



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS  
EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA  
CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE  
BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**JULIACA - PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS  
EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA  
CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE  
BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:   
\_\_\_\_\_  
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

**PRIMER MIEMBRO**

:   
\_\_\_\_\_  
Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

**SEGUNDO MIEMBRO**

:   
\_\_\_\_\_  
Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

**ASESOR DE TESIS**

:   
\_\_\_\_\_  
Dr. ARNALDO YANA TORRES

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17**



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1072-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 19 de setiembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 13227 presentado por el (la) Bachiller: **XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN** 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. **XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

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

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

**RESUELVE:**

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

- \* **Presidente** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- \* **1er Miembro** : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
- \* **2do Miembro** : Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

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

**ARTICULO TERCERO . - APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Jueves 26 de setiembre del 2024
- \* **HORA** : 12:00 p.m.
- \* **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. MILTHON QUISEP HUANCA  
DECANO  
CIR-1798



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

cc.  
Archivo  
Intercedido (4)

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 540-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 03 de julio del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 7150 por el o (la) Bachiller: **XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 540 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 099 - 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: **XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 099 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el o (la) Bachiller: **XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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



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

cc.  
Archivo  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 128-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 08 de abril del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU-00740, presentado por el señor (a) **XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 075-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 53-2024 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: **XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN** ha presentado su propuesta de investigación Títulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. **Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 53-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA**.

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

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

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Títulado: **INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

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



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

Dr. **Efraín Pajillo Gosa**  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



## INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	9%
2	tesis.usat.edu.pe Fuente de Internet	4%
3	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	ANTONIOLI, Barbara, and Antonio MASSARUTTO. "THE MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT SECTOR IN EUROPE: SHIFTING BOUNDARIES BETWEEN PUBLIC SERVICE AND THE MARKET : THE MUNICIPAL WASTE MANAGEMENT SECTOR IN EUROPE",	<1%




### Metadatos Complementarios



<b>Título de la Tesis</b>	
<b>INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70080008
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0008-3709-764X">https://orcid.org/0009-0008-3709-764X</a>
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	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01316765
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento



<p>Ubicación geográfica de la investigación</p>	<p><b>País:</b> Perú  <b>Departamento:</b> Puno  <b>Provincia:</b> San Román  <b>Distrito:</b> Juliaca            CANTERA UNOCOLLA DE LA CIUDAD DE JULIACA  <b>Coordenadas:</b>  <b>Latitud:</b> 15°27'03.3 -15.450915  <b>Longitud:</b> 70°11'25.2" -70.190325  <b>URL Maps</b>  <a href="https://maps.app.goo.gl/ALcAXqbR9coLd8EZ7">https://maps.app.goo.gl/ALcAXqbR9coLd8EZ7</a></p> 
<p>Año o rango de años en que se realizó la investigación</p>	<p>Abril 2024 – Julio 2024</p>
<p>URL de disciplinas OCDE - Librería</p>	<p><b>Ingeniería Civil</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a>  <b>Ingeniería de la construcción</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a></p>


 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS FÍSICAS Y QUÍMICAS  
 DIRECTOR  
 JULIACA - PERÚ


 Dr. Edwin Sosa  
 DIRECTOR  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo XIOMY JULIANA SOTO HUAMAN, identificado con DNI Nro. 70080008, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional
- Programa de Segunda Especialidad,
- Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación,  Trabajo Académico denominada:  
" INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIVOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCILLA PARA LA CONFIRMACIÓN DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA "

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 21 de OCTUBRE del 2024

Firma del Asesor

Firma del Estudiante



Huella



## DEDICATORIA

A mis padres Jesús Soto y Juliana Huaman por brindarme apoyo en mi formación profesional, gracias por sus palabras de aliento que cada día me ayudan a crecer como persona.

A mis hermanos por estar en los momentos más importantes de mi vida y darme su apoyo incondicionalmente.

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

*X.Y.S.H.*



## AGRADECIMIENTO

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

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

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

*X.Y.S.H.*



## ÍNDICE

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

## CAPITULO I

### EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

1.1 Exposición de la situación de problemática.....	1
1.2 Planteamiento del problema.....	2
1.2.1 Pregunta general.....	2
1.2.2 Preguntas específicas.....	2
1.3 Justificación de la investigación.....	3
1.3.1 Justificación practica.....	3
1.3.2 Justificación ambiental.....	3
1.3.3 Justificación metodológica.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4



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

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1	Antecedentes de la investigación .....	6
2.1.1	Antecedentes internacionales .....	6
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	8
2.1.3	Antecedentes locales .....	10
2.2	Marco teórico .....	11
2.2.1	Pavimento .....	11
2.2.2	Tipos de pavimentos.....	11
2.2.3	Pavimento rígido. ....	11
2.2.4	Pavimentos flexibles.....	11
2.2.5	Pros y contras de un pavimento flexible. ....	12
2.2.6	Estudio de mecánica de suelos para pavimentos.....	15
2.2.7	Métodos de exploración de campo .....	15
2.2.8	Excavaciones a cielo abierto (calicatas).....	16
2.2.9	Elemento de cantera para capas granulares de pavimentos.....	17
2.2.10	Organización de suelos.....	17



2.2.11	Reciclado de pavimentos asfaltico .....	18
2.2.12	Reciclado Asfaltico De Pavimento (Rap). .....	19
2.2.13	Dimensión, Granulometría Del Reciclado Asfaltico De Pavimento (Rap)..	20
2.2.14	Técnicas de reciclado .....	21
2.2.15	Pavimento asfaltico recuperado (RAP) .....	21
2.2.16	Evaluación del RAP .....	22
2.2.17	Ensayos de Laboratorio .....	23
2.2.18	Concepto de Capacidad de Soporte de la Subrasante.....	29
2.3	Marco conceptual .....	30

### CAPITULO III

#### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Diseño de la investigación .....	34
3.1.1	Nivel de investigación .....	34
3.1.2	Tipo de investigación .....	34
3.1.3	Método de investigación .....	34
3.1.4	Enfoque de investigación .....	35
3.2	Población y muestra .....	35
3.2.1	Población .....	35
3.2.2	Muestra .....	35
3.3	Ámbito de estudio .....	35
3.3.1	Ubicación del área en estudio.....	35
3.3.2	Descripción del área de estudio .....	36



3.3.3 Muestro y preparación de muestras para ensayar..... 37

3.3.4 Pruebas de las cualidades mecánicas y físicas de la base granular controlada ..... 38

**CAPITULO IV**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1 Presentación de resultados de la investigación..... 46

4.1.1 Cualidades físicas de agregados naturales de la cantera Unocolla..... 46

4.1.2 Cualidades resistentes de agregados naturales de la cantera Unocolla. .... 47

4.1.3 Determinación de cualidades mecánicas y físicas de la cantera Taparachi . 47

4.1.4 Determinación de cualidades de límites de consistencia y compactación de suelos de la cantera de Taparachi. .... 48

4.1.5 Determinación de las cualidades granulométricas y organización de suelos con adición del 4 % de residuos asfálticos ..... 48

4.1.6 Determinación de las cualidades de límites de consistencia y compactación de superficies con agregación del 4 % de residuos asfálticos ..... 48

4.1.7 Determinación de las cualidades granulométricas y organización de superficies con adición del 8 % de residuos asfálticos..... 49

4.1.8 Determinación de las cualidades de límites de consistencia y consolidación de superficies con agregación del 8 % de residuos asfálticos ..... 49

4.2 Evaluación comparativa de variación de cualidades mecánicas de suelos agregados con residuos asfálticos ..... 50

4.2.1 Evaluación comparativa de la granulometría de superficies con agregación de residuos asfálticos..... 50



4.2.2	Evaluación comparativa de la organización de superficies con agregación de residuos asfálticos.....	51
4.2.3	Análisis comparativo de los límites de consistencia con suma de residuos asfálticos.....	51
4.2.4	Evaluación comparativa de densidad seca por consolidación en superficies agregados con residuos asfálticos.....	52
	CONCLUSIONES.....	53
	RECOMENDACIONES .....	54
	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS.....	55
	ANEXOS .....	58



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Operacionalización de variables .....	5
<b>Tabla 2.</b> Granulométrica para RAP según clasificación .....	21
<b>Tabla 3.</b> Caracterización de los agregados de la cantera Unocolla.....	46
<b>Tabla 4.</b> Características resistentes de agregados cantera Unocolla.....	47
<b>Tabla 5.</b> Resumen de la evaluación granulométrica y organización de superficies de cantera .....	47
<b>Tabla 6.</b> Resumen de límites de consistencia y compactación de suelos de cantera .....	48
<b>Tabla 7.</b> Resumen de granulometría y organización de suelos con suma del 4 % de residuos asfálticos .....	48
<b>Tabla 8.</b> Resumen límites de consistencia y consolidación de superficies con agregación del 4 % de residuos asfálticos .....	49
<b>Tabla 9.</b> Resumen de granulometría y organización de superficies con suma del 8 % de residuos asfálticos .....	49
<b>Tabla 10.</b> Resumen límites de consistencia y consolidación de superficies con agregación del 8 % de residuos asfálticos .....	50
<b>Tabla 11.</b> Evaluación comparativa de la granulometría de superficies con agregación de residuos asfálticos .....	50
<b>Tabla 12.</b> evaluación comparativa de la organización de superficies con agregación de residuos asfálticos .....	51
<b>Tabla 13.</b> comparativo de límites de consistencia con agregación de residuos asfálticos	51
<b>Tabla 14.</b> comparativa de densidad seca por consolidación con agregados con residuos asfálticos .....	52



## ÍNDICE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> estructura del pavimento flexible .....	12
<b>Figura 2.</b> Ciclo del mercado sostenible del reciclado .....	19
<b>Figura 3.</b> Condición del pavimento a lo largo de los años con referencia al tipo de reciclado.....	22
<b>Figura 4.</b> RAP observado a través de un microscopio.....	23
<b>Figura 5.</b> Instrumento de Proctor Modificado .....	27
<b>Figura 6.</b> Curva humedad - densidad seca .....	29
<b>Figura 7.</b> visualización de la cantera taparachi.....	36
<b>Figura 8.</b> Ubicación de la cantera unocolla .....	36
<b>Figura 9:</b> Laboratorio de suelos UANCV.....	37
<b>Figura 10.</b> Prueba de humedad .....	38
<b>Figura 11.</b> Ensayo de granulometría.....	39
<b>Figura 12.</b> prueba de limite liquido .....	40
<b>Figura 13.</b> ensayo de limite plástico .....	40
<b>Figura 14.</b> Ensayo de equivalente de arena .....	41
<b>Figura 15.</b> ensayo de abrasión de los ángeles.....	42
<b>Figura 16.</b> Ensayo de Proctor modificado .....	44
<b>Figura 17.</b> Ensayo de CBR .....	45



## RESUMEN

En concreto, la construcción de bases de pavimentos en la ciudad de Juliaca es el foco principal de este proyecto de investigación, el cual tiene como objetivo explorar el impacto de la inclusión de residuos asfálticos en las características mecánicas de las superficies de la cantera Unocolla. Este es el propósito principal de este proyecto de investigación. En particular, esto se logrará mediante la realización de ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y la comparación de los análisis de residuos asfálticos y sus mezclas con las especificaciones establecidas en las Especificaciones Técnicas Generales de Construcción EG-2013 y CE 010 Pavimentos Urbanos. Ambos documentos detallan los requisitos que se deben cumplir. El material granular de cimentación que se utilizó proviene de las canteras ubicadas en Unocolla y Taparachi. Las muestras fueron evaluadas, incluyendo una muestra estándar consistente en 100% de material de cantera, así como dos combinaciones conteniendo 4% Ra y 8% RA, respectivamente. Se ha demostrado mediante ensayos que la incorporación de materiales añadidos (AR) es capaz de preservar eficazmente las características mecánicas y físicas del elemento extraído. Para lograr la mayor densidad seca máxima posible y una relación de carga de California (CBR) igualmente alta de hasta 2,93 % al 100 % de su densidad seca máxima y 0,1 pulgadas de penetración, el porcentaje de AR óptimo es del 4 %. Este es el porcentaje de AR óptimo. Debido a esto, los datos de densidad seca máxima se aumentan a su nivel más alto alcanzable. Los hallazgos demuestran que están de acuerdo con los criterios mencionados anteriormente. Según los hallazgos del experimento, es factible incluir asfalto de desecho en bases de pavimento granular en una proporción del cuatro por ciento. Los investigadores llegaron a esta conclusión como resultado de su investigación.

**Palabras clave:** Base granular, residuos asfálticos (RA), CBR, cantera.



## ABSTRACT

The main objective of this research project is to investigate the influence that the incorporation of asphalt waste has on the mechanical properties of the surfaces of the Unocolla quarry, with a particular focus on the construction of pavement bases in the city of Juliaca. Specifically, this will be achieved by performing soil mechanics laboratory tests and comparing the analysis of the asphalt residues and their mixtures with the requirements specified in the General Technical Specifications for Construction EG-2013 and CE 010 Urban Pavements. The granular foundation material used came from the quarries located in Unocolla and Taparachi. The samples were evaluated, including a standard sample consisting of 100% quarry material, as well as two combinations containing 4% Ra and 8% RA, respectively. It has been demonstrated through tests that the incorporation of added materials (AR) is capable of effectively preserving the mechanical and physical characteristics of the extracted element. To obtain the highest possible maximum dry density data and an equally high California Bearing Ratio (CBR) of up to 2.93% at 100% of its maximum dry density and at a penetration of 0.1 inch, the optimum percentage of AR is 4%. This results in the highest possible maximum dry density data. These results are shown to be in accordance with this standard. The results of the investigation indicated that it is possible to mix asphalt waste into granular bases for paving at a rate of 4%. This was the conclusion reached by the researchers.

**Key words:** Granular base, asphalt residue (AR), CBR, quarry.



## INTRODUCCIÓN

La reutilización de los residuos asfálticos se refiere al aprovechamiento ventajoso de estos residuos, que a menudo se pasa por alto. La tendencia humana es explotar únicamente los elementos naturales de la tierra, consumiendo en su totalidad estos recursos que no pueden ser renovados sin aplicar medidas de conservación del medio ambiente. Perú carece actualmente de una estrategia global para utilizar eficazmente el asfalto recuperado. Sólo un pequeño número de empresas se dedican al reciclado del pavimento, utilizándolo como árido en la construcción de nuevos pavimentos. Debería realizarse un estudio exhaustivo para explorar el potencial de re uso de los residuos hechos en el mantenimiento y restauración de pavimentos en estado de deterioro. Este estudio pretende determinar la cantidad de aplicaciones en las que es posible usar estos áridos, con el objetivo de reducir la necesidad de nuevas canteras que tienen efectos medioambientales perjudiciales.

En la actualidad, el gobierno debe invertir un presupuesto considerable para la ejecución de proyectos de Ingeniería Civil. Por ende, es aconsejable explorar opciones que puedan reducir los gastos asociados a estos proyectos. La industria de la construcción actual requiere un enfoque más estricto del uso eficaz de los residuos, que es crucial para lograr este objetivo.

La investigación comprende el desarrollo de los capítulos siguientes:

Dentro del primer capítulo se muestra la formación de la descripción del problema de investigación, se presenta su justificación y se plantean los objetivos.

El capítulo II analiza en profundidad la base teórica, la revisión del marco conceptual y el aspecto conceptual de las palabras.

El Capítulo III Esta sección ofrece una descripción exhaustiva de la técnica de investigación, que incluye la forma, el tipo y el nivel de la investigación. Además, explica la población y la muestra que se utilizaron en el estudio, así como las técnicas y los



materiales que se emplearon para recopilar información. Asimismo, se exponen los procedimientos seguidos para analizar los datos y evaluar la información.

El Capítulo IV ofrece un examen exhaustivo de los resultados, que incluye un análisis y una interpretación de los mismos, una discusión de las implicaciones y las conclusiones a las cuales se han llegado, recomendando en función a las conclusiones obtenidas del presente trabajo de investigación.



## CAPITULO I

### EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACION

#### 1.1 Exposición de la situación de problemática

El problema se plantea a la hora de construir un nuevo pavimento flexible, ya que la obra civil consume actualmente una parte sustancial del presupuesto del Estado. Por lo tanto, es imperativo utilizar nuevos enfoques que puedan generar ahorros sustanciales de costes durante la ejecución del proyecto. Del mismo modo, la conservación ambiental también es importante en esta situación, ya que una parte importante de los materiales de construcción proceden de componentes químicos tóxicos que suelen desecharse o depositarse en lugares donde no se gestionan adecuadamente.

La elevada cantidad de fondos que se destinan actualmente a la ejecución, mejora, mantenimiento y restauración de carreteras pavimentadas a nivel local, nacional e internacional. Entre estos factores se encuentran el transporte de áridos frescos desde las canteras hasta la obra, así como el coste de los insumos derivados del petróleo. Como consecuencia de ello, es necesario investigar nuevas e interesantes opciones sostenibles para proyectos de este tipo.

Estudios realizados en países desarrollados han descubierto que las capas de asfalto reciclado (RA) ofrecen una solución viable para la capa límite de arriba y las capas controladas con agentes químicos. Sin embargo, escasean las investigaciones sobre su



aplicación en las bases granulares de los firmes flexibles. Dada la composición del material RA, son necesarias investigaciones exhaustivas sobre los áridos que lo constituyen. Los agregados son capaces de mantener sus características mecánicas y físicas, lo que les permite ser empleados en las bases granulares de pavimentos flexibles. Estos estudios son de gran importancia debido a esta capacidad de los agregados. Además, se ha propuesto que la inclusión de asfalto en los insumos daría como resultado un aumento en la resistencia a la compresión de los insumos, así como un mayor grado de cohesión entre las moléculas que componen los insumos respectivamente.

Perú carece de una política para reciclar los residuos de los proyectos constructivos, que ha crecido, esto al aumento de los proyectos de construcción públicos y privados. Esto incluye los residuos generados al retirar las capas asfálticas, que a menudo son mal gestionados por la empresa ejecutora, mantenedora o rehabilitadora debido a la ausencia de vertederos autorizados. En consecuencia, esto provoca contaminación ambiental y visual en las afueras de la ciudad donde se vierten los escombros.

## **1.2 Planteamiento del problema**

### **1.2.1 *Pregunta general***

¿Cómo será la influencia de la adición de residuos asfálticos en las propiedades mecánicas de suelos de la cantera unocolla para la conformación de base en pavimentos de la ciudad de Juliaca?

### **1.2.2 *Preguntas específicas***

- ¿Cuál será el análisis de las propiedades físicas y mecánicas del material de cantera?
- ¿Cómo será porcentaje optimo la adición de residuos asfálticos para la conformación de una base de pavimentos?

- ¿Cuál será el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la cantera taparachi optimizado con la cantera unocolla y la adición de residuos asfálticos?

