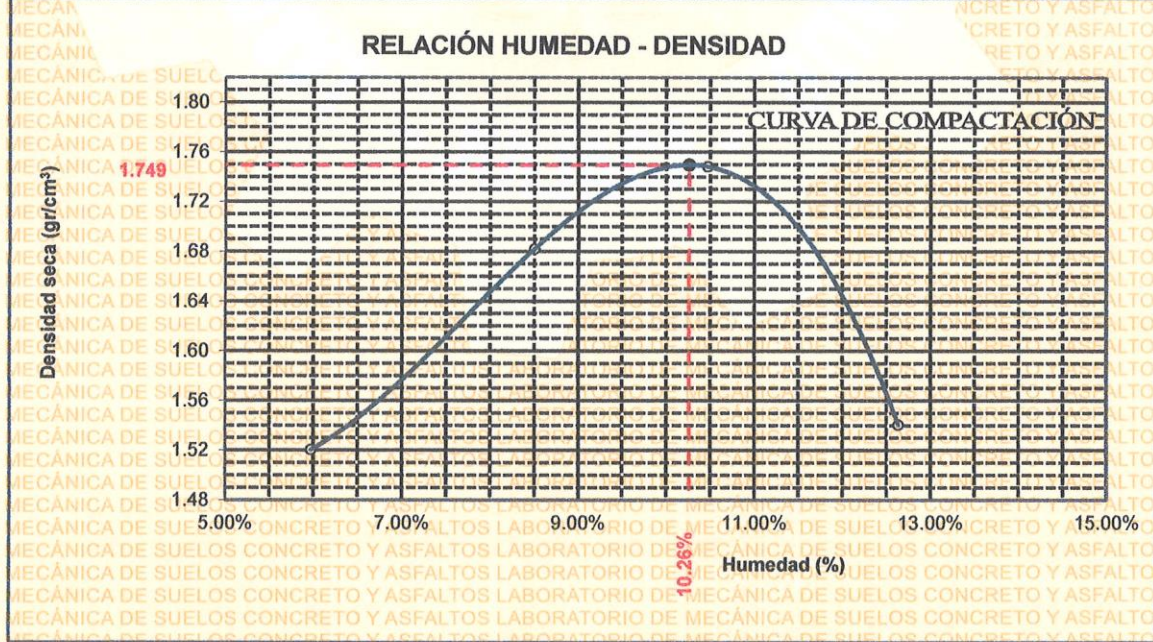
<b>TESIS</b>	: ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA
<b>MUESTRA</b>	: 4% DE ACEITE LUBRICADO RECICLADO
<b>LUGAR</b>	: DESVÍO DE LA VIA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI
<b>FECHA</b>	: 22 DE MARZO DEL 2024

<b>MOLDE No</b>	: 1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 903 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	: 5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 25 golpes

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	5620	5813	5909	5732
<b>Peso del Molde</b>	gr.	4165	4165	4165	4165
<b>Peso del Suelo Húmedo</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	1455	1648	1744	1567
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	1.611	1.825	1.931	1.735

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	100.58	137.62	154.25	144.17	139.23	125.57	161.22	144.18
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	97.34	131.75	145.44	136.99	129.54	117.78	147.83	133.51
<b>Peso de la Agua</b>	gr.	3.24	5.87	8.81	7.18	9.69	7.79	13.39	10.67
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	38.90	40.07	46.01	48.81	39.77	41.00	42.50	48.54
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	58.44	91.68	99.43	88.18	89.77	76.78	105.33	84.97
<b>% de Humedad</b>	%	5.54%	6.40%	8.86%	8.14%	10.79%	10.15%	12.71%	12.56%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	5.97%		8.50%		10.47%		12.63%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.520		1.682		1.748		1.541	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "A"	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	: 1.749 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 10.26%



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FCP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
CIP/ 103257



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



### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

**TESIS** : ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO  
**SOLICITANTE** : Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA  
**MUESTRA** : 4% DE ACEITE LUBRICADO RECICLADO  
**LUGAR** : DESVÍO DE LA VIA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI  
**FECHA** : 22 DE MARZO 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.	11020	10728	10900	10716	11432	11345
<b>Peso del Molde</b>	gr.	6745	6745	6724	6724	7277	7277
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr.	4275	3983	4176	3992	4155	4068
<b>Volumen del Suelo</b>	cc.	2257.29	2257.29	2116.65	2116.65	2115.67	2115.67
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	1.894	1.765	1.973	1.886	1.964	1.923

<b>Capsula No</b>	No																		
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	362.66	369.80	322.00	320.93	335.37	264.30	393.34	322.57	291.40									
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	323.27	331.03	307.09	293.06	305.96	251.85	366.48	301.40	277.66									
<b>Peso del Agua</b>	gr.	39.39	38.77	14.91	27.87	29.41	12.45	26.86	21.17	13.74									
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	38.65	39.04	39.00	38.76	38.86	38.30	39.05	38.87	38.60									
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	284.62	291.99	268.09	254.30	267.10	213.55	327.43	262.53	239.06									
<b>% de Humedad</b>	%	13.84%	13.28%	5.56%	10.96%	11.01%	5.83%	8.20%	8.06%	5.75%									
<b>Promedio de Humedad</b>	%	13.56%			5.56%			10.99%			5.83%			8.13%			5.75%		
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cc.	1.668			1.672			1.778			1.782			1.816			1.818		

