



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



**OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO
DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN
DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN
LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS

**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

**OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO
DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN
DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN
LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:



Dr. RONALD MADERA TERÁN

PRIMER MIEMBRO

:



Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

:



Dr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS

:



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1518-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 15 de noviembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 16735 presentado por el (la) Bachiller: CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS 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. CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024**, 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. RONALD MADERA TERÁN
- * **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **2do Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Dr. MILTHON QUISPE HUANCA.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 21 de noviembre del 2024
- * **HORA** : 11:00 a.m.
- * **LUGAR** : Aula. 406 - FICP

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



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C.I. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

cc.
Archivo
transmisión (3)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1188-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 03 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 011820 por el señor (a): **CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1098 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 189 - 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024**, 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° 189 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

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 Cs. PURAS
Dr. Errain Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Investigación



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 857-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 22 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-7581, presentado el señor (a) **CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 818-2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 239-2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO FUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024**, 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° 239-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO FUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024**.

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 mérito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): **CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO FUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024** 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 **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

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.

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



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

DR. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIR. 47790



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

Dr. Edwin Pantoja Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

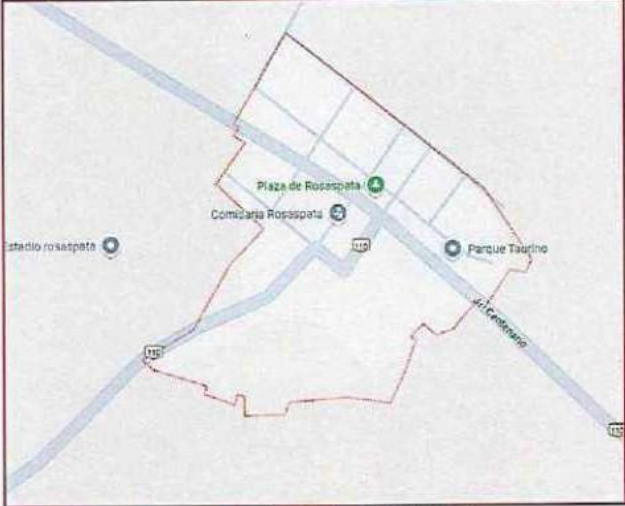
FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	7%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	6%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	es.scribd.com Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	nodai.repo.nii.ac.jp Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Cristhian Franco Choque Ramos
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70486981
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-2456-0431
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Milthon Quispe Huanca
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4219-1007
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Ronald Madera Terán
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02429150
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Efrain Parillo Sosa
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Arnaldo Yana Torres
Tipo de documento	DNI

Número de documento de identidad	41414676
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Huancané Distrito: Rosaspata Latitud: S 15° 14' 06" Longitud: O 69° 31' 37"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/PqEbn51UTqMTQVaHA</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2024 – Noviembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	<p>Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</p> <p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p>


 UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS PLAS

 Dr. Efraín Palillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS, identificado con DNI
Nro. 70486981, 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:

OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD

DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO

PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024

Asesorado por: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

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.

Fecha 02 de diciembre del 2024



Firma del Asesor
(obligatoria)



Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mis queridos padres, quienes con su amor incondicional, apoyo constante y sabiduría me han guiado en cada paso de mi vida. Su ejemplo de esfuerzo, dedicación y valores ha sido mi mayor inspiración para alcanzar este logro. Este trabajo es el reflejo de su confianza en mí y de su incansable motivación. Les estaré eternamente agradecido por enseñarme a nunca rendirme y a perseguir mis sueños con determinación. Esta tesis es tan mía como de ustedes.

Con todo mi amor,



AGRADECIMIENTO

A Dios, fuente de sabiduría y fortaleza, por haberme dado la salud, el discernimiento y la perseverancia para alcanzar cada meta que me he propuesto. Sin Su guía y bendiciones, este logro no habría sido posible.

A mis catedráticos de la carrera de Ingeniería Civil, quienes a lo largo de estos años me han brindado sus conocimientos, experiencias y orientación. Gracias por su paciencia, dedicación y compromiso en mi formación profesional. Siempre recordaré con gratitud la huella que han dejado en mi vida, y su esfuerzo ha sido fundamental para mi crecimiento como ingeniero y como persona. Aprecio profundamente su valiosa enseñanza y el ejemplo que han sido para mí.



ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1	Análisis de la situación problemática	14
1.2	Planteamiento del problema	15
1.2.1	Problema general.....	15
1.2.2	Problemas específicos	15
1.3	Objetivos de la investigación	16
1.3.1	Objetivo general.....	16
1.3.2	Objetivos específicos	16
1.4	Justificación de la investigación	17
1.4.1	Justificación técnica	17
1.4.2	Justificación económica	17
1.4.3	Justificación social	17
1.4.4	Justificación ambiental	18
1.5	Hipótesis de la investigación.....	18
1.5.1	Hipótesis general	18
1.5.2	Hipótesis específicas.....	18
1.6	Variables e indicadores	19
1.6.1	Variable independiente.....	19
1.6.2	Variable dependiente	19
1.7	Operacionalización de variables	20



CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación..... 21
2.1.1 Antecedentes internacionales 21
2.1.2 Antecedentes nacionales 23
2.1.3 Antecedentes regionales..... 26
2.2 Marco teórico..... 27
2.2.1 Carreteras no pavimentadas 27
2.2.2 Afirmado..... 29
2.2.2.1 Características en los afirmados 32
2.2.2.2 Espesor del afirmado 35
2.2.3 Suelo..... 36
2.2.3.1 Tipos de suelos según la geotecnia 36
2.2.4 Subrasante..... 39
2.2.5 Estabilización del suelo 41
2.2.5.1 Métodos de Estabilización:..... 45
2.2.6 Aceite sulfonado..... 49
2.2.7 Puzolana de origen vegetal..... 53
2.3 Marco conceptual 54

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación 57
3.2 Métodos de la investigación..... 58
3.3 Nivel y tipo de investigación..... 58
3.3.1 Tipo de investigación..... 58
3.3.2 Nivel de investigación..... 59
3.4 Población y muestra de la investigación 60
3.4.1 Población 60
3.4.2 Muestra..... 60
3.5 Técnicas e instrumentos 61
3.5.1 Técnicas..... 61
3.5.2 Instrumentos 61
3.6 Validación y confiabilidad del instrumento 62



3.6.1 Validación de instrumentos	62
3.6.2 Confiabilidad de instrumentos	62
3.7 Procedimiento de recolección de datos	62
3.7.1 Procedimiento	63
3.7.2 Ensayos en laboratorio.....	63
3.8 Procesamiento y análisis de datos.....	70

CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación y análisis de resultados	72
4.1.1 CBR del suelo de la subrasante y espesor del afirmado de la carretera Rosaspata-Huayrapata	72
4.1.2 CBR del suelo de la subrasante con el empleo de aceite sulfanado.....	77
4.1.3 CBR del suelo de la subrasante con el empleo de puzolana de origen vegetal.	86
4.1.4 Espesor optimizado del afirmador considerando una subrasante estabilizada	95
4.2 Discusión de resultados.....	97
CONCLUSIONES.....	100
RECOMENDACIONES	101
BIBLIOGRAFÍA.....	102
ANEXOS	105



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables	20
Tabla 2	Compactación en la subrasante del suelo natural.....	72
Tabla 3	CBR en la subrasante de suelo natural.....	75
Tabla 4	Compactación en la subrasante con 0.2lt/m ³ de aceite sulfonado.....	77
Tabla 5	CBR en la subrasante con 0.2lt/m ³ de aceite sulfonado.....	80
Tabla 6	Compactación en la subrasante con 0.5lt/m ³ de aceite sulfonado.....	81
Tabla 7	CBR en la subrasante con 0.5lt/m ³ de aceite sulfonado.....	84
Tabla 8	Compactación en la subrasante con 3% de puzolana de origen vegetal.....	86
Tabla 9	CBR en la subrasante con 3% de puzolana de origen vegetal.....	89
Tabla 10	Compactación en la subrasante con 6% de puzolana de origen vegetal.....	90
Tabla 11	CBR en la subrasante con 6% de puzolana de origen vegetal.....	93
Tabla 12	Espesor del afirmado según la tabla del MTC.....	96
Tabla 13	Comparativa del espesor del afirmado.....	96