### **1.3 Justificación de la investigación**

Este estudio tiene importantes implicaciones para promover la reutilización de los residuos asfálticos de pavimentos (RA). Al re usar los áridos y el desecho asfáltico de la combinación, podemos conseguir una disminución del consumo de energía y recursos naturales, mejorar el rendimiento de los operadores y aumentar el control de la base granular. Se espera que el uso de asfalto reciclado como material alternativo en las operaciones de construcción suponga una disminución económica sustancial.

#### **1.3.1 Justificación practica**

Este proyecto se desarrolla para responder a la necesidad de optimizar la base de los firmes y explorar soluciones que puedan reducir los costes en los esquemas de inversión del público. También, es posible confirmar que ayuda a la preservación ambiental al fomentar el reciclaje en las obras de desarrollo civil.

#### **1.3.2 Justificación ambiental**

Según el aspecto medioambiental de esta investigación es promover la utilización eficiente de las capas de pavimento asfáltico, minimizando así la acumulación de materiales sobrantes de los proyectos de carreteras. Estos materiales sobrantes suelen acabar en vertederos no autorizados como residuos industriales, lo que genera la contaminación ambiental. Además, la investigación pretende disminuir la extracción de recursos que no se pueden renovar de las canteras de nuestra región.

#### **1.3.3 Justificación metodológica**

En última instancia, este enfoque se justifica metodológicamente, ya que implica la utilización de asfalto desechado en bases granulares, ofreciendo así una alternativa ambientalmente sostenible para los proyectos de pavimentación.



## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 *Objetivo general*

Analizar la influencia de la adición de residuos asfálticos en las propiedades mecánicas de suelos de la cantera Unocolla para la conformación de base en pavimentos de la ciudad de Juliaca.

### 1.4.2 *Objetivos específicos*

- Analizar las propiedades físicas y mecánicas del material de cantera.
- Determinar la adición óptima de residuos asfálticos para la conformación de una base de pavimentos.
- Analizar las propiedades físicas y mecánicas de la cantera Taparachi optimizado con la cantera Unocolla y la adición de residuos asfálticos.

## 1.5 Hipótesis

### 1.5.1 *Hipótesis general*

Al determinar la adición de residuos asfálticos mejorará las propiedades mecánicas del material de cantera para la conformación de una base.

### 1.5.2 *Hipótesis específicas*

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del material de cantera.
- Al determinar el porcentaje óptimo de la adición de residuos asfálticos para la conformación de una base mejora las propiedades mecánicas.
- Al determinar la cantidad de adición de residuos asfálticos con la combinación de la cantera taparachi optimizado con la cantera unocolla mejora las propiedades mecánicas.

## 1.6 Variables e indicadores

### ✓ Variable independiente

Residuos asfálticos

#### a. Indicadores



- Dosificación del residuo asfáltico

✓ **Variable dependiente**

Cualidades mecánicas de la base granular

**b. Indicadores**

- CBR
- Prueba de Proctor modificado

**1.7 Operacionalización de variables**

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR
<b>Variable independiente: Residuos asfálticos</b>	" El material que se ha recogido de un pavimento flexible que ha llegado al final de su vida operativa es lo que se conoce como residuos de pavimento asfáltico (RAP)."	%	Dosificación (kg)
<b>Variable dependiente: Propiedades mecánicas de la base</b>	Según la declaración de objetivos, la base es la capa encargada de absorber toda la energía que comunican las cargas de los vehículos. Además, es la capa que se encarga de repartir estas cargas uniformemente a la subbase y al suelo de cimentación.	Propiedades mecánicas	CBR. Proctor modificado



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 2.1 Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1 *Antecedentes internacionales*

En su tesis de maestría, Adhikari (2017) analiza las cualidades mecánicas del suelo-cemento-geopolímero con la misión de estabilizar la base y subbase de las carreteras. En 2017, Luisiana se enfrentó a una escasez de áridos, lo que llevó a la búsqueda de una alternativa como es la técnica del suelo-cemento como elemento de la parte de la base y la subbase en suelos. Esto se debe a que las micro cortadas se producen como resultado de la contracción causada por la soltura de calor durante la hidratación del hormigón. En consecuencia, es necesario investigar para crear una mezcla de tierra, pavimento de asfalto reciclado (RAP), cenizas volantes y escoria de alto horno. Estos materiales ocupan un área considerable en los vertederos. El análisis comenzó realizando un exhaustivo análisis bibliográfico sobre el suelo-geopolímero. Posteriormente, el estudio se centró en la preparación de geopolímero utilizando cenizas volantes. Además, se reunieron dos clases de superficies de Luisiana, caracterizados por IP medio y alto, con fines de estabilización. Basándose en una matriz de diseño experimental, se ha determinado que la combinación eficaz suelo-RAP-geopolímero, compuesta por un 25% de RAP y un 25% de suelo, mejora significativamente la resistencia mecánica no confinada (UCS) en comparación con la



superficie natural. De hecho, la UCS mejora casi 7 veces. Además, el módulo resiliente de la mezcla es superior al de la superficie sin tratar y al de las combinaciones suelo-cemento, con datos de 676.748 psi y 343.880 psi respectivamente para cada clase de superficie. Por lo tanto, se ha concluido que la combinación de geopolímero es un elemento útil para subbase y base de pavimento.

A continuación, se llevó a cabo una investigación por parte de Mousa y sus colegas en el año 2020 denominada "Evaluación del pavimento asfáltico recuperado como material de base/subbase en Egipto". Con el objetivo de determinar los atributos de ingeniería de la conductividad hidráulica, los límites de resistencia al corte, el módulo resiliente y el CBR, el objetivo de este estudio fue establecer correlaciones entre los datos recopilados de las pruebas de laboratorio y los estudios de la literatura publicada. También se exploró cómo la fracción de pavimento asfáltico recuperado (RAP) afectaba los límites de resistencia y el módulo de resiliencia de los materiales granulares no ligados. También se tuvieron en cuenta los datos de entrada. El desarrollo consistió en recoger muestras de RAP de un proyecto de mantenimiento de carreteras. El árido virgen (AV) se obtuvo de una cantera y se mezcló con diferentes porcentajes (0%, 20%, 40%, 60%, 80% y 100%) sobre el peso total de la mezcla. A continuación, las mezclas se caracterizaron en función de su granulometría. Se comprobó que las mezclas que contenían un 100% de AV, un 20% de RAP y un 40% de RAP cumplían las especificaciones egipcias, mientras que las mezclas que contenían un 60% de RAP no las cumplían. Conjuntamente con la correspondiente imagen computarizada de rayos X. Los resultados investigativos y el análisis experimental llevaron a la conclusión de que es necesario regular las gradaciones de las mezclas para cumplir los criterios de cada país. Del mismo modo, conforme crece la cantidad de pavimento asfáltico regenerado (RAP), disminuye el porcentaje de California Bearing Ratio (CBR), restringiéndose su aplicación al 20% para las bases granulares y al 60% para las subbases. No obstante, se produce un notable crecimiento del módulo resiliente. Esto



puede atribuirse a la presencia de asfalto en el RAP, que aumenta la cohesión de las moléculas y da lugar a una combinación más rígida.

## **2.1.2 Antecedentes nacionales**

En el marco de su proyecto de investigación de pregrado, Solorzano (2019) analiza la factibilidad de utilizar ligante asfáltico reciclado y base granular reciclada para construir una subbase granular óptima en la Avenida Los Próceres, ubicada en el distrito de Chilca de la provincia de Huancayo. El estudio que se realizó en Huancayo en 2019 tuvo como propósito principal evaluar los beneficios de utilizar ligante asfáltico reciclado y base granular reciclada en el proceso de construcción de una subbase granular óptima. Este fue el objetivo principal de la investigación. Este esfuerzo se realizó con la intención de mejorar la transitabilidad de una carretera que había llegado al final de su vida útil al momento de su construcción. Para lograr este objetivo, se eligió una región particular del sitio y se designó para la extracción manual de cinco especímenes de ligante asfáltico reciclado (CAR) y base granular (BG) con dimensiones de 0,40 metros por 0,40 metros por 0,25 metros. Luego, se llevó a cabo un bacheo de concreto asfáltico en caliente, seguido de pruebas de los especímenes. A partir de estos resultados, se establecieron 05 combinaciones de ligante asfáltico y base granular. La composición de los materiales del pavimento utilizados en las pruebas consistió en diferentes porcentajes de CAR (material nuevo) y BG (material reciclado), incluyendo 5% de CAR y 95% de BG, 10% de CAR y 90% de BG, 20% de CAR y 80% de BG, 30% de CAR y 70% de BG, y 60% de CAR y 40% de BG. Además de la ejecución del análisis de tráfico para informar el modelo del pavimento. El pavimento se construyó con materiales nuevos y reciclados, y se utilizó una sección transversal típica. A continuación, se realizaron mediciones, estimaciones de costes y una evaluación medioambiental. Los estudios de ingeniería, se extrajeron las siguientes conclusiones: La combinación óptima consiste en un 40% de roca árida triturada (CAR) y un 60% de escoria de alto horno (BG), lo que da como resultado un valor CBR de 49. Esta



combinación cuenta con los requerimientos mínimos para una subbase granular, reduciendo el presupuesto para un pavimento con insumos provenientes de la cantera en S/. 4,855,521.63. Alternativamente, el uso de materiales reciclados reduce el presupuesto en S/. 4,626,933.57. Al no conseguir elemento para la subbase, la explotación de canteras se disminuye en 50%, y se recicla el 100% de los ligantes asfálticos y el 13,4% de la base granular.

Una investigación fue realizada por Sánchez (2017) en la UCV de Lima con motivo de su proyecto de investigación titulado «Diseño y comparación de pavimento flexible mejorado por el método de reciclado en la carretera Lima-Canta (km 78+000 al km 79+000)» 4,855,512.63 dólares. La meta es utilizar la forma de reciclado asfáltico e integrarlo en un modelo actual de combinación para un ligante asfáltico fresco. Se busca evaluar el impacto que puede tener este proceso de reciclado. El propósito del investigador es adquirir un diseño nuevo y mejorado que posea mejor flexibilidad, durabilidad y, sobre todo, rentabilidad. Para lograr este objetivo se realizaron una serie de pruebas de laboratorio, cada una de las cuales incluyó el punto de vista del reciclaje en su diseño. Estos estudios arrojaron unos primeros resultados alentadores, ya que cumplían la estabilidad prevista de 16060 kg utilizando asfalto reciclado. Cabe destacar especialmente el hecho de que el asfalto reciclado puede adquirir una resistencia del 14,34%. En comparación con la mezcla tradicional, el nuevo diseño del firme le permite soportar en mayor medida las deformaciones provocadas por los automóviles.

El estudio determinó que la incorporación de pavimento de asfalto reciclado ofrece un mejor rendimiento para el tráfico de vehículos, cumpliendo su vida útil de diseño prevista de 10 años. Además, reduce los intervalos de mantenimiento en un 28,8%, lo que supone un ahorro de costes de 43.335,34 dólares. Esta investigación puede considerarse un éxito, ya que se ajusta al objetivo principal de conseguir un ahorro económico. La utilización de pavimento reciclado no sólo genera ahorros de costes adicionales, sino que



también mejora la integridad estructural y la estabilidad de nuestro pavimento, lo que produce resultados prósperos.

### **2.1.3 Antecedentes locales**

Una investigación sobre las características mecánicas de los pavimentos fue realizada por Gonzales en el año 2017, y se llevó en el barrio de San Miguel de San Román de Puno. En particular, la investigación analizó la posibilidad de utilizar sus componentes reciclados en la construcción de carreteras. Este estudio examina el reciclaje y el re uso de los elementos de cimentación y subbase existentes mediante la integración de suelos de cantera con tamaños de partícula apropiados. En lugar de desechar los residuos de asfalto de los pavimentos antiguos, es factible triturarlos y mezclarlos con superficies de cantera para optimizar sus cualidades mecánicas. Además, los suelos extraídos de pavimentos inflexibles tienen un valor significativo en la obtención de áridos reciclados. Los áridos reciclados, mezclados con áridos naturales, pueden utilizarse para crear hormigones que cumplan los criterios de resistencia establecidos por la normativa. La meta primaria de esta evaluación es estudiar las características mecánicas de los pavimentos viales construidos con materiales reciclados en la provincia de San Román de Puno, a lo largo del año 2017. En este proyecto se empleó un modelo no experimental de corte transversal, que es una metodología de investigación que pretende ofrecer explicaciones en base a las características específicas y residuos de los pavimentos inflexibles puede reutilizarse para producir áridos reciclados, que luego pueden emplearse en el hormigón para la construcción de carreteras. Sin embargo, se ha confirmado que cuando la proporción de áridos reciclados supera el 10%, la resistencia del hormigón disminuye. La resistencia mecánica del hormigón, denominada  $f'c$ , era inicialmente de 210 kg/cm<sup>2</sup>, donde tiene una composición por un 70% de árido grueso natural y un 30% de árido grueso reusado. Sin embargo, después de incluir el material reciclado, la resistencia del hormigón disminuyó a  $f'c = 205$



kg/cm<sup>2</sup>, lo que indica una reducción del 5%. Aunque este descenso es controlable, demuestra la viabilidad del reciclado de los áridos.

## **2.2 Marco teórico**

### **2.2.1 Pavimento**

La estructura se compone de capas apiladas unas sobre otras, con espesores variables debido a elecciones de diseño intencionadas. Los niveles se colocan encima de una subrasante de modelo, que es una superficie creada mediante movimientos de tierras, ya sea cortando o rellenando, y necesitan soportar las presiones causadas por el movimiento de vehículos durante la duración prevista de su diseño.

### **2.2.2 Tipos de pavimentos.**

Existen principalmente dos categorías de pavimentos:

- Inflexibles.
- Adaptables.

### **2.2.3 Pavimento rígido.**

Se refiere a una clase de superficie de carretera que se construye utilizando materiales rígidos, como el hormigón o el hormigón armado.

Los pavimentos rígidos consisten en losas de hormigón hidráulico, que pueden estar reforzadas con acero. Poseen un coste de entradas más alto que los pavimentos flexibles y pueden durar entre 40 y 20 años. La rehabilitación es mínima y suele limitarse a las juntas de las losas.

### **2.2.4 Pavimentos flexibles**

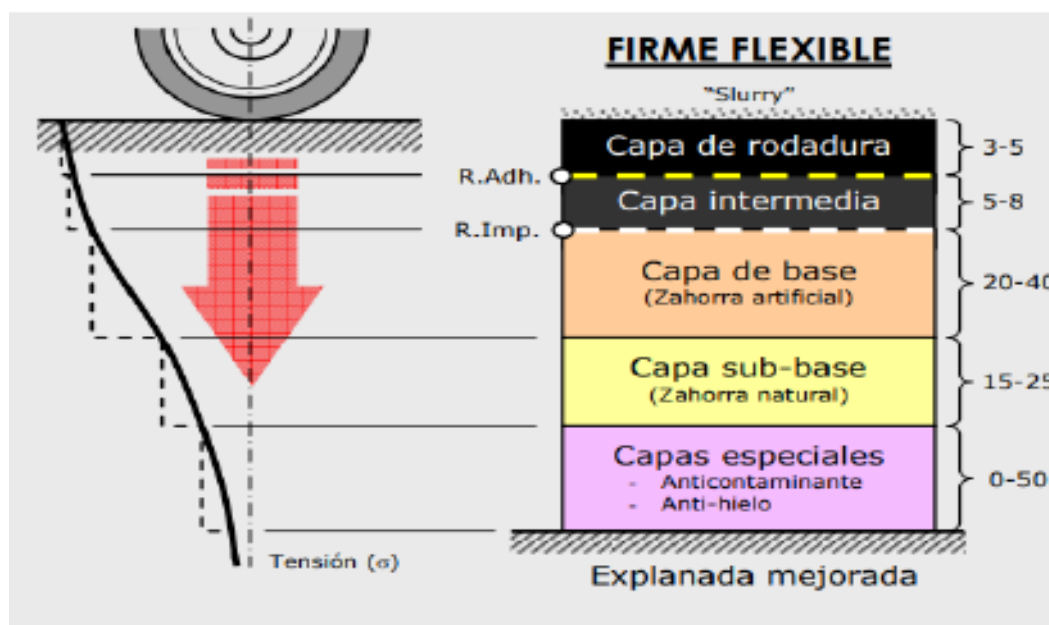
Los pavimentos que están diseñados para ser lo suficientemente flexibles y duraderos como para soportar el peso y el movimiento de los vehículos se denominan pavimentos flexibles.

Hay muchas capas que componen los pavimentos flexibles. Estas capas incluyen la subbase, la base y la superficie de la banda de rodadura. El nivel de rodadura se compone

de áridos mezclados con materiales bituminosos, como el ligante asfáltico. La rigidez de estas capas es relativamente similar, sin diferencias significativas (menos de 20 veces). Esta similitud permite que el pavimento sea flexible y se deforme conjuntamente cuando está sometido a cargas. Su vida de servicio ronda entre 15 y 10 años, y aunque tienen un coste inicial relativamente bajo, los gastos de mantenimiento son elevados para garantizar su longevidad.

**Figura 1**

*estructura del pavimento flexible*



### 2.2.5 Pros y contras de un pavimento flexible.

#### Ventajas

- ✓ El bajo coste inicial del sistema permite una fácil financiación.
- ✓ Las actividades de construcción y mantenimiento se realizan con mayor eficacia y rapidez.
- ✓ La ausencia de juntas en el sistema redonda en un funcionamiento más suave de los vehículos de motor.
- ✓ Los pavimentos existentes pueden reutilizarse como base cuando se aplica una nueva capa superficial. (RODRIGUEZ, C. 2004).

### **Desventajas**

- ✓ Se acumulan mayores gastos de mantenimiento.
- ✓ Durante la estación invernal se producen daños importantes y el gasto en operaciones de rehabilitación es mayor. (RODRIGUEZ, C. 2004).

#### **2.2.5.1 Subrasante**

La subrasante se refiere al suelo natural o material rocoso que se prepara y compacta para proporcionar una base estable para la construcción o el pavimento.

La subrasante se refiere a la elevación lograda a través de movimientos de tierra, que involucran excavación y/o relleno, que sirve como cimiento para toda la construcción del pavimento.

La subrasante es el nivel que más influencia en la construcción del pavimento, ya que determina el estándar del diseño del mismo, junto con las calidades del tráfico y de los áridos. Para garantizar deformaciones o asentamientos mínimos, la subrasante debe tener una capacidad portante superior al 6%. Las subrasantes con una capacidad portante inferior a este umbral deben estabilizarse utilizando un enfoque técnico rentable.