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/03/2024	08:50: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/03/2024	08:50: a.m.	24:00:00	0.05	0.00	0.00	0.03	0	0.00	0.01	0.00	0.00
20/03/2024	08:50: a.m.	48:00:00	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
21/03/2024	08:50: a.m.	72:00:00	0.02	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
22/03/2024	08:50: a.m.	96:00:00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	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		8.20	59.9	3.0		10.60	70	3.5		16.80	96	4.9	
1.27	01:00		20.60	112.6	5.7		25.20	132	6.7		31.20	158	8.0	
1.91	01:30		27.80	143.1	7.2		32.80	164	8.3		40.00	195	9.9	
2.54	02:00	70.31	37.20	183.0	9.3		44.20	213	10.8		52.30	247	12.5	
3.81	03:00		49.40	234.8	11.9		56.70	266	13.4		63.80	296	15.0	
5.09	04:00	105.00	59.60	278.1	14.1		67.60	312	15.8		77.40	354	17.9	
6.35	05:00		67.50	311.6	15.8		75.60	346	17.5		83.10	378	19.1	
7.62	06:00		78.40	357.9	18.1		86.10	391	19.7		92.70	419	21.2	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

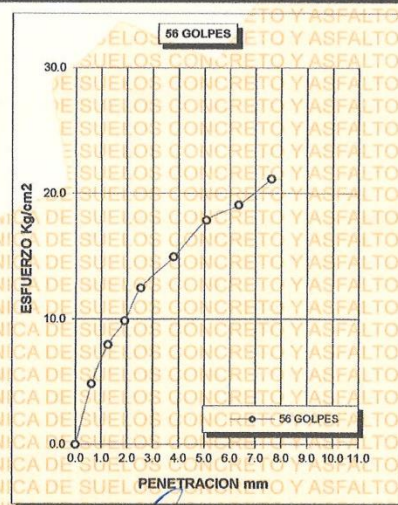
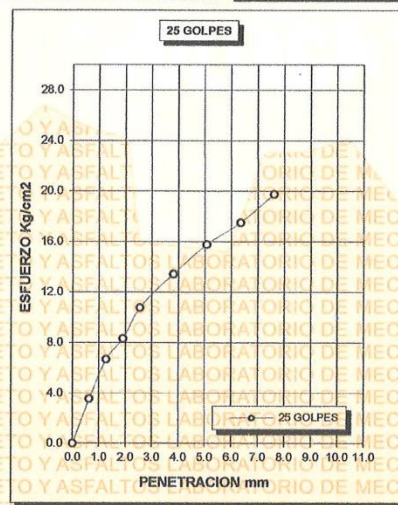
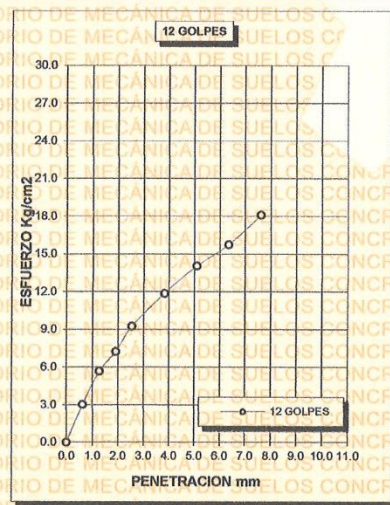
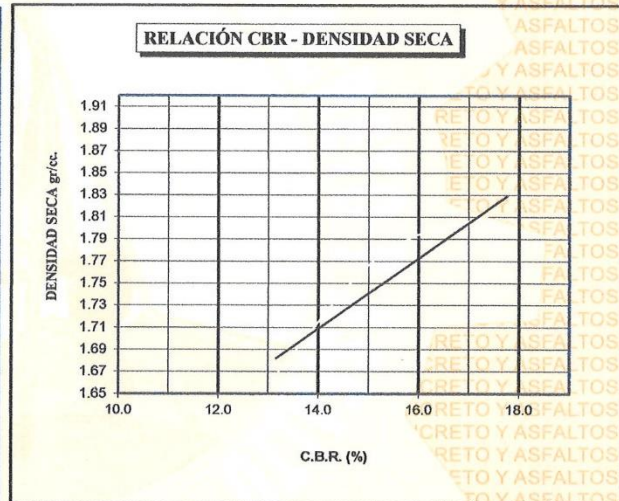
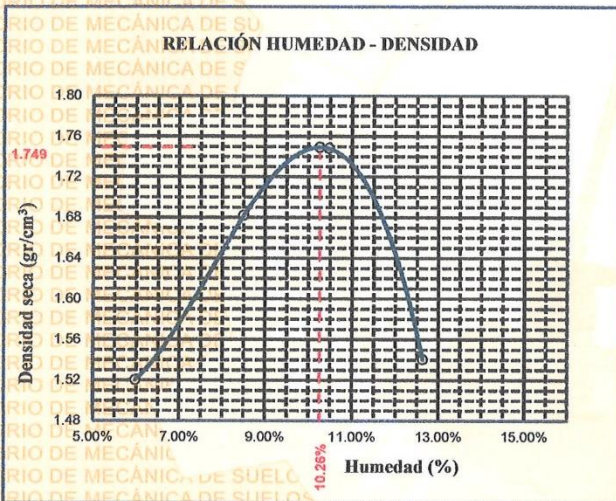
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
CIF. 103257