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Patología en el afirmado	32
Figura 2 Aceite sulfonado.....	51
Figura 3 Correlación entre humedad y densidad en CE-1	73
Figura 4 Correlación entre humedad y densidad en CE-2.....	73
Figura 5 Correlación entre humedad y densidad en CE-3.....	74
Figura 6 Correlación entre humedad y densidad en CE-4.....	74
Figura 7 Compactación en la subrasante del suelo natural	75
Figura 8 CBR en la subrasante de suelo natural	76
Figura 9 Espesor del afirmado en la carretera Rosaspata-Huayrapata	76
Figura 10 Correlación entre humedad y densidad en CE-1 con 0.2lt/m3 de aceite sulfonado	77
Figura 11 Correlación entre humedad y densidad en CE-2 con 0.2lt/m3 de aceite sulfonado	78
Figura 12 Correlación entre humedad y densidad en CE-3 con 0.2lt/m3 de aceite sulfonado	78
Figura 13 Correlación entre humedad y densidad en CE-4 con 0.2lt/m3 de aceite sulfonado	79
Figura 14 Compactación en la subrasante con 0.2lt/m3 de aceite sulfonado	79
Figura 15 CBR en la subrasante con 0.2lt/m3 de aceite sulfonado	80
Figura 16 Correlación entre humedad y densidad en CE-1 con 0.5lt/m3 de aceite sulfonado	81
Figura 17 Correlación entre humedad y densidad en CE-2 con 0.5lt/m3 de aceite sulfonado	82
Figura 18 Correlación entre humedad y densidad en CE-3 con 0.5lt/m3 de aceite sulfonado	82
Figura 19 Correlación entre humedad y densidad en CE-4 con 0.5lt/m3 de aceite sulfonado	83
Figura 20 Compactación en la subrasante con 0.5lt/m3 de aceite sulfonado	83
Figura 21 CBR en la subrasante con 0.5lt/m3 de aceite sulfonado	84
Figura 22 Correlación entre humedad y densidad en CE-1 con 3% de puzolana de origen vegetal.....	86
Figura 23 Correlación entre humedad y densidad en CE-2 con 3% de puzolana de origen vegetal	87



Figura 24 Correlación entre humedad y densidad en CE-3 con 3% de puzolana de origen vegetal 87

Figura 25 Correlación entre humedad y densidad en CE-4 con 3% de puzolana de origen vegetal 88

Figura 26 Compactación en la subrasante con 3% de puzolana de origen vegetal 88

Figura 27 CBR en la subrasante con 3% de puzolana de origen vegetal 89

Figura 28 Correlación entre humedad y densidad en CE-1 con 6% de puzolana de origen vegetal 90

Figura 29 Correlación entre humedad y densidad en CE-2 con 6% de puzolana de origen vegetal 91

Figura 30 Correlación entre humedad y densidad en CE-3 con 6% de puzolana de origen vegetal 91

Figura 31 Correlación entre humedad y densidad en CE-4 con 6% de puzolana de origen vegetal 92

Figura 32 Compactación en la subrasante con 6% de puzolana de origen vegetal 92

Figura 33 CBR en la subrasante con 6% de puzolana de origen vegetal 93



RESUMEN

La investigación, titulada "Optimización del espesor de afirmado mediante mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante con adición de aceite sulfonado y aditivo puzolánico en la carretera Rosaspata - Huayrapata 2024", tuvo como objetivo principal optimizar el espesor de afirmado mediante la mejora de la capacidad de soporte de la subrasante con la adición de aceite sulfonado y aditivo puzolánico vegetal. La metodología de investigación fue experimental, con un enfoque aplicado y de nivel explicativo. Los resultados indicaron que el CBR de la subrasante del suelo natural en la carretera Rosaspata-Huayrapata, medido en los puntos de control, presentó los siguientes valores: en el punto CE-1, el CBR fue de 5.30%; en CE-2, fue de 5.22%; en CE-3, fue de 5.15%; y en CE-4, fue de 5.52%. El espesor del afirmado encontrado en la carretera fue de 25 cm. La adición de aceite sulfonado en proporciones de 0.2 lt/m³ y 0.5 lt/m³ presentó mejoras significativas en la subrasante. Los mejores resultados se obtuvieron con la adición de 0.5 lt/m³, donde los valores del CBR en los puntos de control fueron los siguientes: en CE-1, 12.60%; en CE-2, 11.79%; en CE-3, 11.34%; y en CE-4, 13.45%. De igual manera, la adición de puzolana de origen vegetal en proporciones de 3% y 6% también mostró mejoras en la subrasante. Los mejores resultados se obtuvieron con la adición del 6%, donde los valores del CBR en los puntos de control fueron los siguientes: en CE-1, 12.39%; en CE-2, 11.50%; en CE-3, 11.30%; y en CE-4, 12.00%. El espesor del afirmado mediante la estabilización de la subrasante con 0.5 lt/m³ de aceite sulfonado presentó un CBR promedio de 12.30% con ejes equivalentes (EE) de 30,088. El espesor resultante fue de 15 cm, lo que representa una reducción de aproximadamente 10 cm respecto al espesor original.

Palabras Clave: Afirmado, Estabilización de la Subrasante, Aceite Sulfonado, Puzolana Vegetal.



ABSTRACT

The main objective of the research, entitled "Optimization of the pavement thickness by improving the bearing capacity of the subgrade with the addition of sulfonated oil and vegetable pozzolanic additive in the Rosaspata - Huayrapata 2024 road", was to optimize the pavement thickness by improving the bearing capacity of the subgrade with the addition of sulfonated oil and vegetable pozzolanic additive. The research methodology was experimental, with an applied and explanatory approach. The results indicated that the CBR of the natural soil subgrade on the Rosaspata-Huayrapata road, measured at the control points, presented the following values: at point CE-1, the CBR was 5.30%; at CE-2, it was 5.22%; at CE-3, it was 5.15%; and at CE-4, it was 5.52%. The thickness of the pavement found on the road was 25 cm. The addition of sulfonated oil in proportions of 0.2 lt/m³ and 0.5 lt/m³ presented significant improvements in the subgrade. The best results were obtained with the addition of 0.5 lt/m³, where the CBR values at the control points were as follows: in CE-1, 12.60%; in CE-2, 11.79%; in CE-3, 11.34%; and in CE-4, 13.45%. Similarly, the addition of pozzolan of vegetable origin in proportions of 3% and 6% also showed improvements in the subgrade. The best results were obtained with the addition of 6%, where the CBR values at the control points were as follows: in CE-1, 12.39%; in CE-2, 11.50%; in CE-3, 11.30%; and in CE-4, 12.00%. The thickness of the pavement by stabilizing the subgrade with 0.5 lt/m³ of sulfonated oil showed an average CBR of 12.30% with equivalent axes (EE) of 30,088. The resulting thickness was 15 cm, which represents a reduction of approximately 10 cm with respect to the original thickness.

Keywords: Subgrade Stabilization, Subgrade Stabilization, Sulfonated Oil, Vegetable Pozzolan.



INTRODUCCIÓN

En la construcción y mantenimiento de carreteras, uno de los desafíos más significativos es garantizar la durabilidad y resistencia del afirmado. En el contexto de la carretera Rosaspata – Huayrapata, situada en una región con condiciones climáticas variables y suelos de capacidad portante limitada, la optimización del espesor del afirmado se convierte en una necesidad imperiosa. El poder de soporte de la subrasante juega un papel crucial en la estabilidad y longevidad de las capas superiores del pavimento. Tradicionalmente, se han empleado diversas técnicas de mejoramiento de suelos, pero estas a menudo resultan en altos costos y complejidad de aplicación.

Este estudio propone una solución innovadora para optimizar el espesor del afirmado mediante el progreso de la capacidad de soporte de la subrasante con la añadidura de aceite sulfonado y aditivo puzolánico vegetal. El aceite sulfonado es conocido por sus propiedades de mejoramiento del suelo, incrementando la cohesión y resistencia a la deformación. Por otro lado, el aditivo puzolánico vegetal, una alternativa sostenible, ofrece beneficios significativos en el suelo.

La investigación se desarrollará en la carretera Rosaspata – Huayrapata, una vía crucial para la conectividad y el desarrollo económico de la región. Esta carretera presenta desafíos particulares debido a la heterogeneidad de sus suelos y las exigencias de tráfico pesado. Se espera que los hallazgos de este estudio proporcionen una base sólida para la aplicación de estas técnicas en proyectos futuros, contribuyendo a la eficiencia y sostenibilidad de la infraestructura vial en la región.