#### **2.2.5.2 Subbase granular**

Una subbase se compone de materiales granulares de calidad inferior en semejanza con una base granular. Carece de la capacidad de soportar cargas de tráfico directas y sirve principalmente a un propósito económico al reducir el espesor de las capas situadas por encima de ella.

La misión primaria de esta capa es servir de barrera, impidiendo la entrada de pequeñas partículas de la subrasante a la base. Además, ayuda a minimizar las deformaciones causadas por la expansión de la subrasante debido a factores como la filtración de agua o los cambios de temperatura. Esta capa también facilita el drenaje del líquido que permea por las capas asfálticas y evita la subida capilar en la subrasante.

### **Funciones primarias de la subbase:**

- ✓ Es esencial transferir eficazmente las tensiones a la capa del subsuelo y proporcionar una barrera entre la base y los componentes del subsuelo para evitar la contaminación y la mezcla.
- ✓ El objetivo es minimizar el efecto adverso sobre el firme que se deriva de las fluctuaciones de volumen y rebote elástico del suelo de cimentación o del elemento de terraplén.
- ✓ Es posible reducir el coste del pavimento utilizando materiales menos costosos para la capa que se encuentra debajo de la base. Esto se debe a que la capa situada debajo de la base está sometida a menos presiones y no necesita requisitos tan estrictos como la base.

#### **2.2.5.3 Base granular**

Es el nivel en cuestión que sirve como principal componente portante del pavimento flexible. Casi la mayoría de las cargas provocadas por el tráfico son absorbidas por este componente, donde puede estar compuesta de materiales granulares en su forma original, o puede estar estabilizada mediante un ligante o mezclas bituminosas.

La función económica del ligante asfáltico es similar, ya que ayuda a reducir espesores y a crear un material más confortable.

#### **Las principales funciones de la base:**

- ✓ Aguantar eficazmente los pesos ejercidos por los vehículos que pasan por el ligante y transferir las tensiones a la subrasante a través de la subbase, evitando al mismo tiempo cualquier deformación perjudicial en el pavimento.
- ✓ Facilitar el drenaje del agua que penetra a través de las grietas o los arcenes del pavimento, evitando así el ascenso capilar. (DELGADO, V. 2002).

#### 2.2.5.4 Carpeta asfáltica

Denominada capa de rodadura, está inmediatamente expuesta a los elementos y entra en contacto directo con los neumáticos de los vehículos. Por consiguiente, ser capaz de satisfacer los criterios siguientes:

- ✓ **Resistente:** Esto se debe a que los neumáticos experimentan presiones verticales y pueden aspirar esfuerzos tangenciales inducidos por el frenado del vehículo.
- ✓ **Impermeable:** Ser capaz inhibir eficazmente la infiltración de agua en los niveles subyacentes.
- ✓ **Antideslizante:** Ser capaz de ofrecer una tracción suficiente entre la llanta y el área de contacto, tanto en sentido longitudinal como transversal, para confirmar la seguridad vial.

#### 2.2.6 Estudio de mecánica de suelos para pavimentos

El análisis y la investigación de la superficie son cruciales para estudiar las propiedades de la superficie, que luego se utilizan en el modelo del pavimento. Para obtener resultados exactos y cumplir los requisitos de precisión, es fundamental que las muestras recogidas para este estudio sean representativas. De lo contrario, el diseño sería inadecuado.

#### 2.2.7 Métodos de exploración de campo

Llevar a cabo un esquema viario porque, es imprescindible llevar a cabo una exploración exhaustiva del emplazamiento como parte del programa de investigación geotécnica, que abarca los campos de la geología y la mecánica del suelo. El alcance de la exploración requerida vendrá determinado por la naturaleza y la escala del esquema. El desarrollo de las etapas de un proceso de exploración realizado en campo es:

- ✓ **Trabajos antesalares en gabinete:** Implica la recopilación de información en la ubicación del proyecto, incluidas imágenes espaciales, georreferencias, cartas nacionales e investigaciones anteriores.

- ✓ **Exploración del lugar y muestreo:** Implican el uso de técnicas de perforación manual o mecánica para crear un perfil estratigráfico de las capas del suelo y el estado del subsuelo. Esto permite la identificación del subsuelo y la realización de ensayos in situ. Además, las muestras pueden recogerse en su estado original o después de haber sido alteradas para realizar pruebas de laboratorio.
- ✓ **Ensayos de laboratorio:** Se realizan tanto en los especímenes modificados como en las no modificadas que se han recogido de las perforaciones. La clasificación del suelo implica la realización de pruebas estándar para evaluar sus cualidades físicas y mecánicas.
- ✓ **Ensayos In situ:** Se lleva a cabo la exploración del terreno. Estas pruebas pueden realizarse tanto antes como también en el momento de la ejecución de la construcción. Modelos de esta clase de ensayos son los controles de compactación sobre el terreno y las pruebas de deflectometría en pavimentos.
- ✓ **Reporte de resultados:** El informe proporciona una relación completa del procedimiento de exploración, incluidos los datos adquiridos tanto de las pruebas in situ como de laboratorio, así como interpretaciones e imágenes.

### 2.2.8 Excavaciones a cielo abierto (*calicatas*)

Los pozos de sondeo son adecuados para diversos tipos de suelo, pero la perforación se ve dificultada por la presencia del nivel freático. No obstante, este método ofrece la ventaja de ser operado manualmente y permite la identificación visual de los estratos. Los especímenes pueden recogerse del fondo o de los costados de la fosa.

La distancia entre los puntos suele oscilar entre 250 m y 2.000 m, con excepciones ocasionales por cambios en la topografía o malas condiciones del suelo. En las zonas donde se construirán terraplenes de más de 5 m de H, la profundidad límite se fija en 1,50 m por



debajo del nivel del subsuelo del esquema. La cantidad de calicatas necesarias variará en función de la clase de carretera.

### **2.2.9 Elemento de cantera para capas granulares de pavimentos**

Para construir un pavimento es necesario contar con una capa base y una subbase granular. Ambos componentes son muy importantes. No solo son responsables de distribuir y dispersar el peso del tráfico hacia la subrasante que se encuentra debajo, sino que también son responsables de hacerlo de manera proporcional junto con la capa de asfalto. Por lo tanto, es necesario construirlas utilizando elemento granular que sea capaz de cumplir las normas mínimas especificadas en las presentes normas.

### **2.2.10 Organización de suelos**

La distribución de los suelos se determina principalmente analizando sus cualidades y características únicas. La clasificación de suelos abarca varios sistemas, cada uno de ellos adaptado para servir a objetivos específicos. (Santa Cruz Marín, 2019).

La AASHTO, que es una organización de gran prestigio, es responsable de la creación y el mantenimiento de los dos sistemas de categorización más utilizados dentro de los límites del Perú. La base del sistema SUCS, que es bien conocido por tener una amplia gama de aplicaciones en el área de estudios de suelos, es el empleo de signos distintivos para representar los diferentes tipos de suelo. (Velásquez Pereyra, 2018).

Los dos esquemas organizativos principales que se utilizan en el Perú son el Sistema Estatal de Carreteras y Transporte (SUCS) y el esquema que fue diseñado y actualmente mantiene la distinguida Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO). El enfoque SUCS, ampliamente reconocido por su importante utilidad en los estudios de suelos, se fundamenta en el uso de indicadores únicos que sirven como representaciones de los distintos tipos de suelos.



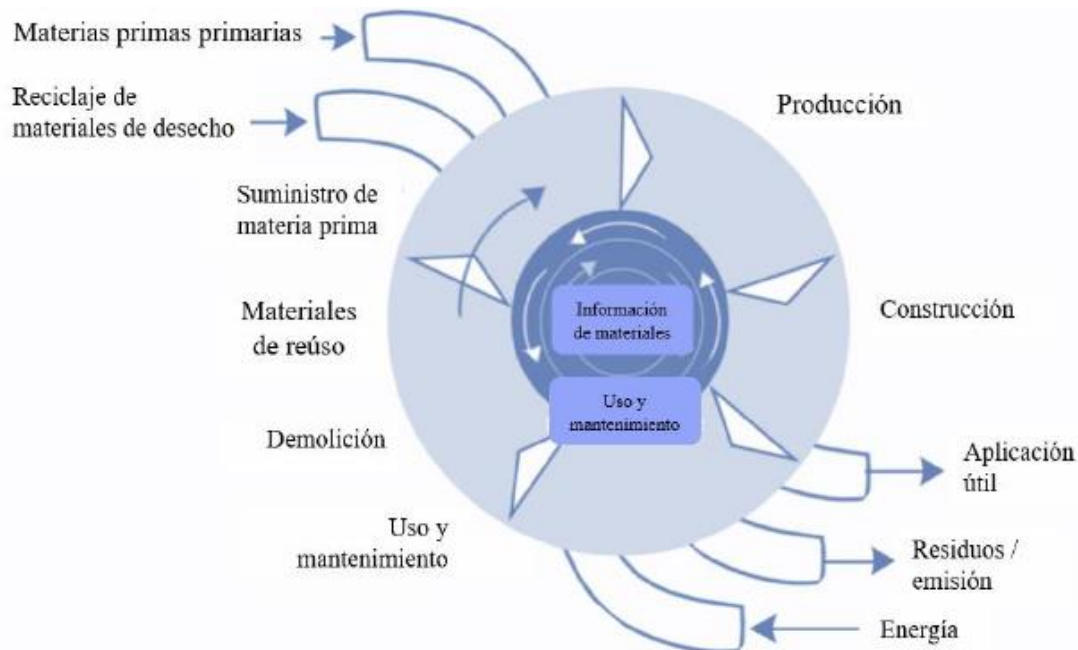
Este método sirve de base para la clasificación del suelo de acuerdo con el esquema A.A.S.H.T.O., que fue presentado por primera vez por la Administración federal de Carreteras.

Fue en 1929 cuando la Administración de Carreteras de Estados Unidos estableció originalmente el sistema de categorización de suelos y, desde entonces, ha acaparado una amplia atención. La clasificación de los suelos en siete categorías primarias es la base de este método de larga tradición. La amplia tabla que sigue proporciona una descripción detallada y cuidadosa de estas clasificaciones, así como información esencial sobre las numerosas características y atributos que se asocian a cada categoría de superficie. Debido al hecho de que permite consolidar e investigar la composición, el rendimiento y la idoneidad de las superficies para una amplia variedad de propósitos y estructuras, el esquema A.A.S.S.H.T.O. sigue siendo un instrumento del suelo. 2018, según Velásquez Pereyra

### ***2.2.11 Reciclado de pavimentos asfáltico***

El reciclado se refiere al proceso de reutilización de los pavimentos que alcanzaron al culmino de su vida servible o han cumplido su finalidad prevista. Los materiales extraídos de estos pavimentos pueden utilizarse para reforzar la misma carretera o como capa en otro pavimento.

En la década de 1970 se inició el proceso de reciclado de RAP. Como consecuencia de ello, el reciclado de componentes ha ganado mucha popularidad, ya que los áridos se consideran un recurso limitado. El siguiente gráfico ilustra el patrón inherente al mercado del reciclado con conciencia ecológica. Se adapta a una amplia variedad de aplicaciones y estructuras. 2018, según Velásquez Pereyra

**Figura 2***Ciclo del mercado sostenible del reciclado*

### 2.2.12 Reciclado Asfáltico De Pavimento (Rap).

El RAP, acrónimo de recycled asphalt pavement (pavimento asfáltico reciclado), se describe como el componente que se recupera de un pavimento flexible que ha cumplido su función, pero que conserva características que lo hacen apropiado para su reutilización en edificios de nueva construcción o en rehabilitación. Al incorporarlo a las mezclas asfálticas, es posible reducir la cantidad de material fresco que se utiliza, lo que a su vez supone un ahorro de costes y contribuye simultáneamente a la preservación del medio ambiente.

Basándose en las necesidades del proyecto, la norma MTC-EG (2013) estipula que se calculará la superficie y el espesor del material escarificado. Esto se menciona en las reglas de carretera de la norma. Debido a que los diluyentes tienen la capacidad de arruinar la gradación de los insumos, así como las características del contenido asfáltico ya generado, es necesario que este procedimiento se realice a temperatura ambiente y sin el uso de otras sustancias. El elemento obtenido por escarificación será transportado y

almacenado en los lugares designados según las instrucciones del supervisor, y los encargados serán considerados responsables de la gestión de este material.

Existen varios tipos de reciclado para el pavimento asfáltico regenerado (RAP), entre los que se incluyen los siguientes.

#### **2.2.12.1 Tipos de reciclado RAP**

Según la Asociación de Reciclaje y Recuperación de Asfalto (ARRA), el reciclaje de pavimento se puede realizar de cuatro formas distintas. Sin embargo, para el propósito de esta investigación específica, nos concentraremos en el reciclaje en frío, que se refiere al reciclaje que se realiza a temperaturas iguales o inferiores a la temperatura ambiente.

#### **2.2.12.2 Cualidades del RAP**

El pavimento asfáltico recuperado, también conocido como RAP, se produce raspando la capa asfáltica de un pavimento. Este procedimiento da lugar a la acumulación de áridos de calidad superior y cemento asfáltico envejecido. Para determinar la idoneidad del material reciclado, se llevarán a cabo diversos ensayos a analizar sus cualidades físico-mecánicas. Estas pruebas aportarán para el análisis de las cualidades del RAP y a normar los estándares primarios en relación de los datos obtenidos. Si nos atenemos a las normas de diseño de bases granulares establecidas por organizaciones internacionales como ASTM y AASHTO, podremos garantizar un mejor control de la calidad de nuestra base granular.

#### **2.2.13 Dimensión, Granulometría Del Reciclado Asfáltico De Pavimento (Rap)**

La granulometría del elemento reusado debe coincidir con la de un elemento frecuentemente usado para el control suelo-cemento.

El objetivo principal de realizar un estudio granulométrico del RAP es determinar si aún posee una clasificación granulométrica óptima. Si la granulometría se considera inaceptable, se implementarán las acciones apropiadas, tales como la introducción de un nuevo material específicamente elegido para alinearse con la granulometría deseada. Además, es importante señalar que el proceso de reciclado produce diversas granulometrías

del material reciclado. Éstas incluyen moléculas pequeñas y grandes, que varían en función de la clase de máquina de reciclado empleada. Ocasionalmente, también se adquieren fragmentos de ligante asfáltico. Los agregados compuestos formados a partir de estos trozos de tamaño medio pueden influir en el tamaño la categorización.

**Tabla 2**

*Granulométrica para RAP según clasificación*

Suelo por estabilizar	Perdida máxima (%)
A-1, A-2-4, A-2-3, A3	14
A-2-6, A-2-7, A-4, A5	10
A-6, A-7	7

*Nota.* Manual de Carreteras MTC-EG (2013).

#### **2.2.14 Técnicas de reciclado**

El reciclaje del pavimento se puede llevar a cabo mediante una variedad de métodos, y la selección de uno o más de estos métodos depende del estado actual de la carretera. El gráfico que sigue proporciona una ilustración de la conexión que existe entre las tácticas mencionadas anteriormente y el estado del entorno de la carretera. El reciclaje in situ en caliente, a menudo conocido como HIR, es la técnica que se utiliza para solucionar pequeñas imperfecciones de la superficie. En circunstancias en las que la carretera requiere reparaciones importantes que no se deben principalmente a cargas de tráfico pesadas, el reciclaje in situ en frío, también conocido como CIR, se considera más apropiado. El reciclado en profundidad (FDR) se emplea en situaciones en las que la carretera necesita ser ampliada o ha experimentado fallos completos.

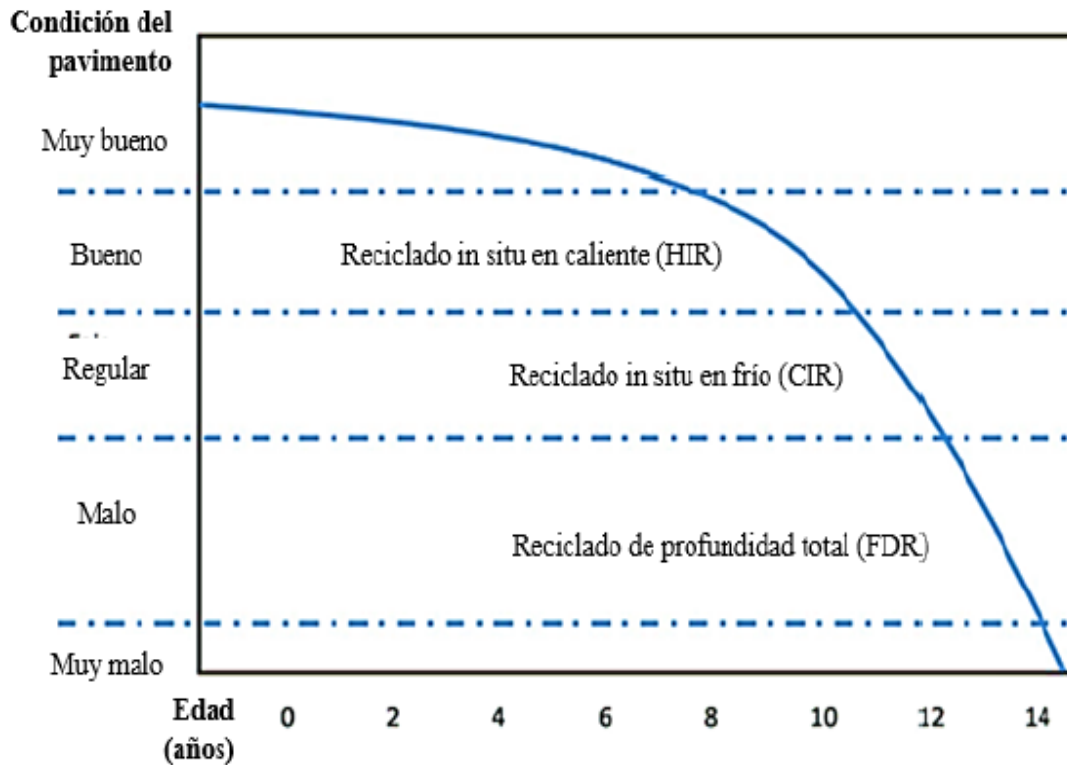
#### **2.2.15 Pavimento asfáltico recuperado (RAP)**

Los materiales de pavimento de hormigón asfáltico que se trituran y se recuperan de los sistemas de pavimento flexible durante el proceso de reparación o mantenimiento se denominan "pavimento asfáltico recuperado" (RAP). Esta palabra se utiliza para describir los materiales. La composición de este material se compone mayoritariamente de áridos,

comprendiendo alrededor del 90% al 95% del contenido total. El 5% a 10% restante es asfalto, que sirve de aglutinante para mantener unidos los áridos. Los áridos que se encuentran en el RAP son de alta calidad y están debidamente clasificados.