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>	ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b>	Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)</b> 1.749
<b>MUESTRA</b>	4% DE ACEITE LUBRICADO RECICLADO	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 10.26%
<b>LUGAR</b>	DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 17.77
<b>FECHA</b>	22 DE MARZO DEL 2024	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 12.31
<b>CLASIFICACIÓN :</b>		<b>AASHTO :</b>
<b>EMBEBIDO :</b> 4 DIAS		



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Mgr. Arnaldo Yana Torres  
CIP. 103257



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



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

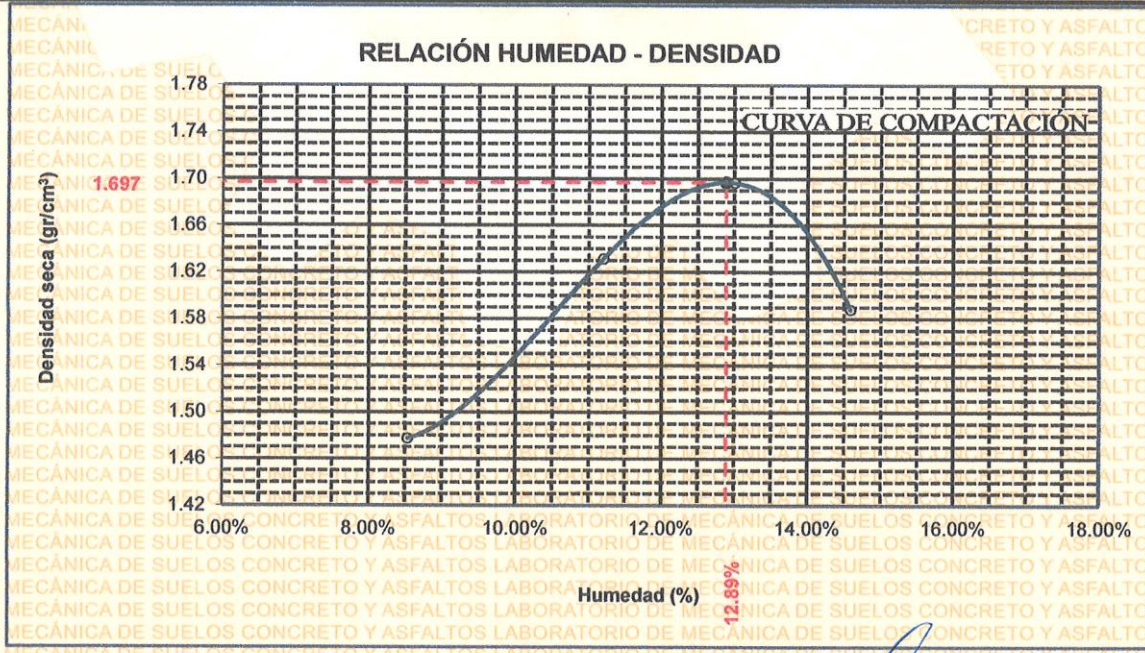
<b>TESIS</b>	: ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA
<b>MUESTRA</b>	: 2% DE ACEITE LUBRICADO RECICLADO
<b>LUGAR</b>	: DESVÍO DE LA VIA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI
<b>FECHA</b>	: 22 DE MARZO DEL 2024

<b>MOLDE No</b>	: 1	<b>VOLUMEN DEL MOLDE</b>	: 903 cm <sup>3</sup>
<b>No DE CAPAS</b>	: 5	<b>GOLPES POR CAPA</b>	: 25 golpes

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	5609	5799	5892	5804
<b>Peso del Molde</b>	gr.	4161	4161	4161	4161
<b>Peso del Suelo Húmedo</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	1448	1638	1731	1643
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cm <sup>3</sup> .	1.604	1.814	1.917	1.819

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	79.91	84.58	87.10	81.35	80.19	94.71	98.81	82.66
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	76.62	81.02	82.52	76.81	75.38	88.78	91.74	76.84
<b>Peso del Agua</b>	gr.	3.29	3.56	4.58	4.54	4.81	5.93	7.07	5.82
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	39.62	37.50	38.64	38.88	40.76	39.85	39.90	39.40
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	37.00	43.52	43.88	37.93	34.62	48.93	51.84	37.44
<b>% de Humedad</b>	%	8.89%	8.18%	10.44%	11.97%	13.89%	12.12%	13.64%	15.54%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	8.54%		11.20%		13.01%		14.59%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.477		1.631		1.696		1.588	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO "A"	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	: 1.697 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 12.89%