Capítulo I: En este primer capítulo se establecen los cimientos fundamentales del estudio. Se definen claramente las variables involucradas, proporcionando un marco conceptual que guiará la investigación. Asimismo, se delinean los objetivos tanto generales



como específicos, los cuales marcan el rumbo que seguirá el trabajo. También se justifica ampliamente la importancia de este estudio, explicando por qué es crucial abordar la problemática planteada, destacando su relevancia en el contexto actual. Finalmente, se exponen las hipótesis de trabajo que orientarán el análisis de los datos y las conclusiones que se derivarán de la investigación.

Capítulo II: Se dedica a la construcción de un sólido marco teórico. Aquí se realiza un análisis profundo de estudios previos y contribuciones clave en el área de investigación. Se resumen las principales teorías y conceptos relevantes, estableciendo un contexto académico y conceptual para el estudio. Además, este capítulo identifica las lagunas de conocimiento que la investigación busca llenar, ofreciendo un panorama claro de la contribución que este trabajo pretende realizar en el campo.

Capítulo III: Los métodos y técnicas utilizados a lo largo de la investigación se describen en profundidad en el tercer capítulo. Se proporciona una explicación detallada del enfoque metodológico seleccionado, fundamentando la elección de los métodos y herramientas empleados para la obtención y el análisis de los datos. También se identifican y seleccionan los participantes del análisis o los especímenes examinados, explicando el proceso de selección y las razones detrás de las decisiones metodológicas. Este capítulo asegura que el proceso investigativo sea replicable y transparente.

Capítulo IV: Está enfocado en la presentación y el análisis de los resultados obtenidos a lo largo de la investigación. Los datos recogidos se organizan en tablas y gráficos para proporcionar su interpretación y comprensión. Además, se realiza una comparación minuciosa entre los resultados obtenidos y los hallazgos de estudios previos, ofreciendo un análisis detallado sobre las similitudes, diferencias y nuevas aportaciones que esta investigación ofrece al campo. Este capítulo es clave para extraer conclusiones que respondan a los objetivos e hipótesis planteados en el primer capítulo.



En conjunto, esta estructura asegura una investigación coherente, bien fundamentada y capaz de ofrecer nuevas perspectivas en el área de estudio.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

A nivel mundial, la industria edificadora se encuentra ante retos significativos relacionados con la sostenibilidad y la durabilidad de las infraestructuras viales. Uno de los problemas más críticos es el deterioro rápido de las carreteras debido a la insuficiente estabilidad de soporte de la subrasante, que se ve exacerbado por el incremento del tráfico pesado y las condiciones climáticas extremas. Las soluciones tradicionales, como el uso de materiales no renovables y procesos de construcción intensivos en carbono, no solo son costosas, sino que también tienen un impacto ambiental considerable. En este contexto, la optimización del espesor de afirmado mediante el mejoramiento de la subrasante con aditivos sostenibles como el aceite sulfonado y puzolanas vegetales se presenta como una solución innovadora y necesaria para prolongar la vida útil de las carreteras y reducir el impacto ambiental.

En Perú, la red vial es fundamental para el desarrollo económico y social, conectando zonas urbanas y rurales. Sin embargo, muchas carreteras, especialmente en regiones rurales y de difícil acceso, presentan problemas de mantenimiento y durabilidad. La subrasante en estas áreas a menudo tiene una baja capacidad de soporte, lo que resulta en una rápida degradación de las vías, aumentando los costos de reparación y

mantenimiento. El uso de materiales y técnicas de construcción tradicionales no siempre es viable debido a limitaciones económicas y logísticas. La implementación de tecnologías y materiales alternativos, como el aceite sulfonado y aditivos puzolánicos vegetales, podría mejorar significativamente la resistencia y durabilidad de las carreteras peruanas, ofreciendo una solución sostenible y económica para la infraestructura vial del país.

La carretera Rosaspata – Huayrapata es un ejemplo concreto de los desafíos viales a nivel local en Perú. Esta vía, crucial para la conectividad y el desarrollo económico de la región, sufre de problemas estructurales por la escasa capacidad de carga de la subrasante, lo que provoca un rápido deterioro del afirmado y dificulta el tránsito, especialmente durante la temporada de lluvias. Los métodos de construcción y materiales utilizados hasta ahora no han sido suficientes para garantizar una infraestructura duradera y resistente. La adición de aceite sulfonado y aditivos puzolánicos vegetales podría mejorar la capacidad de soporte de la subrasante, optimizando el espesor del afirmado y, en consecuencia, extendiendo la vida útil de la carretera.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿De qué manera se optimiza el espesor de afirmado mediante mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante con adición de aceite sulfonado y aditivo puzolánico vegetal en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024?

1.2.2 *Problemas específicos*

- a. ¿Cuál es la capacidad de soporte CBR de los suelos de subrasante y el espesor del afirmado de la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024?
- b. ¿Cuál es la incidencia de la adición del aceite sulfonado en porcentajes variables sobre la capacidad de soporte CBR de la subrasante en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024?



- c. ¿Cuál es el efecto de la adición de aditivo puzolánico vegetal en porcentajes variables sobre la capacidad de soporte CBR de la subrasante en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024?
- d. ¿Cuál es el espesor optimizado del afirmado considerando una subrasante estabilizada y los ejes equivalentes actuales de la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Optimizar el espesor de afirmado mediante mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante con adición de aceite sulfonado y aditivo puzolánico vegetal en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- a. Determinar la capacidad de soporte CBR de los suelos de subrasante y el espesor del afirmado de la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024.
- b. Evaluar la incidencia de la adición de aceite sulfonado en porcentajes variables sobre la capacidad de soporte CBR de la subrasante en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024.
- c. Analizar el efecto de la adición de aditivo puzolánico vegetal en porcentajes variables sobre la capacidad de soporte CBR de la subrasante en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024.
- d. Determinar el espesor optimizado del afirmado considerando una subrasante estabilizada y los ejes equivalentes actuales de la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 *Justificación técnica*

La optimización del espesor de afirmado mediante el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante con la adición de aceite sulfonado y aditivo puzolánico vegetal responde a la necesidad de mejorar las particularidades mecánicas del suelo, acrecentando su resistencia. La inclusión de estos aditivos permite estabilizar la subrasante, lo que resulta en una estructura más robusta y capaz de soportar mayores cargas sin deformaciones significativas. Técnicamente, este enfoque reduce el riesgo de fallas prematuras y prolonga la vida en servicio de la carretera, disminuyendo la necesidad de reparaciones frecuentes y costosas.

1.4.2 *Justificación económica*

Económicamente, la optimización del espesor de afirmado con la adición de estos aditivos representa una inversión inicial que se traduce en ahorros significativos a largo plazo. Al incrementar la estabilidad de la subrasante, se reduce la cantidad de material de afirmado necesario, lo que disminuye los costos de construcción. Además, al incrementar la durabilidad de la carretera, se reducen los costos de mantenimiento y reparación a lo largo de su vida útil. Esta estrategia también optimiza el uso de recursos, promoviendo una gestión más eficiente del presupuesto asignado al proyecto.

1.4.3 *Justificación social*

Desde una perspectiva social, mejorar la infraestructura vial mediante técnicas avanzadas contribuye directamente al bienestar de la comunidad. Una carretera en óptimas condiciones facilita el acceso a servicios básicos como salud, educación y comercio, fomentando el desarrollo económico y social de las regiones conectadas por la carretera Rosaspata – Huayrapata. La mejora en la calidad del transporte reduce el tiempo de viaje y los costos asociados, beneficiando a los usuarios diarios y aumentando la seguridad vial..

1.4.4 Justificación ambiental

En términos ambientales, la adición de aceite sulfonado y aditivo puzolánico vegetal presenta ventajas significativas. Estos aditivos, al mejorar la capacidad de soporte de la subrasante, permiten una reducción en el espesor del afirmado, disminuyendo así la cantidad de materiales extraídos del medio ambiente. Además, los aditivos puzolánicos vegetales suelen derivarse de materiales orgánicos y residuos agroindustriales, promoviendo la reutilización de recursos y reduciendo el impacto ambiental. Este enfoque contribuye a la sostenibilidad del proyecto al minimizar la huella ecológica asociada a la construcción y mantenimiento de la carretera.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

El espesor de afirmado mediante mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante con adición de aceite sulfonado y aditivo puzolánico vegetal en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024, se reducirá ante el mejoramiento del CBR.