**Figura 3**

*Condición del pavimento a lo largo de los años con referencia al tipo de reciclado*



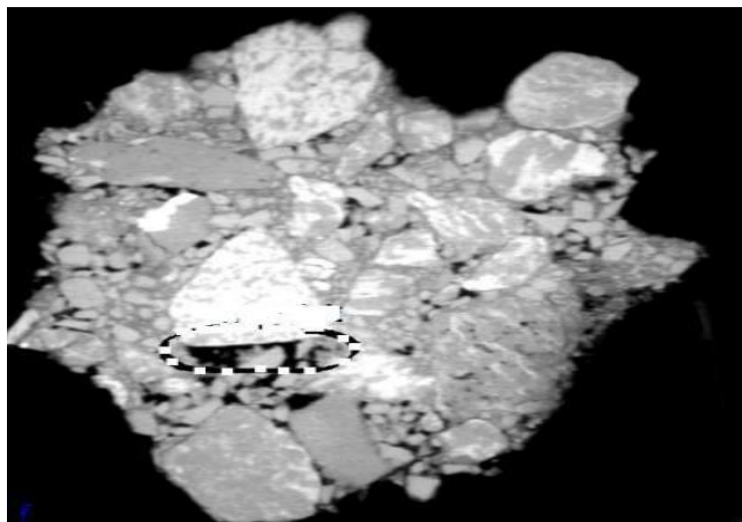
### 2.2.16 Evaluación del RAP

El RAP es una sustancia obtenida a partir de la extracción y trituración de pavimentos asfálticos degradados. Para garantizar su reutilización, es crucial comprender los atributos de sus constituyentes, ya que esto permite determinar las condiciones limitantes de los elementos de RAP y la eficacia de las combinaciones de asfalto reciclado.

La composición del RAP muestra una distribución desorganizada del árido grueso, mayores vacíos entre el árido grueso y el fino, una concentración variable del contenido de asfalto y un aumento del contenido de asfalto con partículas de RAP más pequeñas.

**Figura 4**

*RAP observado a través de un microscopio*



La inclusión de asfalto es un elemento crucial en los elementos RAP, esto los diferencia de los áridos frescos y emplea un rol crucial en la evaluación del rendimiento del RAP.

**2.2.17 Ensayos de Laboratorio**

Los especímenes de suelo recogidos in situ se analizan en el laboratorio mediante procedimientos para determinar sus características a efectos de pavimentación.

**2.2.17.1 Ensayos para Organización de suelos**

Las muestras se someten a un análisis granulométrico mediante el proceso de tamizado y determinación de las limitaciones de consistencia. Los datos obtenidos deben confirmar la identificación ocular hecha in situ.

**A. Ensayo de contenido de humedad**

Se puede obtener información importante sobre el contenido de humedad de la superficie mediante el uso de la prueba de contenido de humedad. Además de recopilarse en su patrón original, esta información también se obtiene después de que se hayan realizado los cambios. Durante este experimento, se determina el peso inicial de la muestra y, a continuación, se seca en un horno que se mantiene a una temperatura de aproximadamente 110 grados



Celsius. Una vez que la muestra se ha secado, se determina su peso para proporcionar una estimación de su contenido de humedad de un tiempo de 24 horas.

#### **B. Evaluación granulométrica:**

Esta forma operativa describe el procedimiento para calcular las proporciones de suciedad que pasa a través de los diferentes filtros de la serie de pruebas, hasta un tamaño de 74 mm (n.º 200). La norma E 107 del Manual de Pruebas y Elementos del MTC contiene el protocolo que prescribe el procedimiento a seguir.

#### **C. Límites de consistencia o límites de Atterberg.**

Se utilizan para evaluar el grado en que una superficie reacciona a los cambios en la cantidad de humedad presente. Estos límites clasifican la superficie en tres fases distintas de consistencia: líquida, plástica y sólida. Los límites de Atterberg son las propiedades que miden la cohesión de la superficie son los siguientes: (LL), que se determina mediante la prueba MTC E 110; (LP), que se determina mediante la prueba MTC E 111; y (LC), que se determina mediante la prueba MTC E 112.

- ✓ El (LL) es el punto en el que la superficie pasa de una condición semilíquida a una plástica, esto deja darle forma y moldearlo.
- ✓ El límite plástico (PL) se refiere al punto en el que el suelo transita de una condición plástica a un estado semisólido y se quiebra.

El LC es el punto en el que la superficie deja de contraerse a medida que pierde humedad. Este es el punto en el que la superficie deja de contraerse.

El IP, que se identifica por la diferencia entre LL y LP, es otra característica esencial que debe tenerse en cuenta. Para determinar este índice se utiliza el ensayo MTC E 111.



El índice de plasticidad (IP) es una medida que indica en qué medida el contenido de humedad del suelo afecta a su consistencia, en particular a su plasticidad. Este es el aspecto más importante del índice de plasticidad. Este instrumento resulta de gran utilidad para clasificar con precisión los distintos tipos de suelo. Cuando el índice de plasticidad (IP) de un suelo es alto, indica que el suelo contiene una gran cantidad de arcilla. Por el contrario, cuando el IP es bajo, sugiere que el suelo contiene una baja cantidad de arcilla. En el contexto de esta investigación, el suelo puede clasificarse según su índice de plasticidad, que es el siguiente:

#### **D. Índice de plasticidad IP:**

La determinación de la plasticidad del suelo se puede realizar mediante el cálculo del índice de plasticidad (IP), que se produce restando el LL del LP:

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

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

#### **E. Equivalente de Arena**

Los resultados de la prueba MTC E 114 indican que la frase "suelo fino o agregado" se refiere a una combinación de polvo fino o de un elemento arcilloso posiblemente peligroso en una determinada proporción. Esta es la definición de la frase. La precisión de los datos obtenidos a partir de la prueba es menor, a pesar de que la prueba arroja resultados comparables a los obtenidos mediante la determinación de los máximos de Atterberg. El hecho de que sea a la vez muy eficiente y sencillo de llevar a cabo es una ventaja significativa.

## F. Abrasión Los Ángeles

Los áridos deben poseer la capacidad de soportar el deterioro permanente a lo largo del proceso de desarrollo, situado y compactado de los materiales de pavimentación, así como a lo largo de la vida útil del firme. La presión vertical ejercida sobre la superficie del pavimento por el neumático es aproximadamente uniforme y elevada, como resultado de las situaciones de tensión-deformación. El sistema del pavimento dispersa las tensiones de carga, que son más intensas en la superficie, a una intensidad menor en la subrasante. Por esta razón, es de suma importancia que los agregados que se encuentran en la superficie o cerca de ella, como los materiales base y aglutinantes, posean una mayor resistencia en comparación con los agregados que se utilizan en las capas inferiores de la subbase de la construcción de la carretera. Esto ocurre como resultado del hecho de que las capas superficiales están sujetas a los mayores grados de tensión y desgaste como resultado de las cargas del tráfico. Los agregados, por otro lado, pueden transmitir tensiones a través de los sitios de contacto que también tienen presiones considerables aplicadas sobre ellos. La cuantificación de la capacidad de los puntos de contacto de los agregados para soportar el desgaste y la abrasión se suele lograr mediante el uso de la prueba de abrasión de Los Ángeles, también conocida como ASTM C-131 o MTC E 207.

El peso final de la muestra que se va a probar primero se resta de su peso inicial y luego la diferencia entre los dos pesos se divide por el peso que se utilizó antes. Esto se hace para calcular el porcentaje de desgaste.

### Propiedades mecánicas del suelo

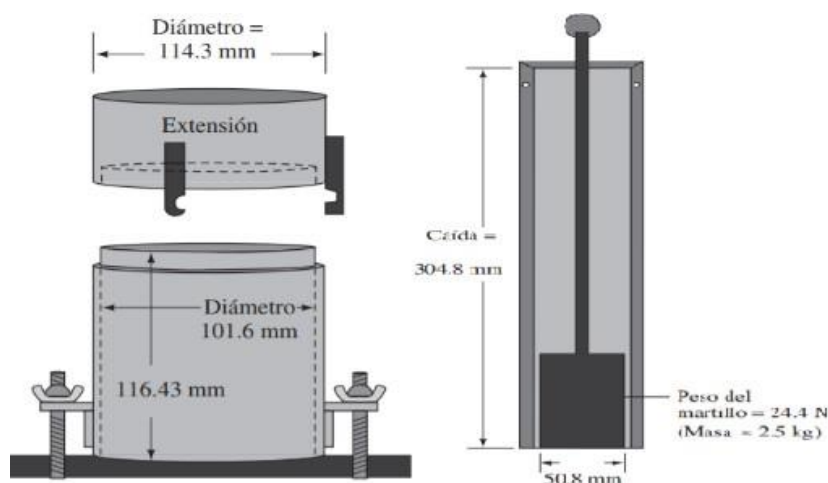
#### A) Ensayo de Proctor Modificado:

La consolidación del suelo es un problema importante que surge durante la construcción de carreteras, calles urbanas y pistas de aterrizaje. Estos tres tipos de construcción están estrechamente conectados entre sí. Utilizando

una versión modificada de la prueba de Proctor, la prueba de consolidación se utiliza para investigar el vínculo entre la densidad seca y la humedad de la superficie. Esto se logra examinando la relación entre las dos variables. Es posible producir una energía de compactación de 56.000 libras por pie cúbico dejando caer un martillo que pesa 4,54 kilogramos (10 libras) desde una altura de 457 milímetros (18 pulgadas). Esto es comparable a 2.700 kilonewtons por metro cúbico. La tierra obtenida del campo se comprime en un molde de dimensiones definidas, utilizando varios niveles de humedad. El suelo no se comprime adecuadamente cuando el contenido de humedad es bajo porque no hay suficiente lubricación para permitir la sedimentación de las partículas. Esto hace que el suelo no se comprima bien. Es debido a la presencia de agua entre las partículas que hay una caída en la densidad cuando el nivel de humedad del suelo es alto. Esto se debe a que la presencia de agua entre las partículas dificulta su capacidad de adherirse entre sí. Solo será posible alcanzar la máxima densidad seca (DMS).

**Figura 5**

*Instrumento de Proctor Modificado*



**B) Prueba de valor relativo de soporte CBR en laboratorio:**

Puede utilizar muestras comprimidas que hayan sido alteradas mediante la prueba Proctor modificada para realizar la prueba CBR, que analiza la capacidad de carga de la superficie y los materiales utilizados en las capas de pavimento granular. Si tiene estas muestras, puede utilizarlas para analizar la capacidad de carga de la superficie.

- El ensayo Proctor Modificado se emplea para alterar las cualidades de los materiales compactados. Este ensayo consta de tres componentes distintos:
- El uso de la prueba Proctor modificada es un método común para determinar la densidad y el contenido de humedad de una sustancia.
- La determinación de la expansión hace alusión al hinchamiento de una sustancia causado por la presencia de agua.
- La resistencia a la penetración se halla utilizando un material CBR.

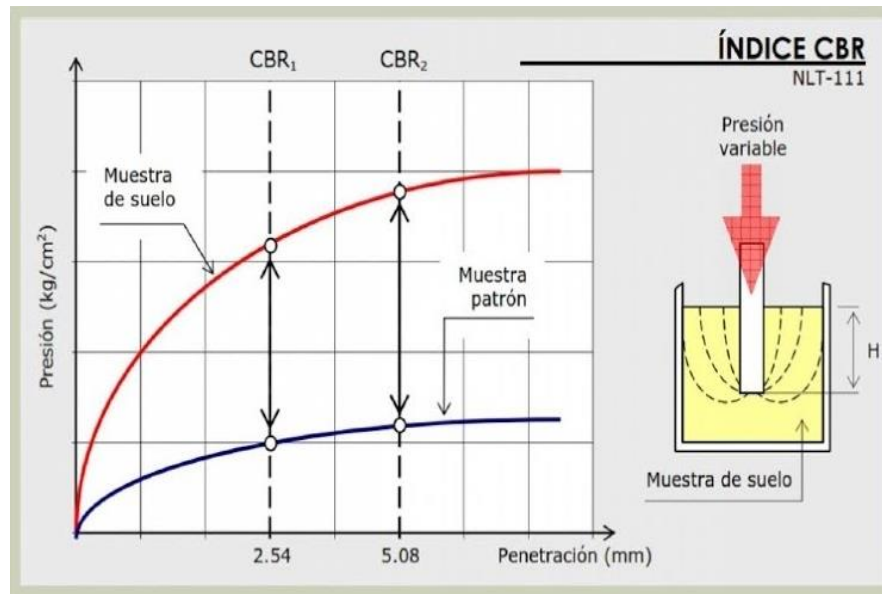
**Procedimiento para el cálculo del ensayo de CBR:**

- Se utilizan tres moldes para comprimir las muestras, con 56, 25 y 12 golpes por capa, en ese orden. La compresión continúa hasta que se alcanza el contenido de humedad ideal, que se confirma a través de la prueba Proctor modificada.
- Las manifestaciones van acompañadas de un recargo de diez litros, lo que equivale al peso de un pavimento flexible de dos pulgadas de ancho. Después de un periodo de cuatro días, el individuo queda en estado de remordimiento. Posteriormente se coloca un extensómetro y se recogen datos a intervalos de veinticuatro horas para determinar el alcance de la expansión.
- Una vez transcurrido un período de cuatro días, se realiza una prueba de penetración utilizando el equipo CBR a una velocidad de 0,05 pulgadas por minuto. Las siguientes profundidades de penetración se utilizan para registrar

la información de presión: 0,025, 0,050, 0,075, 0,100, 0,200, 0,300, 0,400 y 0,500 pulgadas.

**Figura 6**

*Curva humedad - densidad seca*



### 2.2.18 Concepto de Capacidad de Soporte de la Subrasante

Cuando hablamos de capacidad portante de la subrasante nos referimos a su capacidad para soportar las presiones verticales que imponen las cargas del tráfico. Tanto la flecha posterior de la superficie como la deformación de la propia superficie deben estar dentro del rango de valores permitidos. Para que el sistema del firme opere correctamente y cumpla los requisitos de modelo, debe tener una deflexión límite de 0,20 mm cuando se somete a los esfuerzos estáticos de un eje normado de 8,2 tn. La viga Benkelman puede utilizarse para comprobar la deflexión máxima causada por cargas estáticas. Esta medición indica que la deflexión máxima en el nivel de la subrasante oscilará entre 0,5 y 1 mm.

De acuerdo con los requisitos de los estados de los Estados Unidos, la relación de carga de California (CBR) de la subrasante no debe superar el 8 al 10 por ciento. Alternativamente, el suelo debe estabilizarse antes de implementar el sistema de pavimento. Esto debe hacerse antes de que se implemente el sistema de pavimento.



### 2.3 Marco conceptual

1. **AASHTO:** para la Asociación Estadounidense de Funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte, estas son las siglas que se utilizan en el idioma inglés.
2. **Agregados reciclados:** Áridos derivados del procesamiento de materiales de construcción que han sido reciclados, y que se organizan en relación de sus condiciones de uso designados.
3. **Asfalto:** Es un elemento de tonalidades oscuras que se genera a partir de betunes naturales o se produce mediante el refinado del petróleo.
4. **Base Granular:** Es una capa de pavimento que se puede utilizar para dar soporte a la estructura y está hecha de un material que se ha elegido cuidadosamente después de un análisis minucioso.
5. **Calicatas:** Es un término que se utiliza para describir las excavaciones que se realizan manualmente y al aire libre con el fin de explorar la estratigrafía del suelo en varias dimensiones diferentes.
6. **Carpeta asfáltica:** Se refiere a una capa que crea una superficie lisa y consistente para los vehículos, con una textura capaz de soportar el desgaste causado por el tráfico y los elementos.
7. **Compactación:** Se refiere al proceso de reducir los espacios vacíos en suelos, morteros y hormigón, ya sea manual o mecánicamente. Cuando se trata de suelos, la cantidad de consolidación se puede evaluar utilizando la versión convencional o modificada de la prueba Proctor.
8. **Curva granulométrica:** La representación granulométrica se representa visualmente mediante un gráfico que muestra la distribución de los distintos tamaños de agregados. Con el propósito de ilustrar las aberturas de los



tamices, el gráfico utiliza una escala logarítmica a lo largo del eje x, mientras que los porcentajes de agregados que pueden pasar a través de los tamices se muestran a lo largo del eje y.

9. **Material de cantera:** Se refiere a los materiales que poseen propiedades correctas para su uso en varios niveles de un pavimento. Estos materiales deben encontrarse cerca del proyecto y disponer de las dimensiones necesarias.
10. **Pavimento flexible:** Se refiere a un tipo de pavimento que consta en una capa de material bituminoso, a menudo soportado por una base y subbase.
11. **Pavimento asfáltico recuperado:** Este término se refiere a los componentes del pavimento de concreto asfáltico que se adquieren mediante el proceso de trituración mecánica y remoción de los mismos del sistema de pavimento asfáltico.
12. **Reciclar:** Consiste en utilizar eficazmente los residuos sólidos generados por la actividad del hombre y extraer una materia primaria que pueda incorporarse inmediatamente a la fabricación de un nuevo producto.
13. **Subbase:** Una capa que es un componente de un sistema de pavimento que se produce mediante un elemento cuidadosamente seleccionado y posicionado estratégicamente debajo de la base.
14. **Subrasante:** Se refiere al suelo preparado al nivel del movimiento de tierras (ya sea excavación o relleno) que está destinada a soportar las capas posteriores de pavimento.
15. **Agregado fino:** Según las Especificaciones Técnicas Generales (2013), el término "árido fino" se refiere a materiales que tienen un tamaño inferior a 4,76 milímetros y están compuestos en su mayoría por arena. Una parte importante del árido fino está constituido por arena.



- 16. Agregado grueso:** se refieren a las partículas de mayor tamaño de los elementos usados en la ejecución, como la grava o la piedra triturada. Los áridos gruesos se refieren a partículas de gran tamaño utilizadas en materiales de construcción y se componen principalmente de gravas.
- 17. Contenido de humedad:** Según el Manual de Ensayos de Materiales – MTC (2013), la frase “contenido de humedad” del suelo se refiere a la cantidad de agua que está presente en el suelo mientras se encuentra en su estado natural. Esta información se extrae del suelo.
- 18. Contenido óptimo de humedad:** La frase "contenido de humedad óptimo" se utiliza en el contexto de la prueba Proctor para referirse a la cantidad específica de agua que debe estar presente para lograr la mayor densidad seca posible de un suelo. El Manual - MTC (2013) sirve como base para esta definición. Consulte una fuente confiable para obtener la definición de este.
- 19. CBR:** Cuando hablamos de la relación entre la fuerza necesaria para que un pistón penetre en el terreno hasta una determinada dimensión y la fuerza necesaria para alcanzar la misma dimensión en una muestra típica de grava triturada, nos referimos a la diferencia entre ambas. Es una comparación de las dos fuerzas, por decirlo de otra manera. En términos de porcentajes, esta relación puede demostrarse. (Bañón y Beviá García, 2000) proporcionan una definición del CBR que se puede encontrar en las páginas 15/17 y 15/18.
- 20. Densidad:** Se llama densidad y es una medida que determina la relación entre la masa y el volumen de una sustancia.
- 21. Índice de plasticidad:** El índice de plasticidad de una superficie se define como la diferencia numérica entre su LL y su LP. Esta diferencia se utiliza luego para determinar la plasticidad de la superficie.