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
C.I.P. 103257

B. N° 006-00280844



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



### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

**TESIS** : ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO  
**SOLICITANTE** : Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA  
**MUESTRA** : 2% DE ACEITE LUBRICADO RECICLADO  
**LUGAR** : DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI  
**FECHA** : 22 DE MARZO DEL 2024

CONDICIONES DE LA MUESTRA	MOLDE No III		MOLDE No II		MOLDE No I		
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	
No DE CAPAS	5		5		5		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56		
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	11136	10836	11150	10927	11392	11294
Peso del Molde	gr.	7277	7277	6745	6745	6724	6724
Peso del Suelo Humedo	gr.	3859	3559	4405	4182	4668	4570
Volumen del Suelo	cc.	2115.67	2115.67	2116.65	2116.65	2257.29	2257.29
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.824	1.682	2.081	1.976	2.068	2.025

Capsula No	No																		
Suelo Humedo + Capsula	gr.	269.33	230.84	306.78	289.47	290.47	257.45	248.20	209.40	215.45									
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	228.84	198.36	280.22	251.55	253.00	234.59	221.93	187.15	196.74									
Peso del Agua	gr.	40.49	32.48	26.56	37.92	37.47	22.86	26.27	22.25	18.71									
Peso de la Capsula	gr.	38.17	36.41	40.07	37.18	40.07	39.92	39.72	38.69	38.73									
Peso del Suelo Seco	gr.	190.67	161.95	240.15	214.37	212.93	194.67	182.21	148.46	158.01									
% de Humedad	%	21.24%	20.06%	11.08%	17.69%	17.60%	11.74%	14.42%	14.99%	11.84%									
Promedio de Humedad	%	20.65%			11.06%			17.64%			11.74%			14.70%			11.84%		
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.512			1.515			1.769			1.768			1.803			1.810		

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/03/2024	08:40: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/03/2024	08:40: a.m.	24:00:00	0.85	0.02	0.02	0.72	0.02	0.02	0.51	0.01	0.01
20/03/2024	08:40: a.m.	48:00:00	0.90	0.02	0.02	0.79	0.02	0.02	0.60	0.02	0.01
21/03/2024	08:40: a.m.	72:00:00	0.98	0.02	0.02	0.84	0.02	0.02	0.64	0.02	0.01
22/03/2024	08:40: a.m.	96:00:00	1.06	0.03	0.02	0.91	0.02	0.02	0.67	0.02	0.01

### PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		3.60	40.4	2.0		6.50	53	2.7		10.80	71	3.6	
1.27	01:00		8.90	62.9	3.2		11.90	76	3.8		16.90	97	4.9	
1.91	01:30		12.40	77.8	3.9		16.40	95	4.8		25.70	134	6.8	
2.54	02:00	70.31	15.10	89.2	4.5		23.10	123	6.2		32.30	162	8.2	
3.81	03:00		20.40	111.7	5.6		29.60	151	7.6		39.60	193	9.8	
5.09	04:00	105.00	26.50	137.6	7.0		37.30	183	9.3		46.30	222	11.2	
6.35	05:00		30.40	154.2	7.8		40.30	196	9.9		50.70	240	12.1	
7.62	06:00		33.80	168.6	8.5		45.00	216	10.9		54.30	256	12.9	
8.84	07:00													
10.16	08:00													