1.5.2 Hipótesis específicas

- a. La capacidad de soporte CBR de los suelos de subrasante y la capa de afirmado de la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024, estarán por debajo de las especificaciones mínimas de calidad.
- b. La incidencia de la adición de aceite sulfonado en porcentajes variables incrementará la capacidad de soporte CBR de la subrasante en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024.
- c. El efecto de la adición de aditivo puzolánico vegetal en porcentajes variables mejorará la capacidad de soporte CBR de la subrasante en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024.



- d. El espesor del afirmado considerando una subrasante estabilizada y los ejes equivalentes actuales de la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024, estará por debajo del espesor actual del afirmado existente.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 *Variable independiente*

Aceite sulfonado y aditivo puzolánico vegetal.

1.6.2 *Variable dependiente*

Capacidad de soporte del suelo de la subrasante y espesor del afirmado.

Indicador:

CBR.

IMDA.

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO VEGETAL	<p>El aceite sulfonado es un tipo de aceite mineral tratado químicamente con ácido sulfúrico para introducir grupos sulfonato en su estructura.</p> <p>Un aditivo puzolánico vegetal es un material de origen vegetal que contiene propiedades cementantes o puzolánicas.</p>	Porcentajes de empleo	<p>Empleo del 0.2 y 0.5 lt/m³ de aceite sulfonado.</p> <p>Empleo del 3% y 6% de puzolana de origen vegetal.</p>	Ficha de toma de datos
VARIABLE DEPENDIENTE				
CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE LA SUBRASANTE Y ESPESOR DEL AFIRMADO	<p>La capacidad de soporte del suelo de la subrasante se refiere a la capacidad del suelo subyacente en una carretera o estructura para resistir las cargas aplicadas sin sufrir deformaciones excesivas.</p> <p>La capacidad de soporte del suelo de la subrasante se refiere a la capacidad del suelo subyacente en una carretera o estructura para resistir las cargas aplicadas sin sufrir deformaciones excesivas.</p>	Capacidad de soporte y determinación de espesor adecuado	CBR Y IMD	<p>Herramientas de laboratorio</p> <p>Fichas de toma de datos</p>

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Según Portilla & Andaluz (2022) en su investigación titulada “Estudio del efecto de la ceniza de cáscara de arroz en las propiedades físico-mecánicas en suelos finos de subrasante”, se centró en investigar el impacto que tiene la ceniza de cascarilla de arroz sobre las propiedades físico-mecánicas de suelos de subrasante fina. Con el propósito de comparar los valores de CBR, se investigaron suelos de tres localidades, se combinaron muestras de suelo con ceniza de cascarilla de arroz en proporciones variables: 0%, 1%, 3%, 5% y 8%. Se identificó una reducción en el grosor de la capa de pavimento en el diseño que incorporaba suelo estabilizado. Asimismo, se llevó a cabo un análisis económico para evaluar el impacto de la inclusión de ceniza de cascarilla de arroz en los costos relacionados con la construcción vial. Los resultados que se obtuvieron son los siguientes: la densidad seca y de humedad in situ para Santa Isabel es de 1.362 g/cm³ y 0.615 g/cm³, cuando se trata de Fátima es de 1.292 g/cm³ y 0.478 g/cm³, y cuando se trata de Veracruz es de 1.311 g/cm³ y 0.514 g/cm³, respectivamente. En cuanto a la gravedad específica, Santa Isabel tiene un valor de 2,69, mientras que Fátima y Veracruz tienen un valor de 2,73. Esto indica que estos tres suelos tienen una gravedad específica de 2,69. Esto indica que estos tres suelos se clasifican como suelos finos, arcillas y limos respectivamente. De



acuerdo con los criterios establecidos por la AASHTO y el SUCS, la granulometría revela que el 52,58% de las partículas de Santa Isabel, el 56,20% de Fátima y el 50,48% de Veracruz son capaces de atravesar el tamiz #200. Esto indica que estos suelos se clasifican como suelos finos, arcillosos y limosos, respectivamente. Esto indica que estos suelos se clasifican como suelos de grano fino. Los límites líquido y plástico de Santa Isabel son de 48,08% y 40,77%, respectivamente, según los límites de Atterberg. Estos valores son idénticos a los de Fátima y Veracruz, por otra parte. El Sistema opina que. Debido al alto contenido de humedad natural, el grado de compactación natural en Santa Isabel es de 49.56%, mientras que en Fátima es de 37.91%, y en Veracruz es de 41.59%. Esto indica que estos suelos no están densamente compactados a causa del exceso de humedad en el material natural. La utilización de ceniza de cascarilla de arroz produce un aumento de la capacidad portante CBR. En Santa Isabel, la capacidad mejora de 7,80% a 12,10%, en Fátima, aumenta de 8,60% a 13,20%, y en Veracruz, aumenta de 8,40% a 13,50%.

Además, Bitre (2019) en su artículo titulado "Aplicación de aceite contaminado proveniente de vehículos para estabilizar suelos en capas base y subbase en vías", se estudiaron los resultados de las mezclas de suelo que contenían filthy oil, centrándose principalmente en la mejora de las cualidades de resistencia, que se reflejaba en el valor del California Bearing Ratio (C.B.R.). Según los resultados, se encontraron las cantidades ideales de agua y aceite sucio para mejorar las cualidades del suelo, lo que indica que su utilización es viable para lograr este objetivo. El aceite sucio de vehículo que se utilizó procedía de un motor diesel y tenía una gravedad específica de 0,9695 y una pérdida porcentual de material del 1,064% cuando se calentaba a 110 grados centígrados. Los resultados de los experimentos mostraron que el contenido óptimo de humedad se reduce a medida que aumenta el contenido de aceite, mientras que la densidad seca máxima aumenta hasta el 5,08% para un 5% de aceite sucio. Este fue el caso en todas las condiciones probadas. Por otra parte, la combinación que se obtuvo no es adecuada, ya que se convierte en líquido y carece de cohesividad. Se observó una expansión de hasta



el 0,08%, lo que duplica el valor inicial pero no supera el aumento máximo recomendado. Al 100%, los valores de C.B.R. aumentaron un 4,00%, 49,33% y 2,67%, y se redujeron un 16% y 42,67% para niveles de aceite sucio del 1%, 2%, 3%, 3%, 4% y 5%, respectivamente, lo que sugiere que el máximo aparente se alcanzó al 2% de aceite sucio. Además, la prueba realizada sólo con aceite sucio demostró una reducción del 1,47% en la densidad seca máxima y una pérdida del 9,33% en el C.B.R. al 100% de capacidad. En la medida en que se descubrieron los mayores valores aparentes, se demostró que el aceite sucio presentaba una actividad aglutinante contra las partículas del suelo. El C.B.R. al 100% de 112 (un aumento del 49,33%) se alcanzó para un 2% de aceite sucio y un 4,48% de contenido de humedad con respecto a la muestra seca. Esto se ajustaba a los requisitos de la A.B.C. para la capa de base, que estipulaba que la densidad máxima en seco debía ser de 2,23 kg/Dm³, y la expansión máxima de 0,06%. Como resultado de la reducción de las calidades iniciales y de los retos asociados a evitar la humedad, se recomienda encarecidamente no combinar aceite sucio con aceite limpio.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Conforme a Rentería (2021) en su estudio titulado "Implementación de estabilización con aceite sulfonado en la vía sin pavimentar de Av. Tupac Amaru y Av. Cámara Real, Lima - 2022" es algo que entra en la categoría de investigación aplicada. El propósito principal fue evaluar el impacto de la estabilización química con aceite sulfonado en la vía no pavimentada. En la carretera no pavimentada Tupac Amaru, la idea general fue que existe una asociación beneficiosa entre la estabilización química con aceite sulfonado y la carretera. Sobre la base de los resultados, se determinó que el suelo en cuestión se clasifica como arena-limo (SM) según el sistema de clasificación SUCS. En términos de la clasificación AASHTO, el suelo fue categorizado como A-1-b (0), que es una categoría que abarca materiales que están compuestos en gran parte de arena gruesa y pueden o no contener un aglutinante de suelo bien graduado. Tras realizar la investigación,



se demostró que la adición de aceite sulfonado en diferentes dosis produce un aumento del 17,0% en el CBR en comparación con su estado natural. Los valores de CBR para el suelo natural que contenía aceite sulfonado fueron los siguientes: 49,6%, 55,9% y 60,3%, respectivamente. Estas cifras demuestran que el aumento de la cantidad añadida mejora la resistencia del suelo. En comparación con el suelo natural, las pruebas Proctor modificadas demostraron un aumento tanto de la DSM(gr/cm³) como del COH(%). Se determinó que el suelo natural tenía una densidad seca máxima de 2.000 gramos por centímetro cúbico, y el contenido óptimo de humedad era del 6,5%. Cuando se aplicó aceite sulfonado en las dosis que se especificaron anteriormente, las densidades secas máximas que se alcanzaron fueron 2,014, 2,007 y 2,018 gr/cm³, y los contenidos de humedad óptimos que se obtuvieron fueron 6,8%, 7,2% y 7,0%, respectivamente.