- 22. Límite líquido:** Según el Manual de Ensayos de Materiales (MTC, 2013), la LL de un suelo se define como el punto en el que pasa de un estado líquido a un estado plástico. Este es el punto en el que el suelo se vuelve plástico por primera vez. La LL de un suelo se define como el punto en el que pasa de un estado líquido a un estado plástico. Esta definición se basa en el hecho de que la LL de un suelo se define durante esta transición.
- 23. Límite plástico:** De un suelo es el punto específico en el que el suelo hace la transición de su estado plástico a su forma semisólida, según el Manual of Materials Testing - (MTC, 2013).



## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Diseño de la investigación

##### 3.1.1 Nivel de investigación

Debido a que el objetivo de este proyecto es investigar la conexión que existe entre la variable independiente (residuos asfálticos) y la variable dependiente (características mecánicas de la cimentación granular), el enfoque de investigación que se utilizó en este proyecto fue correlacional.

##### 3.1.2 Tipo de investigación

La investigación que se está llevando a cabo puede clasificarse como investigación aplicada, pues su meta es identificar y abordar una situación específica, en lugar de tratar de generar información de importancia universal.

##### 3.1.3 Método de investigación

Se usará la técnica científica, que abarca la visualización, la identificación del problema, la formulación de hipótesis, la generación de predicciones, la experimentación y la evaluación de los datos obtenidos. Por lo tanto, la adhesión a los métodos y principios prescritos de la metodología científica nos permitirá descubrir la solución al proyecto de investigación y adquirir nuevos conocimientos y desenvolvimiento de las muestras investigadas.

### **3.1.4 Enfoque de investigación**

Debido a que la información recopilada durante las pruebas se utilizará con fines de verificación, el proyecto de estudio adopta un enfoque cuantitativo.

## **3.2 Población y muestra**

### **3.2.1 Población**

Se trata de suelos granulares de menor tamaño que fueron adquiridos de la cantera de Taparachi, los cuales fueron combinados con arena recuperada de la cantera de Unocolla y fueron utilizados en la construcción de pavimentos en la ciudad de Juliaca.

### **3.2.2 Muestra**

Este material está compuesto por agregados procesados que fueron extraídos de las canteras de Unocolla, así como por suelos granulares que fueron obtenidos de la cantera de Taparachi. En cuanto al tipo de pruebas que se van a realizar, el rango de muestras es completamente ilimitado.

## **3.3 Ámbito de estudio**

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

#### **✓ Cantera Taparachi:**

Ubicación: El lugar se encuentra en el sector de Taparachi del distrito de Juliaca, el cual se encuentra dentro de la provincia de San Román en la región Puno.

Propiedad: Municipalidad provincial de San Román-Juliaca.

Potencia: Se estima un volumen aproximado de 2,000,000.00 metros cúbicos, el cual fue determinado utilizando fotografías aéreas y el software Civil 3D.

Origen: Separación Química.

Tipo: Cantera de suelo residual.

Muestra: Las muestras se recogieron utilizando un tamiz de 2 pulgadas.

**Figura 7**

*visualización de la cantera taparachi*



✓ **Cantera Unocolla:**

La ubicación del yacimiento se encuentra a ocho kilómetros de la ciudad de Juliaca y se puede acceder a él fácilmente haciendo uso de la carretera que va de Juliaca a Lampa. El aprovechamiento de los áridos que se encuentran en las riberas del río se puede realizar de dos formas diferentes: ya sea mediante el uso de mano de obra o con la ayuda de máquinas.

**Figura 8**

*Ubicación de la cantera unocolla*



### 3.3.2 Descripción del área de estudio

Los materiales granulares y arenas aluviales adquiridos de las canteras investigadas fueron sometidos a una serie de exámenes en el laboratorio de mecánica de superficies de la UANCV, ubicado en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román. Adicionalmente, sus

respectivas mezclas también fueron sometidas a dichas investigaciones. Durante el transcurso de estas pruebas, la capacidad de carga de los componentes fue uno de los elementos que se analizó.

Existe un laboratorio de mecánica de suelos que se encuentra dentro del ámbito de esta entidad específica, y el Instituto Nacional de la Calidad (INACAL) ha tenido conocimiento de su existencia. Además, esta organización cuenta con aparatos que han sido meticulosamente calibrados y otorga una amplia gama de certificados después de la realización de cada prueba.

### Figura 9

*Laboratorio de suelos UANCV*



#### 3.3.3 Muestro y preparación de muestras para ensayar

Mediante el uso de un porcentaje específico de cal proveniente de la cantera de Taparachi, ubicada cerca de Juliaca, se logró enriquecer la muestra. Además, se mezclaron materiales granulares adquiridos de la misma cantera con arena extraída de la cantera de Unocolla.

### 3.3.4 Pruebas de las cualidades mecánicas y físicas de la base granular controlada

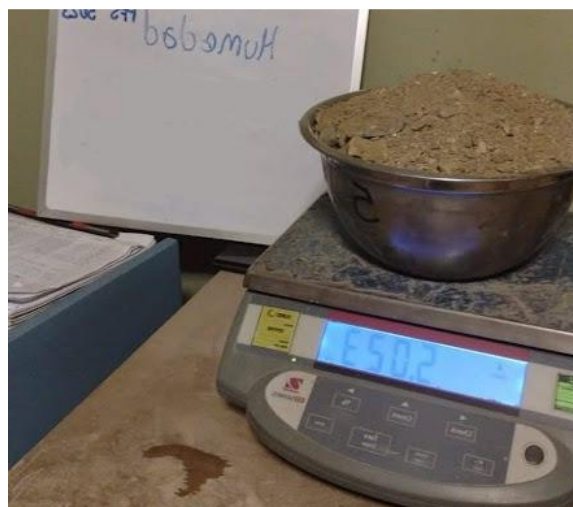
Para conocer las características mecánicas y físicas de la base granular controlada en cada una de las cuatro distribuciones de las dosis distintas que se han fabricado, donde se realizaran las pruebas y ensayos de la Norma Técnica Peruana.

#### a) Prueba de contenido de humedad

El espécimen, para este caso donde la sustancia húmeda bruta, se mide en peso para obtener el  $W_w$ , que asciende a 5,275 gramos, excluida la tara. Posteriormente, el espécimen se somete a un periodo de calentamiento de 24 horas en el horno, tras el cual se extrae para determinar su peso seco ( $W_s$ ).

#### Figura 10

*Prueba de humedad*



#### b) Ensayo de evaluación granulométrica por tamizado

Se divide un espécimen representativo de suelo a través del método de despique, se pesa y se somete a un lapso de secado de 24 horas en estufa. Posteriormente, se procede a filtrar la tierra utilizando una malla de 200 y, a continuación, se somete a un periodo de 24 horas de secado en estufa. Inmediatamente después de transcurrido el tiempo especificado, se saca la muestra del horno y se deja enfriar antes de pesarla. Una vez que la muestra se ha limpiado y secado en el horno, esta técnica dará como resultado el peso de la muestra

que se está midiendo. Por último, pero no por ello menos importante, se tamiza la muestra que todavía está en cada tamiz y luego se determina su peso.

### Figura 11

*Ensayo de granulometría*



#### c) Límite líquido

Tras la recogida de una muestra seca de peso comprendido entre 150 y 200 gramos, se pasa por un tamiz de boca del N° 40. Una vez tamizada la muestra, se pasa a un recipiente y, con ayuda de una espátula, se mezcla con cierta cantidad de agua destilada hasta conseguir una mezcla homogénea. A continuación, se coloca esta mezcla en el centro del vaso Casagrande y se nivela la superficie. Mediante la ranura, la mezcla se detiene en el centro del vaso, dividiendo así la muestra de suelo en dos partes. A continuación, se suministran los golpes necesarios para sellar la ranura creada por la herramienta de ranurado. Una vez finalizado el procedimiento de sellado de ranuras, se toma una muestra del centro de la copa de Casagrande. Una vez finalizado el proceso, se registra el recuento de impactos. A continuación, la muestra se coloca dentro del horno para determinar la cantidad de humedad presente en la muestra. Para garantizar que haya un total de cuatro conjuntos de datos diferentes, la operación se repite con tres muestras más antes de completarse.

**Figura 12***Prueba de limite liquido***d) Límite plástico**

Una parte de la muestra que se ha preparado para la prueba LL, que pesa veinte gramos, tiene que ser amasada hasta que el contenido de humedad disminuya al punto en que sea capaz de formar cilindros con los dedos sobre una superficie que sea lisa. Después de tomar una cantidad del material que pesa entre 1,5 y 2 gramos, se le da forma cilíndrica con un tamaño constante de 3,2 milímetros. Este proceso continúa hasta que el cilindro se rompe o se desintegra por completo. Para determinar la cantidad de humedad presente, es necesario colocar los cilindros en el horno. Utilizando una muestra adicional, que debe tener una masa mínima de 6 gramos, esta técnica se repite con la muestra adicional. Se fabrican de tres a cuatro cilindros para cada muestra individual.

**Figura 13***Ensayo de limite plástico*

### e) Índice de plasticidad

Para obtener el índice de plasticidad, primero se debe reducir el límite plástico del límite líquido utilizando la fórmula que se muestra en la literatura.

### f) Ensayo de equivalente de arena

Objetivo: La motivación de este ensayo es la posible existencia de partículas arcillosas en la arena, que pueden tener efectos adversos tanto en la resistencia como en la durabilidad del hormigón. Proporciona una medida exhaustiva de la distribución y propiedades de los finos (como arcillas, contaminantes, etc.) presentes en una superficie granular o árido fino.

El porcentaje refleja la cantidad de arena incluida en nuestro árido. Un porcentaje mayor corresponde a una mayor cantidad de arena y un menor número de partículas

- Los componentes arenosos son no floculables y se sedimentan.
- Los finos no arenosos se agregan y permanecen dispersos en la solución.

Si la arena procede de la trituración de rocas calizas o dolomíticas, que son rocas sedimentarias carbonosas que tienen al menos un 70% de calcita, dolomita o ambas, puede considerarse aceptable si cumple los requisitos de la prueba del azul de metileno.

### Figura 14

*Ensayo de equivalente de arena*



### g) Prueba de abrasión de los ángeles.

Para realizar esta prueba, la muestra y las esferas de acero se colocan en el interior de la máquina angular, que gira a una velocidad media de unas 30 a 33 revoluciones por

minuto. Es necesario realizar un total de 500 giros para aprobar el examen. Para mantener un ritmo constante, es necesario garantizar que la máquina gire por igual. Una vez que la máquina ha alcanzado la cantidad de revoluciones especificado, se extrae el elemento del cilindro y se separa utilizando un tamiz del n° 12:

$$\% \text{ de Desgaste: } 100x(P1-P2/P1)$$

Donde:

P1: Peso del espécimen seca antes del ensayo.

P2: Peso del espécimen seca después del ensayo, previo lavado de tamiz #12.

### Figura 15

*Ensayo de abrasión de los ángeles*



#### **h) Prueba de Proctor modificado**

##### **Preparación de la muestra:**

La masa necesaria de la muestra, según el proceso tipo "C", es de aproximadamente 29 kilogramos de tierra desprovista de humedad.

Para el método "C", es necesario utilizar una dimensión de molde de 6 pulgadas y un elemento que sea capaz de pasar a través de un tamiz de  $\frac{3}{4}$  de pulgada (19,00 mm). Se requiere que el elemento esté dispuesto en cinco niveles, con 56 pasadas por cada capa. En

situaciones en las que el elemento se mantiene en el tamiz de 3/8" en más del 20% y en el tamiz de 3/4" en menos del 30% en peso, se utiliza este enfoque en particular.

**Método:** Procedimiento para la preparación de muestras húmedas

Este modelo no necesita que la muestra se seque previamente antes de su uso. Después de pasar la muestra por un tamiz con un tamaño de malla de 19,00 mm (3/4"), se puede determinar el contenido de agua del suelo que ha sido expuesto al tratamiento.

Es necesario hacer un mínimo de cuatro muestras con distintos niveles de agua que se aproximen al nivel de humedad ideal. Es necesario tener un espécimen con un contenido de humedad cercano al nivel ideal, así como un mínimo de dos muestras secas y dos húmedas. Esto se debe a que la cantidad de humedad presente puede fluctuar hasta un dos por ciento. En vista de esto, ahora se está estableciendo la curva de compactación.

**Para la compactación:**

- ✓ Además, es fundamental tener en cuenta el peso tanto del molde como de la placa base.
- ✓ Monte y fije firmemente el molde a una base estable y sólida.
- ✓ Compacte la probeta comprimiéndola en cinco capas, asegurándose de que cada capa tenga un grosor similar después de la compactación. Para esta tarea específica se debe utilizar un pistón manual con un diámetro de 2 pulgadas.
- ✓ La cantidad de tierra utilizada debe ser suficiente para que la quinta capa comprimida sobresalga ligeramente en el cuello, pero no debe superar una distancia de 1/4 de pulgada de la parte de arriba del molde.
- ✓ Compacte cada capa con 56 golpes durante esta operación.
- ✓ Asegúrese de que se aplica un ritmo constante de 25 golpes por minuto, cubriendo toda la superficie de la muestra de manera uniforme.

- ✓ El molde y el collar deben desmontarse una vez completada la última capa, y debe emplearse el cuchillo para modificar o reparar el suelo que se encuentra junto al collar.
- ✓ Debe medirse y documentarse el peso del espécimen.
- ✓ Se extraerá el material del molde y se recogerán muestras para determinar el nivel de humedad presente en la sustancia.

### Figura 16

#### *Ensayo de Proctor modificado*



#### **i) Ensayo de CBR (California Bearing Ratio)**

##### **Fase de compactación:**

Una vez finalizada la prueba Proctor modificada, se utilizará una muestra de cinco kilogramos de peso para cada molde CBR, siempre que se haya alcanzado el contenido de humedad óptimo y la densidad seca máxima. Además, se evaluará el contenido de humedad natural de la muestra para determinar la cantidad de agua que se le entregará.

Se toma nota del peso del molde, que incluye el peso de su base. A continuación, se coloca el molde sobre el collar y el disco espaciador que se han fabricado. La última etapa consiste en colocar un disco de papel de filtro grueso sobre el disco espaciador. El diámetro de este disco es el mismo que el del disco espaciador. A continuación, el molde se somete a compresión con la cantidad necesaria de agua y energía para alcanzar el grado adecuado de humedad y densidad del suelo. Este proceso se repite hasta que el molde esté completamente formado. El examen se lleva a cabo aplicando 56, 25 y 10 golpes a cada capa, al tiempo que se asegura que se mantenga el contenido de humedad correcto durante

el proceso. A continuación, se nivela la muestra, se saca del molde y se coloca boca abajo sin el disco espaciador. Después de quitar el collar, se retira la muestra del molde. Para completar el proceso de determinación del peso, se coloca un trozo de papel.

#### **Fase de inmersión:**

Durante la fase de inmersión, la primera medición se obtiene colocando el trípode de medición en la periferia del molde utilizado. Seguidamente, se mete en el agua completamente el molde, dejando que el agua llegue libremente a ambos lados de la muestra. Durante 96 horas, la muestra se mantiene en estas condiciones particulares y se realizan mediciones de hinchamiento a intervalos regulares de 24 horas entre cada medición. Después de un período de 96 horas, la muestra se extrae del tanque de agua y se deja escurrir durante aproximadamente 15 minutos. Después de eso, se retiran la sobrecarga y la placa perforada de la muestra y se pesa antes de pasar a la etapa de penetración.

#### **Fase de penetración:**

En esta etapa se aplica una sobrecarga total para determinar una intensidad de carga acorde con el peso del pavimento en consideración, siendo necesario que la intensidad de carga sea igual o mayor a 4,54 kilos, con una precisión de  $\pm 2,27$  kilogramos. Mediante un gato u otro mecanismo de prensa de tipo similar se proporciona fuerza al cilindro de penetración para mantener la velocidad de penetración a 1,27 milímetros por minuto, ya que la velocidad de penetración es constante.

#### **Figura 17**

*Ensayo de CBR*





## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Presentación de resultados de la investigación

En esta sección se presentan los datos obtenidos derivados de los experimentos de laboratorio llevados a cabo con los CAR, el material de cantera y las proporciones utilizadas en su combinación. De acuerdo con las normas MTC, EG-2013 y CE 010, que regulan las condiciones mínimas de las bases granulares en pavimentos, los ensayos realizados satisfacen los requisitos exigidos. Para llevar a cabo estos ensayos con el máximo nivel de calidad se han seguido los métodos que se describen en el manual de ensayos de materiales MTC-2016.

##### 4.1.1 Cualidades físicas de agregados naturales de la cantera Unocolla.

**Tabla 3**

*Caracterización de los agregados de la cantera Unocolla*

Descripción	Arena Fina	A. Grueso
Peso específico de masa.	2.64 gr/cm <sup>3</sup> .	2.60 gr/cm <sup>3</sup> .
Peso seco compactado.	1720 Kg/m <sup>3</sup> .	1785 Kg/m <sup>3</sup> .
Peso seco suelto.	1593 Kg/m <sup>3</sup> .	1608 Kg/m <sup>3</sup> .
Absorción.	5.61%	3.31%
Humedad.	8.75%	3.38%
Módulo de fineza.	2.93	7.79
Módulo de fineza de la combinación.	5.39	

Se han realizado numerosas pruebas con los áridos procedentes de la cantera de Unocolla y los resultados sugieren que son de una calidad excepcionalmente alta. Los áridos se han sometido a pruebas rigurosas. Cuando se trata de la creación de hormigón, estos áridos son algo muy recomendable.

#### 4.1.2 *Cualidades resistentes de agregados naturales de la cantera Unocolla.*

los áridos naturales obtenidos de la cantera Unocolla.

Se evalúa la resistencia de los áridos gruesos aplicando el equipo de la máquina de los ángeles. Para ello, se examina en laboratorio un espécimen fabricado específicamente para este fin.

Estas pruebas de laboratorio se realizan para validar las fluctuaciones de las propiedades mecánicas de los áridos.