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

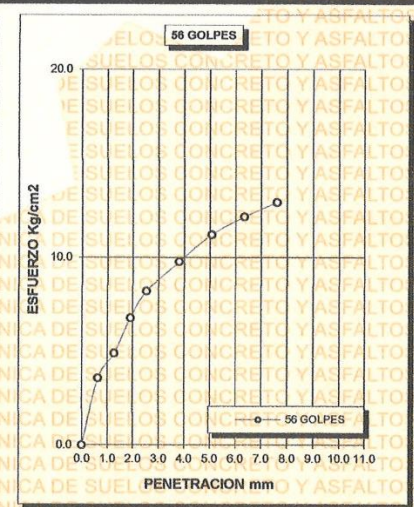
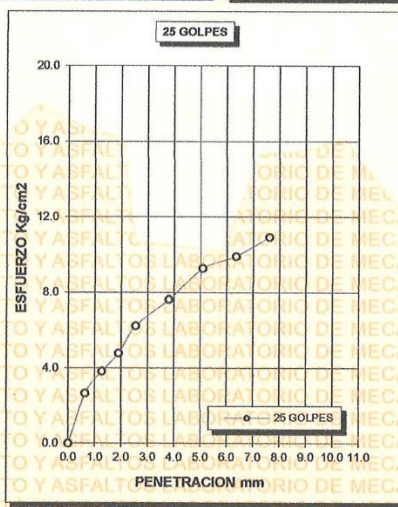
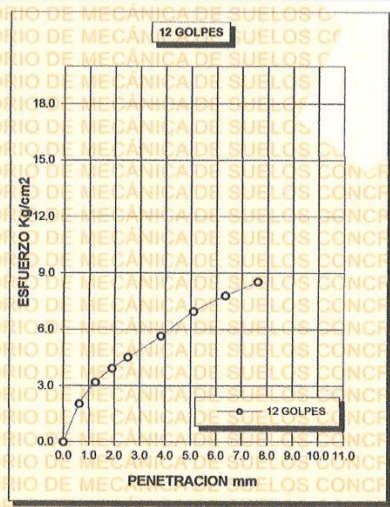
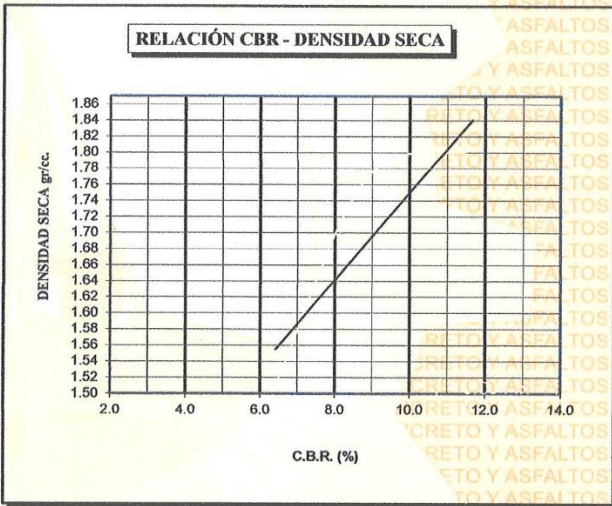
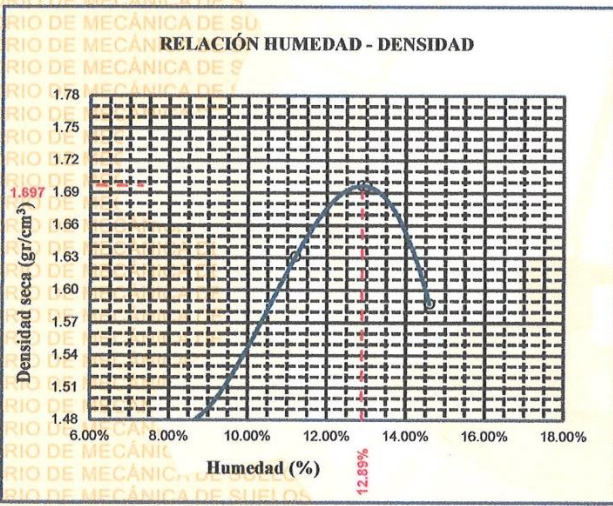
Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
CIP. 103257



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>	ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b>	Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.)</b> 1.697
<b>MUESTRA</b>	2% DE ACEITE LUBRICADO RECICLADO	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b> 12.89%
<b>LUGAR</b>	DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b> 11.66
<b>FECHA</b>	22 DE MARZO DEL 2024	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b> 8.85
		<b>CLASIFICACIÓN :</b>
		<b>AASHTO :</b>
		<b>EMBEDIDO :</b> 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FIGP - CAR. INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
CIP. 103257



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** : ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO

**SOLICITANTE** : Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA

**MUESTRA** : 6% ACEITE LUBRICANTE RECICLADO

**UBICACIÓN** : DESVÍO DE LA VIA ROSARIO - CRUCERO - POTONI

**LUGAR** : DISTRITO DE POTONI - PROVINCIA DE AZANGARO - REGIÓN PUNO

**FECHA** : 22 DE MARZO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	396.60
SUELO SECO + TARRO	gr	369.10
PESO DEL TARRO	gr	52.10
PESO DEL AGUA	gr	27.50
PESO DEL SUELO SECO	gr	317.00
HUMEDAD %	%	8.68

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

#### LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		1	2
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	39.29	57.71
SUELO SECO + TARRO	gr	31.79	50.21
PESO DEL TARRO	gr	8.75	25.25
PESO DEL AGUA	gr	7.50	7.50
PESO DEL SUELO SECO	gr	23.04	24.96
HUMEDAD %	%	32.55	30.05
N° DE GOLPES		26	26

#### LÍMITE PLÁSTICO

A	B
31.97	29.90
30.95	29.15
25.61	24.98
1.02	0.75
5.34	4.17
19.10	17.99

**LÍMITE LIQUIDO %** : 31.45      **LÍMITE PLÁSTICO %** : 18.54

**ÍNDICE PLÁSTICO %** : 12.91

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

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
C.I.P. 103257



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** : ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA  
 ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO  
**SOLICITANTE** : Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA  
**MUESTRA** : 4% ACEITE LUBRICANTE RECICLADO  
**UBICACIÓN** : DESVÍO DE LA VIA ROSARIO - CRUCERO - POTONI  
**LUGAR** : DISTRITO DE POTONI - PROVINCIA DE AZANGARO - REGIÓN PUNO  
**FECHA** : 22 DE MARZO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	446.70
SUELO SECO + TARRO	gr	417.10
PESO DEL TARRO	gr	52.20
PESO DEL AGUA	gr	29.60
PESO DEL SUELO SECO	gr	364.90
HUMEDAD %	%	8.11

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

#### LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		3	4
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	38.68	41.48
SUELO SECO + TARRO	gr	31.50	34.93
PESO DEL TARRO	gr	8.30	13.17
PESO DEL AGUA	gr	7.18	6.55
PESO DEL SUELO SECO	gr	23.20	21.76
HUMEDAD %	%	30.95	30.10
N° DE GOLPES		26	26