Asimismo, Efus (2020) en su estudio titulado " Aplicación de estabilización química mediante aceite sulfonado y permazyme en la carretera sin pavimentar Chacco – Muruncancha, Quinua, Huamanga – Ayacucho – 2020", el propósito principal fue evaluar el impacto de la estabilización química mediante la utilización de aceite sulfonado. Dentro del contexto de esta carretera sin pavimentar, la premisa principal fue que la aplicación de la estabilización química utilizando aceite sulfonado tendría un efecto beneficioso. Basándose en los resultados, se determinó que el suelo en cuestión está clasificado como arena-limo (SM) según el sistema de clasificación SUCS. Según (ASHTO), se determinó que el suelo era del tipo A-1-b (0). Esta clasificación de suelo incluye materiales formados predominantemente por arena gruesa, con o sin un aglutinante de suelo bien graduado. Tras realizar la investigación, se demostró que la adición de aceite sulfonado en diferentes dosis da como resultado un aumento del 17,0% en el CBR en comparación con su estado natural. Los valores de CBR para el suelo natural que contenía aceite sulfonado fueron los siguientes: 49,6%, 55,9% y 60,3%, respectivamente. Estas cifras demuestran que la adición gradual del aditivo produce un aumento de la resistencia del suelo con cada adición



sucesiva. En comparación con el suelo natural, las pruebas Proctor modificadas demostraron un aumento tanto de la densidad seca máxima (gr/cm³) como del contenido de humedad óptimo (%). Se determinó que el suelo natural tenía una densidad seca máxima de 2.000 gramos por centímetro cúbico, y el COH era del 6,5%. Cuando se aplicó aceite sulfonado en las dosis que se especificaron anteriormente, las densidades secas máximas que se alcanzaron fueron 2,014, 2,007 y 2,018 gr/cm³, y los contenidos de humedad óptimos que se obtuvieron fueron 6,8%, 7,2% y 7,0%, respectivamente.

Finalmente, Mas (2021) en su estudio titulado "Implementación de ceniza de cáscara de arroz y terrasil para estabilizar la subrasante en la carretera Cashac – Cuelcacha, Quinjalca, Chachapoyas 2021", el objetivo principal de esta investigación fue investigar la forma en que la ceniza de cascarilla de arroz y el aditivo Terrasil podrían ser utilizados para estabilizar la subrasante. La formulación de este estudio se realizó mediante la utilización de un diseño experimental aplicado, un nivel de investigación explicativo y una técnica cuantitativa. La población que se tomó en consideración fue de 18,650 kilómetros a lo largo de la ruta Cashac-Cuelcacha, sin embargo, la muestra solo abarcó dos kilómetros entre dos mil y dieciséis mil kilómetros. Se observó que el índice de plasticidad (IP) disminuyó de 23% a 17% en el transcurso del estudio. En cuanto a los parámetros de la densidad seca máxima (DMS) y el contenido óptimo de humedad (CHO), no se observaron cambios apreciables. La expansión del molde de 58 tiempos se redujo significativamente, pasando del 3,887% al 1,657%. Se trata de una mejora significativa en términos de expansión. Como punto de interés adicional, el California Bearing Ratio (CBR) pasó del 3,5% al 7,0%, lo que equivale a una cifra dos veces superior a la del suelo en su forma original. Varios índices, incluyendo PI, MDS, OCH y expansión, se muestran mejorados por la adición, siendo la mejora más significativa la del CBR, que aumenta del 3,5% al 7%. Los datos sugieren que el aditivo es eficaz. En consecuencia, la subrasante pasa de una categoría inadecuada a una categoría regular como resultado de ello.

2.1.3 Antecedentes regionales

Según Tique (2022) en su investigación denominada " Aplicación de cal y aceites reciclados para estabilizar suelos en el tramo Collacachi – Inchupalla, Puno 2022", el propósito principal fue mejorar la accesibilidad de las vías que no eran de construcción pavimentada. A través de muestras de campo y pruebas de laboratorio se descubrió que la subrasante estaba compuesta por arcilla arenosa de baja plasticidad. Se incorporaron cal y aceites reciclados a la subrasante para estabilizarla. Para encontrar la concentración óptima de cal, que se determinó en un 6%, se utilizó el método de Eades & Grim. Además, se incluyeron aceites reciclados en la mezcla en las siguientes proporciones: 1%, 2%, 3% y 4%. Para cada una de las muestras, se descubrió que los valores del índice de soporte de California (CBR) eran 8, 9,8, 12 y 9,87, respectivamente, cuando la densidad seca máxima (MDD) se situaba en torno al 95%. Finalmente, se estableció que la dosis óptima en el tramo Collacachi - Inchupalla, la estabilización de la subrasante se realiza con un 6% de cal y un 3% de aceites reciclados. Esta combinación confiere características hidrofóbicas al suelo estabilizado. El CBR de la subrasante, que tenía un valor de 5,20% y se consideraba un suelo pobre, mejoró considerablemente al inicio del proceso. Mediante el uso de la técnica de Eades y Grim, se estableció que la concentración ideal de cal sería del 6%, y el pH de 12,40. La combinación del 6% de cal y el 3% de aceites reciclados produjo un CBR del 12%, lo que supuso una mejora del 6,8% en el suelo y mejores condiciones para el pavimento como consecuencia de la adición de características hidrófobas.

Ademas, Chura & Tipo (2022) en el estudio titulado "Adición de ceniza de hojas de cañihua-haba para la estabilización de subrasante del camino vecinal Caracoto – Coata, Puno-2022", tuvo como objetivo determinar en qué medida la incorporación de ceniza de hoja de cañihua y haba incide en la estabilización de la subrasante de la carretera Caracoto - Coata. Para lograr este objetivo, se incluyeron en la composición general proporciones variables de ceniza de hoja de cañihua y haba. Para el desarrollo de la metodología

empleada se utilizó un diseño cuasi-experimental, un enfoque cuantitativo y un nivel experimental. Para el propósito de este estudio, toda la subrasante de la carretera Caracoto-Coata fue incluida en la población. Luego de analizar los datos, se determinó que la dosis que arrojó los mejores resultados fue la combinación de 4% de ceniza derivada de hojas de cañihua y 3% de ceniza derivada de hojas de haba. Con esta mezcla se obtuvo una disminución del 16,34% en el límite líquido, un aumento del 2,31% en el límite plástico, una disminución del 40,54% en el índice de plasticidad, un aumento del 4,48% en la DSM, una disminución del 25,98% en el COH y un aumento del 105,77% en el CBR al 95% de la densidad seca máxima. Asimismo, se puede concluir que la incorporación de ceniza de hoja de cañihua y haba en la subrasante de la carretera Caracoto - Coata tiene un efecto favorable sobre la estabilidad de la subrasante, resultando en una mejora sustancial de los atributos físicos y mecánicos de la carretera.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Carreteras no pavimentadas

Las vías no pavimentadas hacen referencia a carreteras construidas sobre suelos naturales y estables, utilizando materiales como afirmados, gravas o suelos estabilizados. Estas carreteras, también denominadas como carreteras de bajo tránsito, son comúnmente empleadas en áreas rurales o zonas con tráfico vehicular limitado, donde el pavimento convencional no es económicamente viable o necesario (Gallo, 2022).

Existen diferentes tipos de caminos con superficies de rodadura no pavimentada, entre los cuales se incluyen:

- Caminos de Tierra: Estos caminos son construidos a partir de suelos naturales, que son mejorados mediante la adición de gravas seleccionadas a través de procesos de zarandeo. Son muy comunes en áreas rurales, donde el tránsito vehicular es bajo. Aunque no proporcionan una superficie de rodadura altamente duradera, cumplen con los requerimientos básicos para su función en estas zonas.