**Tabla 4**

*Características resistentes de agregados cantera Unocolla*

Descripción	A. Grueso
Perfil.	Redondeado
Tipo de agregado.	Natural
Resistencia al desgaste.	78.79%
Perdida.	21.21%
AASTHO.	T - 26
Perfil.	Redondeado

#### 4.1.3 *Determinación de cualidades mecánicas y físicas de la cantera Taparachi*

Estas pruebas de laboratorio se realizan para comprobar la fluctuación de las propiedades mecánicas.

**Tabla 5**

*Resumen de la evaluación granulométrica y organización de superficies de cantera*

Pruebas	Evaluación granulométrica			Organización	
	D10	Cc	Cu	SUCS	AASHTO
M - 1	—	—	—	GP - GC	A - 2 - 4

#### 4.1.4 *Determinación de cualidades de límites de consistencia y compactación de suelos de la cantera de Taparachi.*

Tras realizar las pruebas pertinentes, los resultados son los siguientes:

**Tabla 6**

*Resumen de límites de consistencia y compactación de suelos de cantera*

Pruebas	Límites de consistencia			Compactación	
	LL (%)	CP (%)	Ip (%)	DS (gr/cm <sup>2</sup> )	COA (%)
M – 1	27.90	21.30	7.60	1.996	7.9

#### 4.1.5 *Determinación de las cualidades granulométricas y organización de suelos con adición del 4 % de residuos asfálticos*

- ✓ Los suelos se extrajeron de la cantera de Taparachi y se mejoraron con los de la cantera de Unocolla para maximizar sus propiedades mecánicas, que posteriormente se evaluaron.
- ✓ Se ha incluido un 4% de residuos asfálticos.

**Tabla 7**

*Resumen de granulometría y organización de suelos con suma del 4 % de residuos asfálticos*

Pruebas	Evaluación granulométrica			Organización	
	D10	Cc	Cu	SUCS	AASHTO
M – 1	-	-	-	GP - GC	A – 1 – a

La adición de un 4% de residuos asfálticos a suelos de cantera bien seleccionados mejora sus cualidades, especialmente en lo que se entiende a la clasificación de los suelos.

#### 4.1.6 *Determinación de las cualidades de límites de consistencia y compactación de superficies con agregación del 4 % de residuos asfálticos*

- ✓ Los suelos fueron extraídos de la cantera Taparachi y mejorados con la cantera Unocolla para maximizar sus propiedades mecánicas. Posteriormente se evaluaron las cualidades mecánicas de los suelos.
- ✓ Se ha incluido un 4% de residuos de asfalto.

**Tabla 8**

*Resumen límites de consistencia y consolidación de superficies con agregación del 4 % de residuos asfálticos*

Pruebas	Límites de consistencia			Compactación	
	LL (%)	CP (%)	Ip (%)	DS (gr/cm <sup>2</sup> )	COA (%)
M – 1	22.80	17.6	6.3	2.93	7.98

#### **4.1.7 Determinación de las cualidades granulométricas y organización de superficies con adición del 8 % de residuos asfálticos**

- ✓ Con el fin de mejorar las cualidades mecánicas de los suelos, estos fueron extraídos de la cantera de Taparachi y luego enriquecidos con los de la cantera de Unocolla. A continuación, se evaluaron las cualidades mecánicas de los suelos.
- ✓ Se incluyó un 8% de residuos de asfalto.

**Tabla 9**

*Resumen de granulometría y organización de superficies con suma del 8 % de residuos asfálticos*

Pruebas	Análisis granulométrico			Clasificación	
	D10	Cc	Cu	SUCS	AASHTO
M – 1	7.00	2.52	36.41	GP	A – 1 – a

Los suelos de cantera, cuando se eligen cuidadosamente y se complementan con un 4% de restos de mezcla, mejoran sus propiedades, en particular en lo que se refiere a la clasificación de los suelos.

#### **4.1.8 Determinación de las cualidades de límites de consistencia y consolidación de superficies con agregación del 8 % de residuos asfálticos**

- ✓ Con el fin de mejorar las cualidades mecánicas de los suelos, estos se obtuvieron de la cantera de Taparachi combinándolos con los de la cantera de Unocolla.
- ✓ Además, se incorporó un 8% de residuos asfálticos.

**Tabla 10**

*Resumen límites de consistencia y consolidación de superficies con agregación del 8 % de residuos asfálticos*

Pruebas	Límites de consistencia			Compactación	
	LL (%)	CP (%)	Ip (%)	DS (gr/cm <sup>2</sup> )	COA (%)
M - 1	25.00	26.60	4.4	1.901	7.91

#### **4.2 Evaluación comparativa de variación de cualidades mecánicas de suelos agregados con residuos asfálticos**

Se ha sugerido que la mejora de las prestaciones depende del aumento de los residuos de asfalto, con el fin de reciclar este material que, cuando se deja desatendido, provoca una importante contaminación medioambiental.

A continuación, se presentan los análisis comparativos correspondientes.

##### **4.2.1 Evaluación comparativa de la granulometría de superficies con agregación de residuos asfálticos.**

Análisis y comparación de las propiedades granulométricas cuando se añaden mezclas asfálticas.

**Tabla 11**

*Evaluación comparativa de la granulometría de superficies con agregación de residuos asfálticos*

Prueba	Análisis granulométrico					
	Cantera		4% R.A		8% R.A	
	Cc	Cu	Cc	Cu	Cc	Cu
M - 1	-	-	-	-	2.52	36.41

Se ha establecido la viabilidad del reciclado de residuos asfálticos en suelos para la construcción de carreteras.

La inclusión de un 4% de residuos asfálticos no mejoró las propiedades granulométricas de los suelos utilizados.

Se obtuvo un incremento de 2,52 en el coeficiente de curvatura (Cc) y de 36,41 en el coeficiente de uniformidad (Cu) como resultado de la incorporación de 8% de residuos asfálticos.

#### 4.2.2 Evaluación comparativa de la organización de superficies con agregación de residuos asfálticos

**Tabla 12**

*Evaluación comparativa de la organización de superficies con agregación de residuos asfálticos*

Pruebas	Análisis granulométrico			
	Cantera	4% R.A	8% R.A	AASHTO
M – 1	A-2-4	A-1 -a	A-1 -a	A-1

Se ha establecido la viabilidad del reciclado de residuos de asfalto en suelos para la construcción de carreteras.

En todos los casos, la inclusión de un 4% y un 8% de residuos asfálticos dio como resultado una mejora en la clasificación del suelo de A-2-4 a A-1-a.

#### 4.2.3 Análisis comparativo de los límites de consistencia con suma de residuos asfálticos

**Tabla 13**

*Comparativo de límites de consistencia con agregación de residuos asfálticos*

Pruebas	Límites de consistencia (Ip)			
	Cantera	4% R.A	8% R.A	AASHTO
M – 1	7.60	6.3	4.4	7.00

Se ha establecido la viabilidad del reciclado de residuos asfálticos en suelos para la construcción de carreteras.

En ambos casos, la inclusión de 4% y 8% de residuos asfálticos resultó en una mejora del (IP), reduciéndolo de 7,60% a 4,40%.



**4.2.4 Evaluación comparativa de densidad seca por consolidación en superficies agregados con residuos asfálticos**

**Tabla 14**

*Comparativa de densidad seca por consolidación con agregados con residuos asfálticos*

Pruebas	Compactación (ds – gr/cm3)			
	Cantera	4% R.A	8% R.A	AASHTO
M – 1	1.996	2.93	1.901	2.00

La viabilidad del reciclado de residuos asfálticos en superficies para la ejecución de carreteras es evidente.

La inclusión de un 4% de residuos de asfalto en los suelos dio lugar a un aumento de la densidad de 2,93 gr/cm<sup>3</sup>. Sin embargo, la agregación de un 8% de residuos de asfalto provocó un descenso de la densidad a 1,901 gr/cm<sup>3</sup>.

El aumento del porcentaje de adición mejora la densidad, pero cantidades excesivas la disminuyen. No obstante, es factible reciclar y/o utilizar residuos de asfalto en suelos para la construcción de carreteras.



## CONCLUSIONES

1. Los residuos asfálticos de los pavimentos flexibles renovados podrían reutilizarse añadiéndolos a las superficies de base del pavimento en las cantidades óptimas; por tanto, la adición de un 4% de residuos de mezcla asfáltica ha optimizado las siguientes cualidades en el proyecto presentado: en la organización de suelos AASHTO, entre A-2-4 y A-1-a; en los límites de consistencia, concretamente el (IP) de 7,60% a 6,3%; y en la densidad seca, de 1,996 g/cm<sup>3</sup> a 2,93 g/cm<sup>3</sup>. Esto, por el contrario, ya no se sugiere para elevaciones superiores al uno por ciento.
2. Se realizó una comparación entre los materiales obtenidos de la cantera Unocolla y de la cantera Taparachi en cuanto a sus cualidades mecano-físicas que se son adecuadas en su combinación.
3. Según las conclusiones del estudio, la dosificación óptima de residuos asfálticos para la conformación de una base de pavimento, que mejore las características mecánicas del mismo, es del cuatro por ciento.
4. Luego de realizar una investigación sobre el impacto que tienen los residuos asfálticos en las características mecánico-físicas de las bases granulares para pavimentos flexibles, se descubrió que el porcentaje adecuado de residuos asfálticos (AR) para conservar estas capacidades es el cuatro por ciento del total de residuos asfálticos. Esto se descubrió luego de la realización del estudio.



## RECOMENDACIONES

1. Se sugiere encarecidamente que los ingenieros civiles fomenten el uso de tecnologías de reciclado para todos los materiales que se utilizaron en proyectos anteriores, sin duda con el tratamiento adecuado para su utilización en próximas estructuras.
2. Los residuos asfálticos abandonados deben ser tratados de forma aceptable en lo que respecta a su granulometría, y debe determinarse la cantidad adecuada para la mejora del suelo de cimentación.
3. En la actualidad, existen una serie de aditivos que se pueden utilizar para el tratamiento de los materiales reciclados; se sugiere el uso de estos aditivos ya que garantiza la mejora de las cualidades de los elementos.
4. Se aconseja usar las fracciones de áridos gruesos y finos del AR ya que son similares a las gradaciones del elemento de cantera, lo que garantiza una correcta consolidación del material.



## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICAS

- [M. Fay, M. Morrison, L. A. Andrés, E. Lora. “La Realidad Macroeconómica: Una Introducción a los Problemas y Políticas del Crecimiento y la Estabilidad en América Latina: Módulo 3: La infraestructura para el Crecimiento”. Banco Interamericano de Desarrollo.
- K. Schwab, “The Global Competitiveness Report”, World Economic Forum, Reporte, 91-93, 2019.
- R. Meininger, H. Dylla, J. Youtcheff, “Looking to Aggregates to Improve Pavement Sustainability”, Public Roads, vol. 85, No. 2, summer 2021.
- E. L. Solis Yturregui. “Pistas en JLO generan caos y enfermedades en el distrito”. La Industria.
- Ministerio de vivienda construcción y saneamiento “Diagnóstico de Residuos Sólidos de la construcción en el Perú”, Informe, 2008
- MPCH, “REPARACION DE PISTA Y VEREDA, EN EL (LA) URBANIZACION LOS PARQUES EN LA LOCALIDAD CHICLAYO, DISTRITO DE CHICLAYO, PROVINCIA DE CHICLAYO, DEPARTAMENTO DE LAMBAYEQUE””, MPCH, Lambayeque, Perú, Código Único 2498266, oct.2021.
- S. Adhikari, "Mechanical Properties of Soil-RAP-Geopolymer for the Stabilization of Road Base/Subbase.", University of Louisiana at Lafayette, Ann Arbor, 2017.
- E. Mousa, S. El-Badawy y A. Azam, "Evaluation of reclaimed asphalt pavement as base/subbase material in Egypt", Transportation Geotechnics, vol. 26, Julio de 2020.
- L.A, Argumedo Solorzano, “Carpeta asfáltica reciclada y base granular reciclada para la conformación de una subbase granular óptima en la Av. Próceres del distrito de Chilca, provincia de Huancayo”, Título profesional de ingeniería civil. Univ. Continental, Huancayo, 2019.



- M. Bereche Fernández y N. Ríos Chilingano, "Diseño De Base granular Estabilizada Con Incorporación De Reciclado asfáltico de Pavimento y Emulsión Asfáltica css-1 En Vía Los Frutales Paraíso Del Valle Huarochiri-2019", Tesis de pregrado, Fac. de Ingeniería, Escuela Académico Profesional Ingeniería Civil, Univ. César Vallejo, Lima, Perú, 2019.
- Y. P. Delgado Pérez, "Carpeta asfáltica reciclada para tratar las propiedades físicas y mecánicas de base granular deteriorada", Título profesional, Fac. Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil. Univ. Peruana Los Andes, Huancayo, 2021.
- J. C. Vera Tello, "Mejoramiento con emulsiones asfálticas de bases granulares, para pavimento en la región Lambayeque", Título profesional de ingeniería civil, Univ. Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, 2015.
- A. Montejo Fonseca, Ingeniería de Pavimentos para Carreteras, 2ª ed. Colombia. Univ. Católica de Colombia – Ediciones y publicaciones, 2002.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Manual de Carreteras – suelos, geología, geotecnia y pavimentos. [En línea]. Disponible en: <https://bit.ly/31ludTv> Consultado Sep. 25, 2021.
- S. Minaya González y A. Ordóñez Huamán, Diseño moderno de pavimentos asfálticos, 2ª ed. Lima. Universidad Nacional de Ingeniería, 2006.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). Especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013.
- C. Kraemer, J.M. Pardillo, S. Rocci, M.G. Romana, V. Sánchez Blanco y M.A. del Val, Ingeniería de Carreteras, vol. 2. España: Editorial McGRAW-HILL / Interamericana Editores, 2014.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2017). Manual de ensayo de materiales.



- C. Plati and B. Cliatt, "A Sustainability Perspective for Unbound Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) as a Pavement Base Material," *Sustainability*, vol. 11, no. 1, p. 78, Dec. 2018.
- M. Enieb et al, "Sustainability of using reclaimed asphalt pavement: based-reviewed evidence", *Journal of Physics: Conference Series*, 2021.
- N. Shi, "The microstructure and evaluation index of reclaimed asphalt pavement", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 300, p. 032044, Agosto de 2019.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018). *Glosario de términos de uso frecuente de infraestructura vial*.
- G.S. Sanmartín Ramón, R.A. Zhigue Luna y T.P. Alaña Castillo, "El reciclaje: un nicho de innovación y emprendimiento con enfoque ambientalista", *Universidad y Sociedad*, vol. 9, N° 1, pp. 36-40.
- Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento (2010), *Norma técnica de edificación CE 0.10 Pavimentos urbanos*.
- E.J. Mcgarrah, "Evaluation of Current Practices of Reclaimed Asphalt Pavement/Virgin Aggregate as Base Course Material", tesis de maestría, Department of Civil and Environmental Engineering, University of Washington, Estados Unidos, 2007.
- TC Pavements, "Mejoramiento de la transitabilidad vehicular y peatonal de la av. Soberanía entre av. Elvira García y García a Av.09 de octubre distrito de Chiclayo – provincia de Chiclayo - departamento de Lambayeque", 2022.



# ANEXOS



### ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA						
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<b>Problema general</b>	<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis general</b>				
¿Cómo será la influencia de la adición de residuos asfálticos en las propiedades mecánicas de suelos de la cantera unocolla para la conformación de base en pavimentos de la ciudad de Juliaca?	Analizar la influencia de la adición de residuos asfálticos en las propiedades mecánicas de suelos de la cantera Unocolla para la conformación de base en pavimentos de la ciudad de Juliaca.	Al determinar la adición de residuos asfálticos mejorará las propiedades mecánicas del material de cantera para la conformación de una base.	<b>Variable independiente:</b>  Residuos asfálticos	4%, 8%	Dosificación (kg)	<b>Nivel de investigación:</b> correlacional.  <b>Tipo de investigación:</b> Aplicada.  <b>Método de investigación:</b> Experimental.  <b>Enfoque de investigación:</b> cuantitativo
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>				
¿Cuál será el análisis de las propiedades físicas y mecánicas del material de cantera?	Analizar las propiedades físicas y mecánicas del material de cantera.	Determinar las propiedades físicas y mecánicas del material de cantera.				
¿Cómo será porcentaje óptimo la adición de residuos asfálticos para la conformación de una base de pavimentos?	Determinar la adición óptima de residuos asfálticos para la conformación de una base de pavimentos.	Al determinar el porcentaje óptimo de la adición de residuos asfálticos para la conformación de una base mejora las propiedades mecánicas.	<b>Variable dependiente:</b>  Propiedades mecánicas de la base	Propiedades físicas y mecánicas	CBR. Proctor modificado	
¿Cuál será el análisis de las propiedades físicas y mecánicas de la cantera taparachi optimizado con la cantera unocolla y la adición de residuos asfálticos?	Analizar las propiedades físicas y mecánicas de la cantera Taparachi optimizado con la cantera Unocolla y la adición de residuos asfálticos.	Al determinar la cantidad de adición de residuos asfálticos con la combinación de la cantera taparachi optimizado con la cantera unocolla mejora las propiedades mecánicas.				