#### LÍMITE PLÁSTICO

C	D
20.41	21.48
19.45	20.29
14.30	14.12
0.96	1.19
5.15	6.17
18.64	19.29

**LÍMITE LÍQUIDO %** : 30.67      **LÍMITE PLÁSTICO %** : 18.96

**ÍNDICE PLÁSTICO %** : 11.71      18.98

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. Arnaldo Yana Torres  
 CIP 103257



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** : ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA  
**SOLICITANTE** : ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO  
**MUESTRA** : Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA  
**UBICACIÓN** : 2% ACEITE LUBRICANTE RECICLADO  
**LUGAR** : DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO - POTONI  
**FECHA** : DISTRITO DE POTONI - PROVINCIA DE AZANGARO - REGIÓN PUNO  
: 22 DE MARZO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	420.10
SUELO SECO + TARRO	gr	394.00
PESO DEL TARRO	gr	50.80
PESO DEL AGUA	gr	26.10
PESO DEL SUELO SECO	gr	343.20
HUMEDAD %	%	7.60

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

#### LÍMITE LÍQUIDO

#### LÍMITE PLÁSTICO

TARRO N°		5	6
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	42.89	33.84
SUELO SECO + TARRO	gr	36.29	27.69
PESO DEL TARRO	gr	14.65	7.49
PESO DEL AGUA	gr	6.60	6.15
PESO DEL SUELO SECO	gr	21.64	20.20
HUMEDAD %	%	30.50	30.45
N° DE GOLPES		25	25

E	F
16.45	15.92
15.25	14.79
9.06	9.08
1.20	1.13
6.19	5.71
19.39	19.79

**LÍMITE LÍQUIDO %** : 30.47      **LÍMITE PLÁSTICO %** : 19.59

**ÍNDICE PLÁSTICO** : 10.88

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W<sub>n</sub> = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
E.I.F. 103257



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** : ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO

**SOLICITANTE** : Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA

**MUESTRA** : PATRÓN

**UBICACIÓN** : DESVÍO DE LA VIA ROSARIO - CRUCERO - POTONI

**LUGAR** : DISTRITO DE POTONI - PROVINCIA DE AZANGARO - REGIÓN PUNO

**FECHA** : 22 DE MARZO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	520.10
SUELO SECO + TARRO	gr	489.30
PESO DEL TARRO	gr	51.30
PESO DEL AGUA	gr	30.80
PESO DEL SUELO SECO	gr	438.00
HUMEDAD %	%	7.03

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

#### LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		7	8
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	33.59	36.62
SUELO SECO + TARRO	gr	27.28	30.36
PESO DEL TARRO	gr	7.22	7.61
PESO DEL AGUA	gr	6.31	6.26
PESO DEL SUELO SECO	gr	20.06	22.75
HUMEDAD %	%	31.46	27.52
N° DE GOLPES		25	25

#### LÍMITE PLÁSTICO

G	H
17.35	16.86
15.88	15.62
9.06	9.10
1.47	1.24
6.82	6.52
21.55	19.02

**LÍMITE LÍQUIDO %** : 29.49      **LÍMITE PLÁSTICO %** : 20.29

**ÍNDICE PLÁSTICO %** : 09.20

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 FICP - CAB INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA  
 Mgr. Arnaldo Yana Torres  
 CIP: 103257



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



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

**TESIS** : ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO

**SOLICITANTE** : Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA

**UBICACIÓN** : DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO - POTONI

**LUGAR** : DISTRITO DE POTONI - PROVINCIA DE AZANGARO - REGIÓN PUNO

**FECHA** : 22 DE MARZO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.300				
No4	4.750	1.10	0.10	0.10	99.90
No8	2.360				
No10	2.000	18.67	1.72	1.82	98.18
No16	1.180				
No20	0.850	25.40	2.34	4.16	95.84
No30	0.600				
No40	0.425	28.58	2.63	6.80	93.20
No 50	0.300	33.63	3.10	9.90	90.10
No60	0.250				
No80	0.180				
No100	0.150	123.60	11.39	21.29	78.71
No200	0.075	182.34	16.81	38.09	61.91
BASE		671.68	61.91	100.00	0.00
TOTAL		1085.00	100.00		
% PERDIDA		61.91			