- Caminos de Grava (Lastre): Este tipo de camino se distingue por una capa de revestimiento hecha de materiales pétreos seleccionados, que pueden ser clasificados manualmente o mediante zaranda. Los materiales tienen tamaños máximos de hasta 75 mm. Los caminos de grava ofrecen una superficie más firme y estable que los caminos de tierra, lo que mejora la transitabilidad y reduce el mantenimiento requerido.
- Caminos Afirmados: Estos caminos están contruidos con una capa de revestimiento compuesta por materiales extraídos de cantera, como piedras, arenas y arcillas finas. El tamaño máximo de las partículas es de 25 mm, y la dosificación se realiza de forma manual o mediante zarandas, asegurando una combinación adecuada de materiales. Esta mezcla proporciona una superficie resistente y duradera, capaz de soportar mejor las condiciones de tránsito y el desgaste ambiental en comparación con los caminos de tierra o grava.
- Caminos Afirmados con Estabilización Industrial: En este tipo de camino, la capa de grava afirmada se trata con materiales estabilizantes industriales como cemento, asfalto, cal u otros aditivos químicos. La inclusión de estos estabilizadores mejora significativamente la resistencia y durabilidad de la vía, ya que los ligantes finos y los materiales granulares estabilizados aportan una mayor cohesión y estabilidad estructural a la superficie del camino.

Las vías no pavimentadas juegan un rol crucial en muchas regiones, especialmente en áreas rurales o de difícil acceso, donde el bajo costo de construcción y mantenimiento es una ventaja clave. Aunque no ofrecen la misma durabilidad que las carreteras pavimentadas, su diseño y construcción pueden ser optimizados mediante una cuidadosa selección de materiales y la aplicación de técnicas adecuadas. Esto permite que estas vías cumplan su función de manera efectiva, asegurando la transitabilidad y prolongando su vida útil, incluso en condiciones adversas (Quiroz, 2022).

2.2.2 *Afirmado*

El material granular conocido como afirmado es ampliamente utilizado en la construcción y mantenimiento de caminos vecinales en el distrito de Barranca. Sin embargo, a pesar de su uso generalizado, las propiedades físicas de este material, tales como su capacidad de compactación, granulometría y límites de consistencia, no han sido adecuadamente estudiadas o documentadas. Esta falta de información técnica ha resultado en problemas significativos de erosión, observables en la rápida degradación de los caminos con superficie de afirmado (Cahuana, 2016).

El afirmado se define como una capa compactada de materiales granulares, ya sea de origen natural o procesado, cuya función principal es soportar de forma directa las cargas y fuerzas generados por el tránsito vehicular. Las carreteras que utilizan afirmado están compuestas por una capa de revestimiento que se obtiene de materiales extraídos de cantera, y estos pueden ser dosificados de manera natural o mediante procesos mecánicos, como el cribado. Esta dosificación implica la combinación de diferentes materiales, como piedra, que proporciona resistencia a las cargas, arena, y finos o arcillas, los cuales otorgan estabilidad y cohesión a la capa de afirmado (Coba, 2018).

En la literatura técnica, las vías construidas con afirmado se describen como aquellas cuya estructura consta principalmente de dos elementos: la subrasante, que actúa como base del sistema, y la capa de afirmado, que es la que recibe directamente las cargas del tránsito. Estas vías son características por no incluir una capa superior de materiales cementantes, como el asfalto o el cemento, lo que les confiere una menor capacidad de soporte en comparación directa con las carreteras con pavimento, pero las hace más económicas y prácticas en zonas de bajo tránsito.

La capa de afirmado se compone de una mezcla compactada de materiales granulares, que pueden ser naturales o procesados, con gradaciones específicas para soportar las cargas generadas por el tráfico. Es crucial que esta mezcla contenga una

proporción adecuada de materiales finos y cohesivos para asegurar que las partículas del afirmado permanezcan adheridas entre sí, contribuyendo a la durabilidad y estabilidad de la superficie. A diferencia de otros tipos de carreteras, las vías afirmadas no cuentan con revestimientos adicionales de materiales granulares en sus capas superiores o en la carpeta de rodadura, lo que las hace más adecuadas para áreas donde el tránsito vehicular es relativamente bajo (Mamani & Pari, 2022).

La construcción de la capa de afirmado se lleva a cabo utilizando agregados naturales clasificados, como piedra y grava triturada, o una combinación de ambos materiales. La principal función de esta capa es absorber y distribuir la mayor parte de las cargas generadas por los vehículos que circulan sobre la carretera, lo que permite preservar la integridad de la subrasante y reducir el desgaste prematuro de la vía. Además, el afirmado proporciona una superficie relativamente económica y funcional para áreas que no justifican la inversión en pavimentos más complejos, manteniendo una capacidad adecuada para soportar el tránsito ligero o moderado.

Dada esta problemática, se plantea la necesidad de estabilizar el afirmado con la incorporación de aditivos que mejoren sus propiedades y prolonguen la vida útil de los caminos vecinales (Valdez, 2022).

Propiedades Físicas del Afirmado

- **Compactación:** La capacidad de compactación del afirmado es fundamental para asegurar una superficie firme y estable. La compactación insuficiente puede llevar a la formación de baches y depresiones, agravando los problemas de transitabilidad.
- **Granulometría:** La distribución granulométrica del material granular determina su comportamiento mecánico. Un rango adecuado de tamaños de partículas es esencial para lograr una compactación óptima y resistencia al desgaste.

- Límites de Consistencia: Incluyen el límite líquido y el límite plástico, son indicadores clave de la plasticidad del suelo. Estos parámetros influyen en la capacidad del afirmado para resistir deformaciones bajo cargas dinámicas, como el tráfico vehicular (Gonzales, 2023).

❖ Patologías en afirmados

El ciclo de desgaste de un camino sin pavimento, en comparación con las carreteras pavimentadas, se caracteriza por un proceso progresivo que ocurre a un ritmo mucho más acelerado. Este deterioro comienza cuando las partículas finas del suelo, al entrar en contacto bajo la influencia de la humedad, las fracciones más gruesas se adhieren de los materiales del camino. Bajo la acción constante del tráfico vehicular y el desgaste producido por la abrasión de los neumáticos, estas partículas finas tienden a pulverizarse en condiciones secas, generando material particulado en suspensión, comúnmente conocido como polvo. La pérdida constante de estos finos resulta en la separación de los agregados gruesos, que quedan sueltos y sin cohesión. A medida que el tráfico continúa, la superficie de rodadura se desgasta progresivamente, lo que conduce a la aparición de depresiones, baches y ondulaciones en el camino (Gómez, 2020).

Este tipo de problemas estructurales y superficiales en las vías no pavimentadas se ven exacerbados no solo por el tránsito continuo, sino también por la acción de condiciones climáticas adversas, como las lluvias, la presencia de hielo, y el efecto del deshielo. Estos factores contribuyen a una mayor degradación del material que conforma el camino. El proceso de deterioro se puede dividir en varias etapas. Inicialmente, el deterioro es lento y, en muchas ocasiones, pasa desapercibido; sin embargo, con el tiempo, avanza hacia un deterioro más severo y crítico, donde los daños son evidentes y la funcionalidad de la vía se ve comprometida.

En esta etapa crítica del deterioro, la estructura del camino se descompone casi por completo, requiriendo medidas de rehabilitación importantes. En muchos casos, es necesario realizar una nueva conformación del camino, lo que implica nivelar y compactar nuevamente el material, o incluso llevar a cabo una rehabilitación total para restaurar la funcionalidad de la vía. Sin estas intervenciones, el camino puede volverse intransitable, afectando significativamente el tránsito vehicular y la conectividad en la región (Pacheco, 2019).

Este proceso de deterioro más acelerado en las vías no pavimentadas resalta la importancia de un mantenimiento continuo y adecuado para prolongar su vida útil. La aplicación de medidas preventivas, como la reposición de finos y la compactación periódica, puede retrasar el avance del deterioro y mejorar el desempeño de la vía, minimizando así los costos de rehabilitación a largo plazo.

Figura 1

Patología en el afirmado



Nota. Tomada de google

2.2.2.1 Características en los afirmados

Capas inferiores de afirmados: Las capas inferiores de las superficies afirmadas deben contener un mayor porcentaje de piedra y una menor cantidad de arcillas y material



fino. Este diseño asegura que las capas inferiores proporcionen la resistencia necesaria para soportar las cargas del tránsito y actúen eficientemente como drenaje.