**ANEXO 2**  
**ENSAYOS DE LABORATORIO**



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



**TESIS** : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFALTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE JULIACA

**MUESTRA** : CON 4% DE RESIDUOS ASFALTICOS

**FECHA** : 04 DE JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	465.60
SUELO SECO + TARRO	gr	435.26
PESO DEL TARRO	gr	49.25
PESO DEL AGUA	gr	30.34
PESO DEL SUELO SECO	gr	386.01
HUMEDAD %	%	7.86

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

#### LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		C	T
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	43.42	45.94
SUELO SECO + TARRO	gr	40.45	42.71
PESO DEL TARRO	gr	30.33	30.12
PESO DEL AGUA	gr	2.97	3.23
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.12	12.59
HUMEDAD %	%	29.35	25.66
N° DE GOLPES		15	15

#### LÍMITE PLASTICO

5	9
20.58	19.85
18.46	17.77
6.29	6.22
2.12	2.08
12.17	11.55
17.42	18.01

**LÍMITE LIQUIDO %** : **25.85**      **LÍMITE PLASTICO %** : **17.71**

**INDICE PLASTICO %** : **08.14**

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

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

B. N° 006-00296441



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

**TESIS** : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA

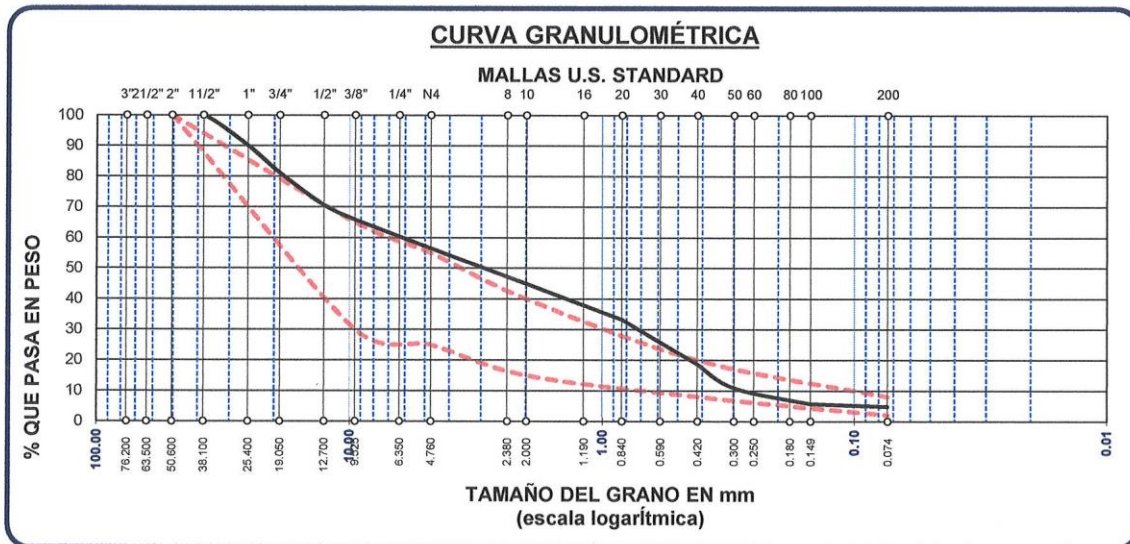
**SOLICITANTE** : Bach. XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE JULIACA

**MUESTRA** : CON 8% DE RESIDUOS ASFÁLTICOS

**FECHA** : 04 DE JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.I.= 4000.00
2 1/2"	63.500						P.L.= 3957.42
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	P.P.= 42.58
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		% W = 5.64
1"	25.400	403.00	10.08	10.08	89.93		LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	356.00	8.90	18.98	81.03		L.L.= 30.40
1/2"	12.700	418.00	10.45	29.43	70.58	30 - 65%	L.P.= 15.14
3/8"	9.525	189.00	4.73	34.15	65.85		I.P.= 15.26
1/4"	6.350						
No4	4.760	374.00	9.35	43.50	56.50	25 - 55%	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380						D10= 0.275 Cu= 23.8
No10	2.000	102.50	20.50	55.08	44.92	15 - 40%	D30= 0.747 Cc= 0.31
No16	1.190						D60= 6.54
No20	0.840	103.64	20.73	66.79	33.21		
No30	0.590						
No40	0.420	128.71	25.74	81.34	18.66	8 - 20%	CLASIFICACIÓN:
No 50	0.300	69.25	13.85	89.16	10.84		I.G. =
No60	0.250						SUSCS : GP
No80	0.180						ASSTHO : A-1-a(0)
No100	0.149	45.22	9.04	94.27	5.73		OBSERVACIONES:
No200	0.074	8.10	1.62	95.19	4.81	2 - 8%	
<b>BASE</b>		42.58	8.52	100.00	0.00		
<b>TOTAL</b>		4000.00	100.00				
<b>% PERDIDA</b>		1.06					



UANCV / FICP  
 CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO  
 M.S.C.A.  
 JEFATURA

Mg. ARNALDO YAN TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00296441



**TESIS** : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFALTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE JULIACA

**MUESTRA** : CON 8% DE RESIDUOS ASFALTICOS

**FECHA** : 04 DE JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	418.30
SUELO SECO + TARRO	gr	398.00
PESO DEL TARRO	gr	38.20
PESO DEL AGUA	gr	20.30
PESO DEL SUELO SECO	gr	359.80
HUMEDAD %	%	5.64

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

#### LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		E	R
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	49.19	47.05
SUELO SECO + TARRO	gr	44.91	42.90
PESO DEL TARRO	gr	30.25	30.15
PESO DEL AGUA	gr	4.28	4.15
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.66	12.75
HUMEDAD %	%	29.20	32.55
N° DE GOLPES		22	22

#### LÍMITE PLASTICO

1	6
19.55	18.86
18.38	16.77
6.35	6.60
1.17	2.09
12.03	10.17
9.73	20.55

**LÍMITE LIQUIDO %** : 30.40      **LÍMITE PLASTICO %** : 15.14

**INDICE PLASTICO %** : 15.26

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

UANCV - FICAP INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
 JEFATURA  
 SUSSEINT. JULIACA, PERÚ  
 Mtro. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00296441



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

**TESIS** : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA

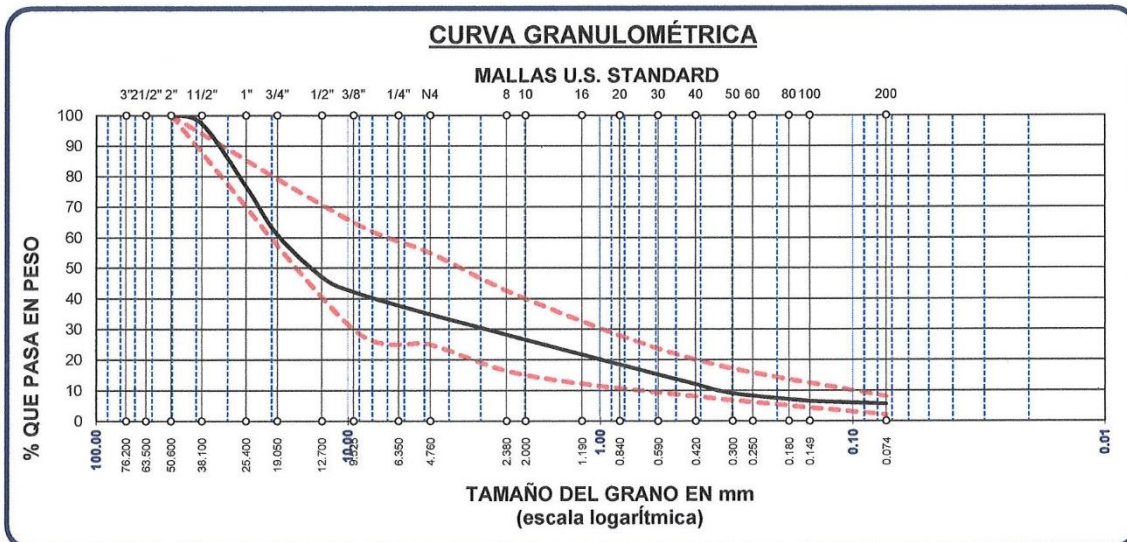
**SOLICITANTE** : Bach. XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN

**UBICACIÓN** : DISTRITO DE JULIACA

**MUESTRA** : CON 4% DE RESIDUOS ASFÁLTICOS

**FECHA** : 04 DE JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200					100%	P.I.= 5000.00 P.L.= 4920.07 P.P.= 79.93 % W = 7.86
2 1/2"	63.500						LÍMITES DE CONSISTENCIA: L.L.= 25.85 L.P.= 17.71 I.P.= 8.14
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	138.00	2.76	2.76	97.24	30 - 65%	CARACT. GRANULOMÉTRICAS: D10= 0.339 Cu= 55 D30= 3.163 Cc= 1.58 D60= 18.64
1"	25.400	1029.00	20.58	23.34	76.66		
3/4"	19.050	789.00	15.78	39.12	60.88	25 - 55%	CLASIFICACIÓN: I.G. =
1/2"	12.700	689.00	13.78	52.90	47.10		
3/8"	9.525	248.00	4.96	57.86	42.14	15 - 40%	SUSCS : GW ASSTHO : A-1-a(0)
1/4"	6.350						
No4	4.760	367.00	7.34	65.20	34.80	8 - 20%	OBSERVACIONES:
No8	2.380						
No10	2.000	119.20	23.84	73.50	26.50	2 - 8%	
No16	1.190						
No20	0.840	116.03	23.21	81.57	18.43		
No30	0.590						
No40	0.420	92.03	18.41	87.98	12.02		
No 50	0.300	43.11	8.62	90.98	9.02		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	37.15	7.43	93.56	6.44		
No200	0.074	12.55	2.51	94.44	5.56		
BASE		79.93	15.99	100.00	0.00		
TOTAL		5000.00	100.00				
% PERDIDA		1.60					



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

B. N° 006-00296441



### RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

<b>TESIS</b>	: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFALTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN
<b>MUESTRA</b>	: CON 4% DE RESIDUOS ASFALTICOS
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE JULIACA
<b>CANTERA</b>	: TAPARACHI
<b>FECHA</b>	: 04 DE JUNIO DEL 2024

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

<b>Peso Suelo Humedo + Molde</b>	gr.	10848	10390	10936	10673	11121	10972
<b>Peso del Molde</b>	gr.	7277	7277	6745	6745	6724	6724
<b>Peso del Suelo Humedo</b>	gr.	3571	3113	4191	3928	4397	4248
<b>Volumen del Suelo</b>	cc.	2115.67	2115.67	2257.29	2257.29	2116.65	2116.65
<b>Densidad del Suelo Humedo</b>	gr/cc.	1.688	1.471	1.857	1.740	2.077	2.007

<b>Capsula No</b>	No											
<b>Suelo Humedo + Capsula</b>	gr.	285.20	290.31	324.00	260.38	296.38	316.58	308.24	322.78	282.75		
<b>Peso del Suelo Seco + Capsula</b>	gr.	246.14	249.29	297.98	230.00	261.36	291.63	277.21	291.03	262.15		
<b>Peso del Agua</b>	gr.	39.06	41.02	26.02	30.38	35.02	24.95	31.03	31.75	20.60		
<b>Peso de la Capsula</b>	gr.	35.76	33.56	37.14	40.74	40.07	41.04	38.67	39.94	39.87		
<b>Peso del Suelo Seco</b>	gr.	210.38	215.73	260.84	189.26	221.29	250.59	238.54	251.09	222.28		
<b>% de Humedad</b>	%	18.57%	19.01%	9.98%	16.05%	15.83%	9.96%	13.01%	12.64%	9.27%		
<b>Promedio de Humedad</b>	%	18.79%	9.98%	15.94%	9.96%	12.83%	9.27%					
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	gr/cc.	1.421	1.338	1.601	1.583	1.841	1.837					

### EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
31/05/2024	09:50: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
1/06/2024	09:50: a.m.	24:00:00	0.63	0.02	0.01	0.50	0.01	0.01	0.26	0.01	0.01
2/06/2024	09:50: a.m.	48:00:00	0.68	0.02	0.01	0.58	0.01	0.01	0.29	0.01	0.01
3/06/2024	09:50: a.m.	72:00:00	0.81	0.02	0.02	0.60	0.02	0.01	0.33	0.01	0.01
4/06/2024	09:50: a.m.	96:00:00	0.90	0.02	0.02	0.63	0.02	0.01	0.32	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		11.30	73.1	3.7		18.10	102	5.2		34.90	173	8.8	
1.27	01:00		22.40	120.2	6.1		27.80	143	7.2		66.10	306	15.5	
1.91	01:30		27.80	143.1	7.2		35.20	175	8.8		98.30	442	22.4	
2.54	02:00	70.31	33.80	168.6	8.5		43.10	208	10.5		118.40	528	26.7	
3.81	03:00		46.80	223.8	11.3		58.60	274	13.8		148.50	655	33.1	
5.09	04:00	105.00	53.70	253.1	12.8		69.10	318	16.1		169.30	744	37.6	
6.35	05:00		59.20	276.4	14.0		77.30	353	17.9		185.80	814	41.1	
7.62	06:00		67.40	311.2	15.7		82.80	377	19.0		204.20	892	45.1	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON OBTENIDOS POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL

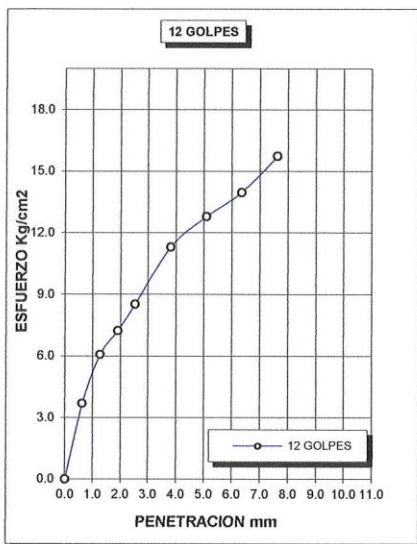
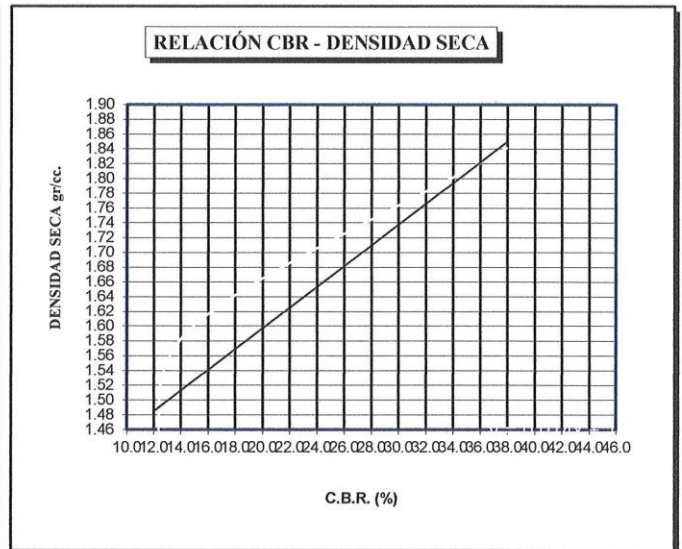
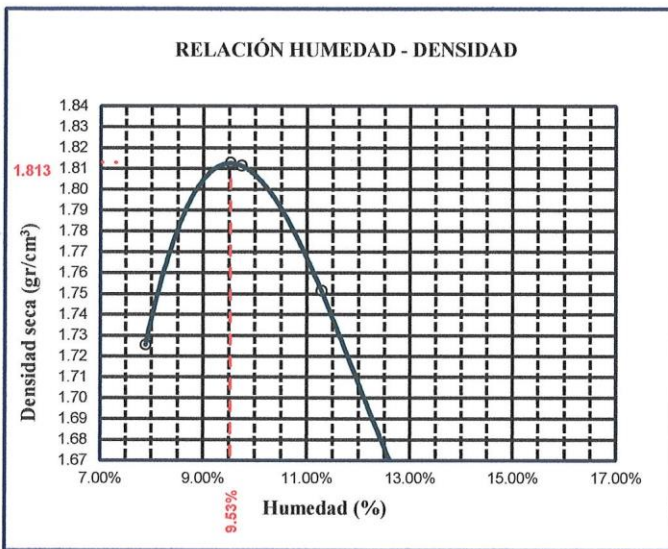
LABORATORIO M.S.C.A.  
JULIACA - TENDRO

Mgtr. ARNALDO VANA TORRES  
CIP 103257

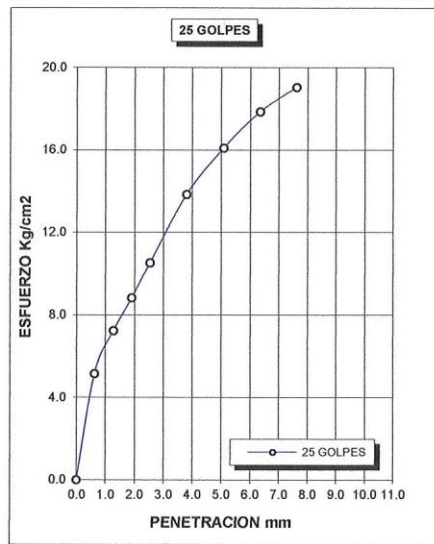
B. N° 006-00296441



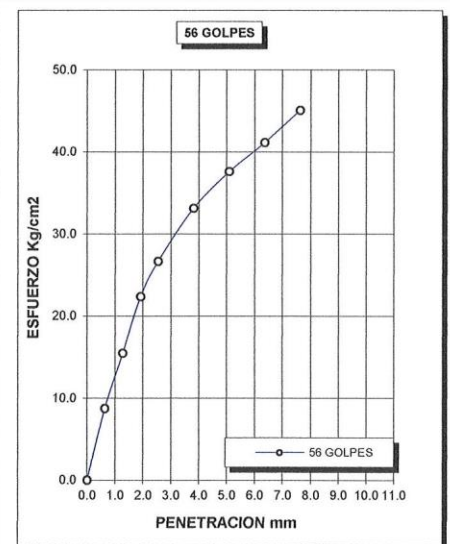
<b>TESIS</b>	: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFALTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA	<b>METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91</b>
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>.)</b>
<b>MUESTRA</b>	: CON 4% DE RESIDUOS ASFALTICOS	<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b>
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE JULIACA	<b>CBR AL 100 DE M.D.S. (%)</b>
<b>CANTERA</b>	: TAPARACHI	<b>CBR AL 95% DE M.D.S. (%)</b>
<b>FECHA</b>	: 04 DE JUNIO DEL 2024	<b>CLASIFICACIÓN :</b>
		<b>AASHTO :</b>
		<b>EMBEBIDO :</b> 4 DIAS



CBR 12



CBR 15



CBR 38

UANCV - FIOP  
CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. DE AFECTURA  
UNIV. JULIACA PERU