**TAMAÑO MAXIMO:**

**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

P.I.= 1085.00  
P.L.= 413.32  
P.P.= 671.68  
% w = 8.68

**LIMITES DE CONSISTENCIA:**

L.L.= 31.45  
L.P.= 18.54  
I.P.= 12.91

**CARACT. GRANULOMÉTRICAS:**

D10= --- Cu= ---  
D30= --- Cc= ---  
D60= ---

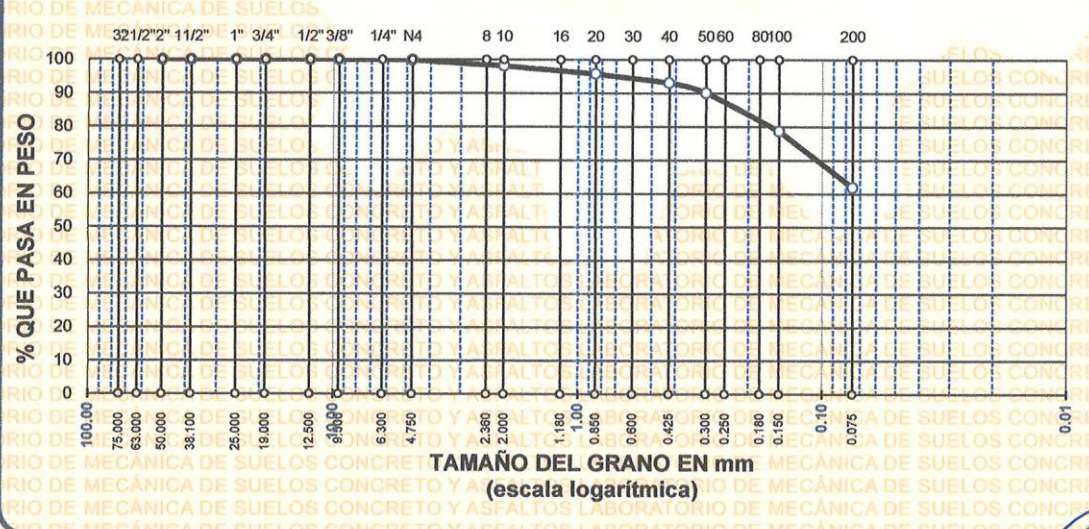
**CLASIFICACIÓN:**

I.G. = :

**SUCS : CL - ML**  
**ASSTHO : A-4 (6)**

**OBSERVACIONES:**

### CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

Mgtr. Arnaldo Yana Torres  
CIP. 103257



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



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

**TESIS** : ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO

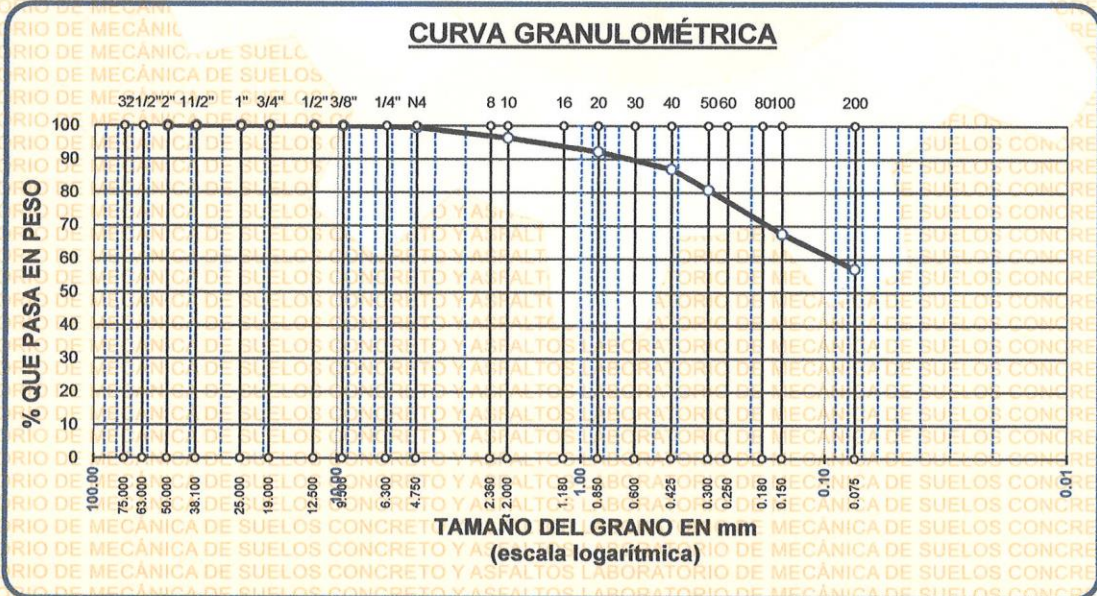
**SOLICITANTE** : Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA

**UBICACIÓN** : DESVÍO DE LA VIA ROSARIO - CRUCERO - POTONI

**LUGAR** : DISTRITO DE POTONI - PROVINCIA DE AZANGARO - REGIÓN PUNO

**FECHA** : 22 DE MARZO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO:
3"	75.000					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000					P.I.= 1080.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00	P.L.= 464.16
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	P.P.= 615.84
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	%w= 8.11
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 30.67
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 18.96
1/4"	6.300					I.P.= 11.71
No4	4.750	5.24	0.49	0.49	99.51	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360					D10= --- Cu= ---
No10	2.000	33.45	3.10	3.58	96.42	D30= --- Cc= ---
No16	1.180					D60= 0.10
No20	0.850	44.48	4.12	7.70	92.30	CLASIFICACIÓN:
No30	0.600					I.G. = :
No40	0.425	56.52	5.23	12.93	87.07	SUCS : CL - ML
No 50	0.300	68.15	6.31	19.24	80.76	ASSTHO : A-4 (6)
No60	0.250					OBSERVACIONES:
No80	0.180					
No100	0.150	142.12	13.16	32.40	67.60	
No200	0.075	114.20	10.57	42.98	57.02	
BASE		615.84	57.02	100.00	0.00	
TOTAL		1080.00	100.00			
% PERDIDA		57.02				



LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. Arnoldo Yana Torres  
C.I.F. 103257





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



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

**TESIS** : ESTABILIZACIÓN DE LA SUB RASANTE CON ACEITE LUBRICANTE RECICLADO EN EL DESVÍO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO

**SOLICITANTE** : Bach. CLINTON OLIVER SONCCO CHURA

**MUESTRA** : PATRÓN

**UBICACIÓN** : DESVÍO DE LA VIA ROSARIO - CRUCERO - POTONI

**LUGAR** : DISTRITO DE POTONI - PROVINCIA DE AZANGARO - REGIÓN PUNO

**FECHA** : 22 DE MARZO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1/4"	6.300				
No4	4.750	6.97	0.56	0.56	99.44
No8	2.360				
No10	2.000	41.10	3.31	3.88	96.12
No16	1.180				
No20	0.850	72.06	5.81	9.69	90.31
No30	0.600				
No40	0.425	81.11	6.54	16.23	83.77
No 50	0.300	84.63	6.83	23.05	76.95
No60	0.250				
No80	0.180				
No100	0.150	148.32	11.96	35.02	64.98
No200	0.075	115.47	9.31	44.33	55.67
BASE		690.34	55.67	100.00	0.00
TOTAL		1240.00	100.00		
% PERDIDA		55.67			

**TAMAÑO MÁXIMO:**

**DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA**

P.I.= 1240.00  
P.L.= 549.66  
P.P.= 690.34  
% w = 7.03

**LIMITES DE CONSISTENCIA:**

L.L.= 29.49  
L.P.= 20.29  
I.P.= 9.20

**CARACT. GRANULOMÉTRICAS:**

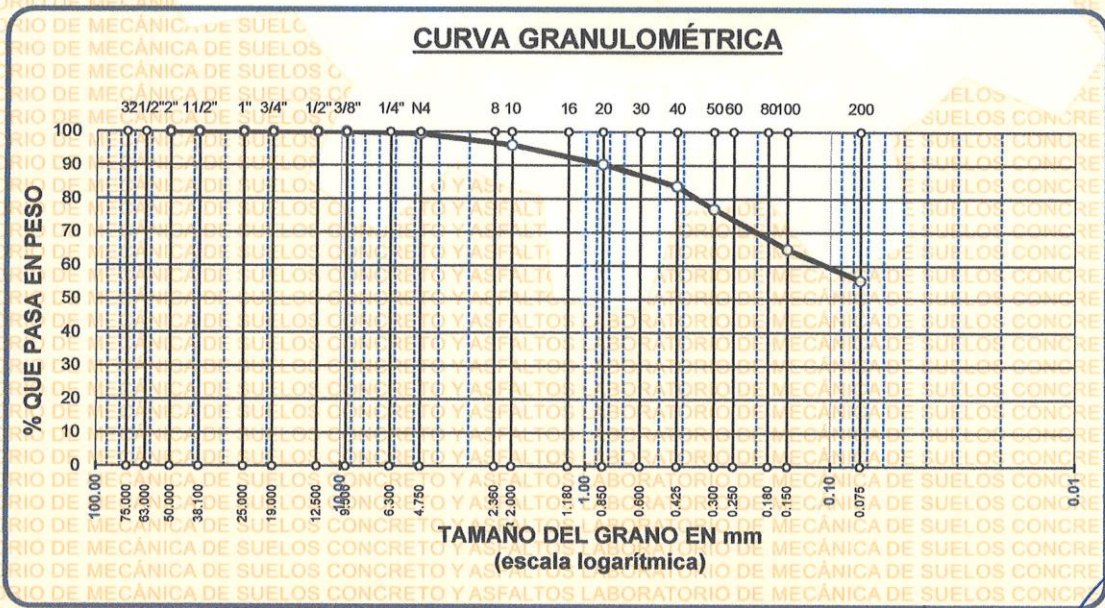
D10= --- Cu= ---  
D30= --- Cc= ---  
D60= 0.11

**CLASIFICACIÓN:**

I.G. = :

**SUCS : CL**  
**ASSTHO : A-4 (3)**

**OBSERVACIONES:**



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

Mgr. Arnaldo Yana Torres  
C.I.P. 103257



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 27/09/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: CLINTON OLIVER SONCCO CHURA

Dirección: JR. CARABAYA 315 BARRIO VIRGEN DEL ROSARIO

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70375123

Teléfono: 958 81 63 00 email: soncco chura 1994 @ gmail . com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERIAS 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: ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE CON ACEITE LUBRICANTE

RECICLADO EN EL DESUO DE LA VÍA ROSARIO - CRUCERO AL DISTRITO

DE POTONI DE LA REGIÓN PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): ESTABILIZACIÓN DE SUELOS, SUBRASANTE, ACEITE LUBRICANTE RECICLADO

¿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

27 de setiembre del 2024

Fecha