Un afirmado de calidad en su capa inferior debe cumplir con las siguientes características:

- **Mayor Proporción de Piedra:** En comparación con las capas superficiales, la capa inferior debe contener una mayor proporción de piedra que las capas superficiales. Para soportar las cargas provocadas por el tráfico, las piedras aportan la resistencia estructural esencial.
- **Menor Proporción de Arcillas y Finos:** Las arcillas y los materiales finos deben estar presentes en un porcentaje muy bajo en la capa inferior. Esto se debe a que estos materiales pueden reducir la capacidad de drenaje y la estabilidad del afirmado (Cabrera & Roque, 2021).

Para garantizar la calidad y durabilidad de las capas inferiores de los afirmados, es fundamental cumplir con una serie de requisitos técnicos que aseguren un rendimiento adecuado y una capacidad estructural suficiente para soportar las cargas generadas por el tráfico. Estos requisitos son determinantes para que la estructura de la vía mantenga su integridad y funcionalidad a lo largo del tiempo. Los criterios principales incluyen:

- **CBR (California Bearing Ratio):** Se requiere un valor mínimo del 40%, según la normativa MTC E 132. El índice CBR mide la capacidad del suelo para soportar cargas, evaluando su resistencia frente a la presión ejercida por el tráfico vehicular. Un CBR elevado indica que el suelo tiene la rigidez y estabilidad necesarias para distribuir eficazmente las cargas sin sufrir deformaciones excesivas, lo que es crucial para mantener la durabilidad del afirmado.
- **Desgaste de Los Ángeles:** El valor máximo permitido es del 50%, según lo especificado por la MTC E 207. Este ensayo se utiliza para evaluar la resistencia al desgaste de los agregados que conforman el afirmado, determinando su durabilidad frente a la fricción

y abrasión provocadas por el tránsito constante. Un bajo nivel de desgaste asegura que los agregados mantendrán sus propiedades mecánicas durante un período prolongado, contribuyendo a la longevidad de la vía.

- **Límite Líquido:** El límite líquido debe ser como máximo del 35%, conforme a la MTC E 110. Este parámetro mide el volumen de agua que un suelo puede absorber antes de comportarse como un líquido. Un límite líquido bajo es esencial para garantizar la estabilidad de las capas inferiores del afirmado, ya que un suelo con un exceso de contenido de agua tiende a volverse inestable y pierde capacidad de soporte, lo que podría comprometer la estructura de la vía bajo condiciones de humedad.

Estos requisitos técnicos son fundamentales para asegurar que las capas inferiores del afirmado proporcionen un soporte estructural sólido y duradero. El cumplimiento de estos estándares garantiza que los materiales utilizados en la construcción de la vía mantengan su resistencia y estabilidad frente a las condiciones adversas del entorno y el tráfico constante. Así, se optimiza tanto la calidad como la durabilidad del afirmado, reduciendo la necesidad de mantenimientos costosos y prolongando la vida útil de la infraestructura.

Tratamiento Superficial del Suelo

Si el Índice de Plasticidad (IP) está fuera del rango de 4% a 12%, es necesario considerar tratamientos superficiales del suelo para mejorar su estabilidad. Algunas opciones incluyen:

- **Reforzamiento con Imprimación Bituminosa:** Aplicar una capa de imprimación bituminosa puede ayudar a estabilizar la superficie y prolongar la vida útil de la vía.
- **Estabilización con Cemento, Cal o Sal:** Utilizar estabilizadores químicos como cemento, cal o sal para optimizar las cualidades del suelo y asegurar su durabilidad (Cabrera & Roque, 2021).

Estos tratamientos son esenciales para mantener y prolongar la vida útil de la vía, asegurando que el afirmado cumpla con los requisitos estructurales y de drenaje necesarios.

2.2.2.2 Espesor del afirmado

Para definir el grosor óptimo del afirmado, se utilizó la metodología desarrollada por la Asociación Nacional de Autoridades de Carreteras de Australia (NAASRA). Este enfoque establece una relación directa entre el valor del CBR del suelo y las cargas aplicadas sobre la capa de afirmado, expresadas en términos del número de repeticiones de Ejes Equivalentes.

La metodología NAASRA es ampliamente reconocida por proporcionar una manera eficiente y precisa de calcular el espesor de las capas de afirmado, considerando tanto la capacidad de soporte del suelo como la intensidad del tráfico que circulará sobre la vía. El valor del CBR se utiliza para evaluar la resistencia del suelo a la penetración y a la deformación bajo cargas vehiculares, mientras que el concepto de Ejes Equivalentes refleja el impacto acumulado del tránsito sobre la estructura de la carretera a lo largo del tiempo.

Al relacionar estos dos factores clave, la metodología permite determinar el espesor adecuado del afirmado que será necesario para resistir el desgaste y la fatiga inducidos por el tráfico. A mayor número de repeticiones de Ejes Equivalentes, es decir, a medida que aumenta la carga vehicular, se requiere un afirmado más grueso para garantizar que la vía conserve su estabilidad estructural y capacidad de soporte a lo largo de su vida útil.

Este enfoque asegura que las capas de afirmado sean diseñadas de manera eficiente, proporcionando el soporte adecuado en función de las condiciones del terreno y las cargas previstas, lo que optimiza tanto la durabilidad de la vía como los costos de construcción y mantenimiento.

La metodología de NAASRA se basa en la relación entre el CBR de la subrasante y las cargas repetitivas que soportará la capa de afirmado. La fórmula utilizada para esta relación es la siguiente:

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} \times (N_{\text{rep}}/120)$$

CBR: CBR de la subrasante

Nrep: Ejes Equivalentes

E: Espesor de afirmado - mm

2.2.3 Suelo

El suelo se define como el resultado de la descomposición y alteración de las rocas y los residuos orgánicos a lo largo del tiempo. Este proceso es continuo y dinámico, ya que los suelos están constantemente sometidos a cambios y modificaciones debido a diversos procesos físicos y biológicos. Estos procesos incluyen la meteorización de las rocas, la actividad de organismos vivos, y la acción del agua y el aire, entre otros factores. Como resultado de estos procesos, existen diferentes tipos de suelos, cada uno con características únicas que dependen de factores como el clima, la topografía, la composición mineral de la roca madre y la presencia de materia orgánica. Estos tipos de suelos varían en su estructura, textura, color, y capacidad para retener agua y nutrientes, lo que influye directamente en su fertilidad y en su capacidad para sustentar distintos tipos de vegetación y ecosistemas (Chura & Tipo, 2022).

2.2.3.1 Tipos de suelos según la geotecnia

En geotecnia, la clasificación de los suelos se realiza evaluando sus propiedades mecánicas y características físicas. Según (Ñaupari, 2021), los principales tipos de suelos son:



a) Arenas y gravas

- Características: Suelos sin cohesión, compuestos por partículas granulares que pueden ser de forma circular o angulosa. Presentan una estructura suelta y granular.
- Contenido: Tienen una limitada presencia de rocas minerales. Principalmente compuestos por cuarzo y otros minerales resistentes a la meteorización.
- Propiedades: Debido a la falta de cohesión, estos suelos no se adhieren entre sí y tienden a ser más estables bajo condiciones de carga. Alta permeabilidad, permitiendo un rápido drenaje del agua. Baja capacidad de retención de agua y nutrientes, lo que puede afectar su uso en la agricultura. Buena capacidad de soporte de carga, lo que los hace ideales para cimentaciones y construcción de estructuras.

b) Limos

- Características: Suelos que pasan por el tamiz N°200, lo que significa que sus partículas son muy finas. Pueden tener una textura suave y polvo fino.
- Contenido: Pueden contener elementos orgánicos que a veces son visibles y otras veces no. Compuestos principalmente por partículas de cuarzo y feldespato.
- Propiedades: Menor plasticidad comparada con las arcillas, lo que significa que tienen menos capacidad de deformarse bajo presión. Menos cohesivos que las arcillas, lo que los hace más susceptibles a la erosión. Moderada capacidad de retención de agua, pero su permeabilidad es menor que la de las arenas. Pueden ser susceptibles a la expansión y contracción con los cambios de humedad, lo que puede afectar su estabilidad.

c) Arcillas

- Características: Formadas a partir de la alteración estructural química y mineralógica de las rocas. Partículas extremadamente finas que son cohesivas.
- Contenido: Compuestas principalmente por minerales de arcilla como la caolinita, montmorillonita y la illita.