Mgtr. ARNALDO YANATORRES  
CIF 103257

B. N° 006-00296441



### ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

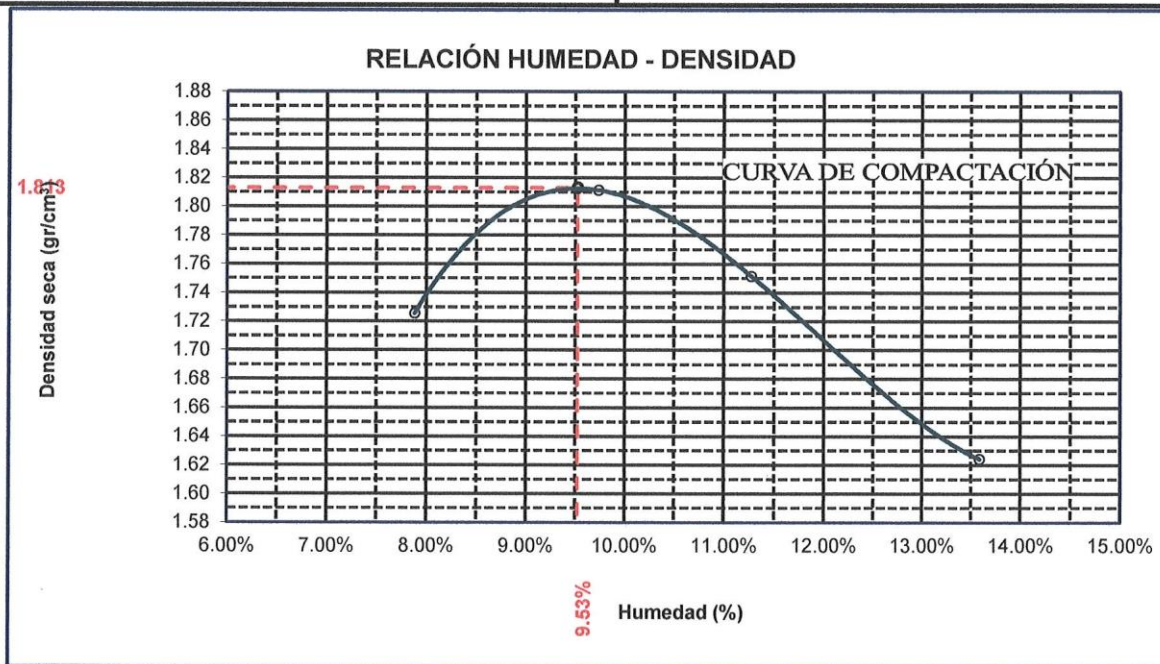
<b>TESIS</b>	: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFALTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA
<b>SOLICITANTE</b>	: Bach. XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN
<b>MUESTRA</b>	: CON 4% DE RESIDUOS ASFALTICOS
<b>UBICACIÓN</b>	: DISTRITO DE JULIACA
<b>CANTERA</b>	: TAPARACHI
<b>FECHA</b>	: 04 DE JUNIO 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>	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	7593	7707	7672	7578
Peso del Molde	gr.	5912	5912	5912	5912
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1681	1795	1760	1666
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm <sup>3</sup> .	1.862	1.988	1.949	1.845

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	93.17	94.67	128.98	105.33	110.73	105.00	165.36	142.09
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	89.50	90.23	120.90	99.83	103.51	98.52	151.80	129.66
Peso del Agua	gr.	3.67	4.44	8.08	5.50	7.22	6.48	13.56	12.43
Peso de la Capsula	gr.	39.94	37.14	39.90	41.94	40.74	39.87	48.69	41.04
Peso del Suelo Seco	gr.	49.56	53.09	81.00	57.89	62.77	58.65	103.11	88.62
% de Humedad	%	7.41%	8.36%	9.98%	9.50%	11.50%	11.05%	13.15%	14.03%
<b>Promedio de Humedad</b>	%	7.88%		9.74%		11.28%		13.59%	
<b>Densidad del Suelo Seco</b>	%	1.726		1.811		1.752		1.624	

<b>METODO:</b>	ASTM D - 1557 MODIFICADO C	<b>MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	: 1.813 gr/cm <sup>3</sup>
		<b>HUMEDAD OPTIMA</b>	: 9.53%



OBSERVACIONES: LOS DATOS FUERON OBTENIDOS POR EL SOLICITANTE

UANCV - FIOP  
CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

Mtr. ARNALDO YANATORRES

BN 05-2460



# RESISTENCIA AL DESGASTE "ABRASIÓN LOS ANGELES"

NORMAS ASTM C 131, AASTHO (DESIGNACIÓN) T - 26

**TESIS** : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFALTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA  
**SOLICITANTE** : Bach. XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN  
**MUESTRA** : UNOCOLLA  
**LUGAR** : SALIDA LAMPA - JULIACA  
**FECHA** : 24 DE MAYO DEL 2024

**TIPO DE AGREGADO:** FINO:  GRUESO:  OTROS:

**MUESTRA OBTENIDA POR:** CUARTEO:  DIVISOR DE MUESTRAS:

**NUMERO DE REVOLUCIONES:** 500  1000

**CARGA ABRASIVA:** 12 ESFERAS

**PESO SECO INICIAL DE LA MUESTRA:**  $W_i = 5000$  gr.

**PESO SECO FINAL RETENIDA EN EL CEDAZO N° 12:**  $W_f = 3939.5$  gr.

**PESO DEL MATERIAL QUE PASA EL CEDAZO N° 12:** = 1060.5 gr.

**PORCENTAJE DE PÉRDIDA:**  $De = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100$

$De = 21.21$  %

### OBSERVACIONES:

**GRADACION :** "A" ,  $1\ 1/2" - 1" = 1250$ ,  $1" - 3/4" = 1250$ ,  $3/4" - 1/2" = 1250$ ,  $1/2" - 3/8" = 1250$   
**TIENE UNA RESISTENCIA AL DESGASTE DE :** 78.79 **Y PÉRDIDA DE :** 21.21  
**NORMA AASTHO (DESIGNACIÓN) T - 26, ASTM -C-131**

**OBSERVACIONES :** LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO Y ETIQUETADAS POR EL SOLICITANTE

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

B. N° 006-00296441



**TESIS** : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN

**CANTERA** : UNOCOLLA

**LUGAR** : SALIDA LAMPA - JULIACA

**FECHA** : 23 DE MAYO DEL 2024

### ANÁLISIS MECÁNICO Y PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS AGREGADOS

#### ARENA

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
3/8"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>473.45</u>
N° 4	6.18	1.24	1.24	98.76	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>500.00</u>
N° 8	40.06	8.01	9.25	90.75	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1313.43</u>
N° 16	81.14	16.23	25.48	74.52	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1624.18</u>
N° 30	102.44	20.49	45.96	54.04	<b>PESO ESPECÍFICO</b>	
N° 50	147.22	29.44	75.41	24.59	Wc+B =	<u>1813</u> Wc+B-W = <u>189</u>
N° 100	85.14	17.03	92.44	7.56	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{500.00}{1624.18 - 1313.43} = 2.64 \text{ gr/cm}^3$
N° 200	31.06	6.21	98.65	1.35	<b>ABSORCIÓN</b>	
FONDO	6.76	1.35	100.00	0.00	B =	<u>500.00</u> B-A = <u>26.55</u>
SUMA	500.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{26.55 \times 100}{500.00} = 5.31 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						
Mf = MÓDULO DE FINEZA <u>2.93</u>						

#### GRAVA

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Específico y Absorción Método del Picnómetro	
2"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno <u>774.35</u>
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) <u>800.00</u>
1"	0	0.00	0.00	100.00	Wc	-Peso del picnómetro con agua <u>1313.43</u>
3/4"	26	0.65	0.65	99.35	W	-Peso del Pic. + muestra + agua <u>1805.95</u>
1/2"	314	7.85	8.50	91.50	<b>PESO ESPECÍFICO</b>	
3/8"	1405	35.13	43.63	56.38	Wc+B =	<u>2113</u> Wc+B-W = <u>307</u>
1/4"					Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = \frac{800.00}{1805.95 - 1313.43} = 2.60 \text{ gr/cm}^3$
N° 4	1755	43.88	87.50	12.50	<b>ABSORCIÓN</b>	
FONDO	0.00	0.00	87.50	12.50	B =	<u>800.00</u> B-A = <u>25.65</u>
SUMA	3500.00	87.50			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = \frac{25.65 \times 100}{800.00} = 3.21 \%$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						

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

  
 UANCV / EICP  
 CIP INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
 JEFATURA  
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00296441



## CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216 MTC E108-2000

**TESIS** : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFALTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN

**MUESTRA** : GRAVA - ARENA

**FECHA** : 23 DE MAYO DEL 2024

MUESTRA : ARENA	
N° DE TARRO	1
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	320.50
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	297.53
PESO DEL TARRO (gr.)	35.00
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	<b>285.50</b>
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	<b>262.53</b>
PESO DEL AGUA (gr.)	<b>22.97</b>
% HUMEDAD	<b>8.75</b>

MUESTRA : GRAVA	
N° DE TARRO	2
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA + TARRO (gr.)	415.60
PESO DE LA MUESTRA SECA + TARRO (gr.)	403.80
PESO DEL TARRO (gr.)	55.00
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (gr.)	<b>360.60</b>
PESO DE LA MUESTRA SECA (gr.)	<b>348.80</b>
PESO DEL AGUA (gr.)	<b>11.80</b>
% HUMEDAD	<b>3.38</b>

**OBSERVACIONES:**

\* LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE.

UANCV - FICP  
CAP INGENIERIA CIVIL



Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
CIP 103257



B. N° 006-00296441



# PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

**TESIS** : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN

**MUESTRA** : GRAVA

**FECHA** : 23 DE MAYO DEL 2024

### DENSIDAD MINIMA AGREGADO (GRAVA)

PESO DEL MOLDE	7950 gr	7950 gr	7950 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3249 cm <sup>3</sup>	3249 cm <sup>3</sup>	3249 cm <sup>3</sup>
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	13545.00 gr	13523.00 gr	13552.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	5595.00 gr	5573.00 gr	5602.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.722 gr/cm <sup>3</sup>	1.715 gr/cm <sup>3</sup>	1.724 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.720 gr/cm <sup>3</sup>		

### DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (GRAVA)

PESO DEL MOLDE	7950 gr	7950 gr	7950 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	3249 cm <sup>3</sup>	3249 cm <sup>3</sup>	3249 cm <sup>3</sup>
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	13735.00 gr	13788.00 gr	13725.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	5785.00 gr	5838.00 gr	5775.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.780 gr/cm <sup>3</sup>	1.797 gr/cm <sup>3</sup>	1.777 gr/cm <sup>3</sup>
PROMEDIO	1.785 gr/cm <sup>3</sup>		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE


 UANCV - FICP  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00296441



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

**TESIS** : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA

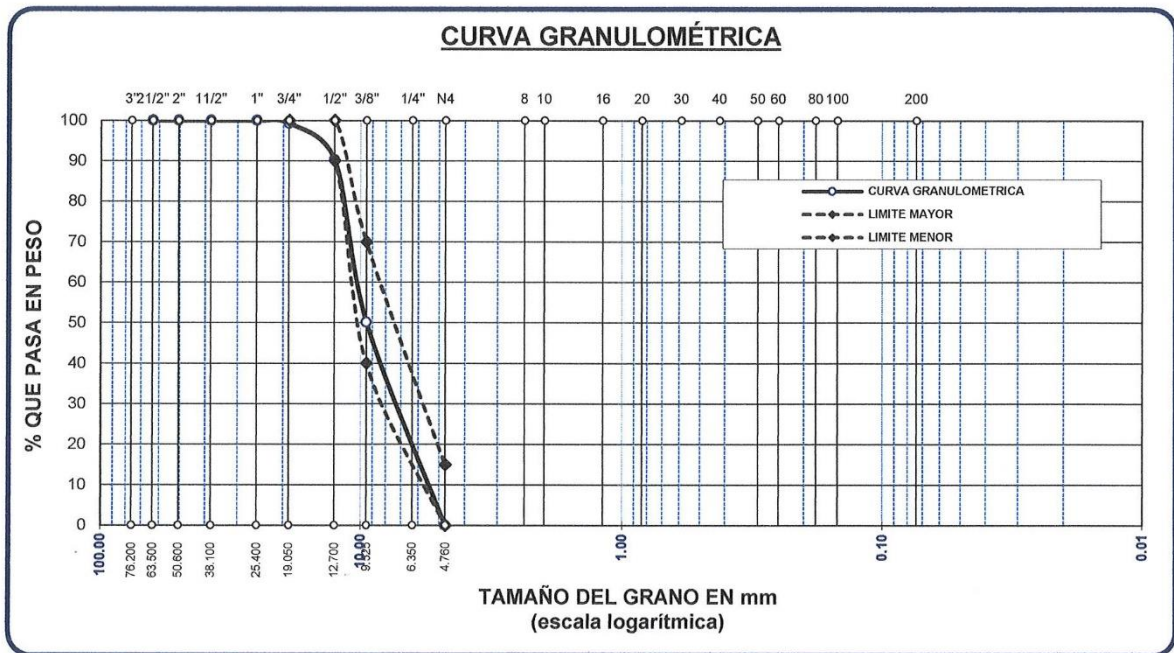
**SOLICITANTE** : Bach. XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN

**MUESTRA** : GRAVA

**FECHA** : 23 DE MAYO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial = 3500 gr. Tamaño máx. nominal = 3/4 "
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00		
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/4"	19.050	26.00	0.74	0.74	99.26	100 %	
1/2"	12.700	314.00	8.97	9.71	90.29	90 - 100 %	
3/8"	9.525	1405.00	40.14	49.86	50.14	40 - 70 %	
1/4"	6.350						
No4	4.760	1755.00	50.14	100.00	0.00	0 - 15 %	
BASE		0.00	0.00	0.0	100.0		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		0.00					

OBSERVACIONES:



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCY - FICP  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
 M.S.C.A. JEFATURA  
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00296441



### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMA: ASTM C 33

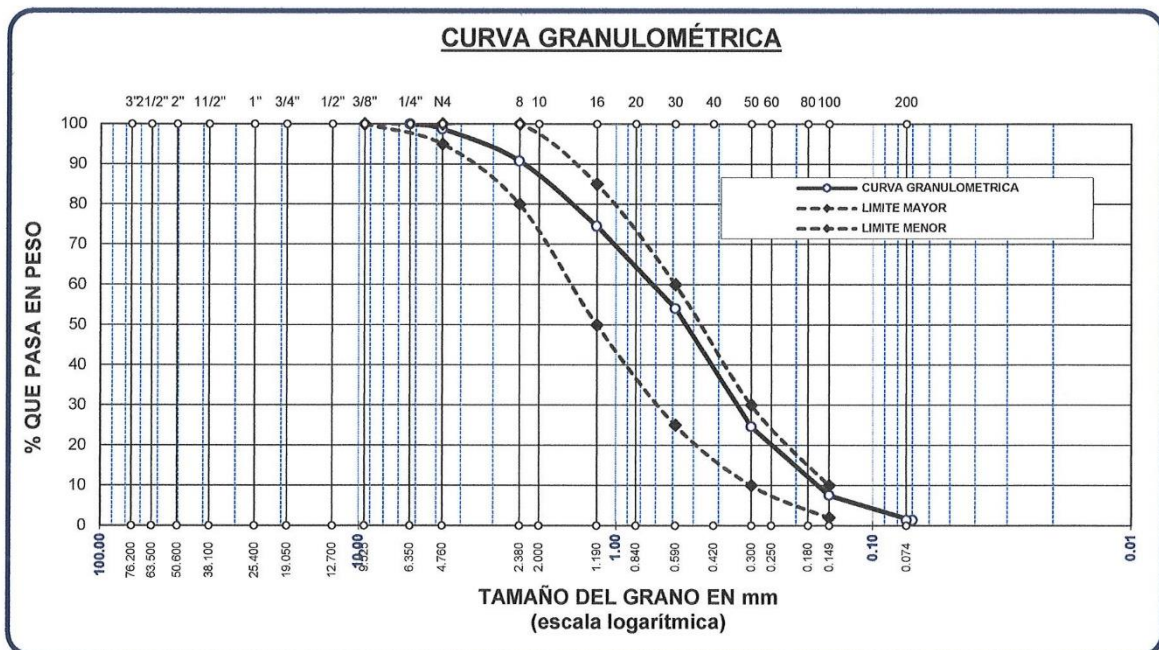
**TESIS** : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN

**MUESTRA** : ARENA

**FECHA** : 23 DE MAYO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	%RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso Inicial = 500 gr.
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100 %	
No4	4.760	6.18	1.24	1.24	98.76	80 - 100 %	Módulo de Fineza = 2.93
No8	2.380	40.06	8.01	9.25	90.75		OBSERVACIONES:
No10	2.000						
No16	1.190	81.14	16.23	25.48	74.52	50 - 85 %	
No20	0.840						
No30	0.590	102.44	20.49	45.96	54.04	25 - 60 %	
No40	0.420						
No 50	0.300	147.22	29.44	75.41	24.59	10 - 30 %	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	85.14	17.03	92.44	7.56	2-10%	
No200	0.074	31.06	6.21	98.65	1.35		
BASE		6.76	1.35	100	0.00		
TOTAL		500.00	100.00				
% PÉRDIDA		1.35					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

UANCV - FICP  
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS  
 JEFATURA

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES  
 CIP 103257

B. N° 006-00296441



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



### PESOS UNITARIOS

NTP 400.017 - ASTM C - 29 AASHTO T - 19

**TESIS** : INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFALTICOS EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNOCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE DE BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA

**SOLICITANTE** : Bach. XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN

**MUESTRA** : ARENA

**FECHA** : 23 DE MAYO DEL 2024


#### DENSIDAD MINIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5970 gr	5970 gr	5970 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2099 cm3	2099 cm3	2099 cm3
COLOCACION DE MUESTRA A MOLDE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE	CAIDA LIBRE
PESO DEL MOLDE + MUESTRA SUELTA	9315.00 gr	9330.00 gr	9298.00 gr
PESO DE LA MUESTRA SUELTA	3345.00 gr	3360.00 gr	3328.00 gr
DENSIDAD MINIMA DE LA MUESTRA SECA	1.593 gr/cm3	1.600 gr/cm3	1.585 gr/cm3
PROMEDIO	1.593 gr/cm3		

#### DENSIDAD MÁXIMA AGREGADO (ARENA)

PESO DEL MOLDE	5970 gr	5970 gr	5970 gr
VOLUMEN DEL MOLDE	2099 cm3	2099 cm3	2099 cm3
Nº DE CAPAS	3	3	3
Nº DE GOLPES POR CAPA	25	25	25
PESO DEL MOLDE + MUESTRA COMPACTADA	9360.00 gr	9355.00 gr	9324.00 gr
PESO DE LA MUESTRA COMPACTADA	3390.00 gr	3385.00 gr	3354.00 gr
DENSIDAD MAXIMA DE LA MUESTRA SECA	1.615 gr/cm3	1.612 gr/cm3	1.598 gr/cm3
PROMEDIO	1.608 gr/cm3		

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

  
 UANCV - FICP  
 CAP INGENIERIA CIVIL  
 LABORATORIO M.S.C.A.  
 JULIACA  
 Mtro. ARNALDO YANA TORRES  
 CIF 103257

B. N° 006-00296441



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 21-10-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: XIOMY YULIANA SOTO HUAMAN  
Dirección: Jr. JOSE CARLOS MARIATEGUI N° 626  
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70080008  
Teléfono: 904448773 email: BS xiomy@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_  
Dirección: \_\_\_\_\_  
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_  
Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERIAS Y CIENCIAS PUAS  
Escuela Profesional o Mención: INGENIERIA CIVIL  
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL  
Asesor: Dr. ARNALDO YANA TUARES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:  
Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE RESIDUOS ASFÁLTICOS EN LAS PROPIEDADES  
MECÁNICAS DE SUELOS DE LA CANTERA UNCOLLA PARA LA CONFORMACIÓN DE  
BASE EN PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): BASE GRANULAR, RESIDUOS ASFÁLTICOS (RA), CBR, CANTERA

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

1,2

<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: TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

21 DE OCTUBRE DEL 2024

Fecha