- **Propiedades:** Cuando están húmedas, las arcillas son flexibles y maleables, pero al secarse se vuelven duras y quebradizas. Alta cohesión, lo que limita la infiltración de agua y les otorga una baja permeabilidad. Alta capacidad de retención de agua y nutrientes, lo que las hace valiosas para la agricultura. Propensas a la expansión y contracción con los cambios de humedad, lo que puede causar problemas en las estructuras construidas sobre ellas. Alta plasticidad, permitiendo que se deformen significativamente sin fracturarse.

d) Clasificación Adicional de Suelos en Geotecnia

Además de las categorías principales mencionadas, existen otros tipos de suelos que se clasifican según sus propiedades específicas y su comportamiento bajo condiciones particulares:

Suelos Orgánicos: Contienen una alta cantidad de materia orgánica en descomposición, como turba y humus. Generalmente tienen una baja capacidad de soporte y alta compresibilidad, lo que los hace inadecuados para la construcción sin tratamiento previo (Villanueva, 2022).

Suelos Expansivos: Contienen minerales como la montmorillonita que pueden absorber agua y expandirse significativamente. Pueden causar problemas en las estructuras debido a su tendencia a expandirse y contraerse con los cambios de humedad (Villanueva, 2022).

Suelos Colapsables: Compuestos por materiales sueltos y porosos que pueden compactarse y perder volumen cuando se les aplica agua o una carga. Comunes en regiones áridas y semiáridas (Villanueva, 2022).

Suelos Aluviales: Formados por la sedimentación de partículas transportadas por ríos y arroyos. Pueden variar significativamente en su composición y propiedades, dependiendo de su origen y proceso de sedimentación (Villanueva, 2022).

2.2.4 Subrasante

La subrasante es una capa esencial en la construcción de carreteras y pavimentos, ya que constituye el terreno natural o acondicionado que está por debajo de la estructura del pavimento y que soporta las cargas transmitidas por las capas superiores. Su función es fundamental para proporcionar la estabilidad y soporte necesarios para la estructura vial, evitando que se produzcan asentamientos y deformaciones excesivas que puedan comprometer la durabilidad y el desempeño del pavimento a lo largo del tiempo. Para garantizar que la subrasante cumpla con estas funciones, es crucial que tenga una capacidad de soporte adecuada, lo que se evalúa a través de diversas pruebas y procedimientos (Manrique, 2021).

La capacidad de soporte de la subrasante se determina mediante ensayos de campo y laboratorio que permiten medir su resistencia y capacidad para distribuir las cargas aplicadas por el tráfico vehicular. Una de las pruebas más comúnmente empleadas para este propósito es el CBR (California Bearing Ratio), que evalúa la resistencia del suelo a la penetración y su capacidad para soportar cargas sin deformarse. Este tipo de estudio es fundamental para diseñar correctamente la estructura del pavimento, asegurando que la subrasante pueda soportar las cargas previstas del tráfico sin que se produzcan fallos estructurales.

En muchos casos, las condiciones del suelo natural no son lo suficientemente adecuadas para cumplir con los requerimientos estructurales del pavimento. En estas situaciones, se recurre a técnicas de estabilización para mejorar las propiedades de la subrasante. Estas técnicas pueden incluir la adición de materiales estabilizadores, como

cal, cemento o aditivos químicos, que aumentan la resistencia y durabilidad del suelo. Asimismo, la compactación adecuada del suelo es otro método comúnmente utilizado para aumentar su densidad y resistencia, mejorando así su capacidad de soporte.

Estas mejoras en la subrasante no solo incrementan la estabilidad del pavimento, sino que también contribuyen a prolongar su vida útil, reduciendo el riesgo de fallos prematuros y los costos asociados con el mantenimiento y las reparaciones. En resumen, una subrasante bien diseñada y adecuadamente estabilizada es fundamental para garantizar que la estructura vial pueda soportar el tráfico previsto, manteniendo su integridad y funcionalidad durante su vida útil.

Además, el diseño de la subrasante también debe tener en cuenta factores como el drenaje y la resistencia a las heladas. Un buen sistema de drenaje es crucial para evitar la acumulación de agua en la subrasante, lo cual podría debilitarla y reducir su capacidad de soporte. En regiones donde se presentan temperaturas bajas, la resistencia a las heladas también es un factor crítico, ya que el ciclo de congelación y descongelación puede causar daños significativos a la estructura del pavimento. Por lo tanto, una subrasante bien diseñada y adecuadamente preparada es esencial para garantizar la longevidad y el rendimiento del pavimento a lo largo del tiempo (Castillo & Orobio, 2020).

Características de la Subrasante

- **Capacidad de Soporte:** La subrasante debe ser capaz de soportar las cargas que se transmiten a través del pavimento sin deformarse excesivamente. Esto implica que debe tener una adecuada resistencia y estabilidad para asegurar la durabilidad del pavimento.
- **Drenaje:** Es crucial que la subrasante tenga buenas propiedades de drenaje para evitar la acumulación de agua, lo cual podría debilitar su capacidad de soporte y causar daños a la estructura del pavimento.



- **Compactación:** Antes de la construcción de las capas superiores, la subrasante debe ser compactada adecuadamente. Una buena compactación ayuda a mejorar su capacidad de soporte y a reducir el riesgo de asentamientos diferenciales.
- **Tratamiento:** En algunos casos, la subrasante puede requerir tratamientos especiales, como la adición de estabilizantes (cemento, cal, aditivos químicos) para mejorar sus propiedades mecánicas y de durabilidad.

2.2.5 Estabilización del suelo

La estabilización de suelos es un procedimiento orientado a optimizar una o varias características del suelo para satisfacer las necesidades específicas de un proyecto de construcción. Este método incluye la mejora de las propiedades físicas del suelo a través de técnicas mecánicas y la adición de agentes químicos, los cuales pueden ser tanto de origen natural como sintético. En general, los estabilizadores se aplican a suelos de subrasante que presentan características inadecuadas o deficientes, y estos procedimientos de estabilización pueden realizarse con diferentes materiales, tales como suelo-cemento, suelo-cal, suelo-asfalto, entre otros. En el caso de sub-bases o bases granulares, el término que se utiliza es sub-base granular tratada o base granular tratada, dependiendo del estabilizante utilizado, como cemento, cal o asfalto (Castillo & Orobio, 2020).

El objetivo principal de la estabilización de suelos es dotar al material de una mayor resistencia mecánica y asegurar que estas mejoras se mantengan a lo largo del tiempo, incluso bajo las condiciones más exigentes. Existen diversas técnicas para lograr esta estabilización, que van desde la incorporación de otros tipos de suelos hasta el uso de uno o más agentes estabilizantes que modifican las características del suelo original. Independientemente del método utilizado, el proceso siempre culmina con una



compactación adecuada, que es fundamental para obtener una densidad y cohesión óptimas en el suelo tratado.

Al momento de elegir el método más adecuado para la estabilización de suelos, es esencial considerar varios factores clave, tales como:

- Tipo de suelo a estabilizar: Las características intrínsecas del suelo, como su composición y estructura, influirán en la selección del método y del estabilizante a utilizar.
- Uso previsto para el suelo estabilizado: Dependiendo del tipo de tráfico o carga que el suelo deberá soportar, se determinará el tipo de estabilización más adecuado.
- Tipo de aditivo estabilizador a emplear: La elección del aditivo dependerá de la naturaleza del suelo y los requisitos específicos del proyecto, como el tipo de cargas a soportar y la durabilidad requerida.
- Experiencia previa en el tipo de estabilización: La experiencia con métodos o aditivos de estabilización en proyectos anteriores puede influir en la decisión, especialmente si han demostrado ser efectivos en suelos similares.
- Disponibilidad del aditivo estabilizador: La accesibilidad del material estabilizante es un factor determinante, ya que puede limitar las opciones de estabilización en función de su disponibilidad local o regional.
- Disponibilidad del equipo necesario: Los equipos especializados para la mezcla y compactación deben estar disponibles para llevar a cabo el proceso de estabilización de manera eficiente.
- Costos comparativos: Finalmente, el análisis de costos es esencial para garantizar que el método seleccionado sea rentable y se ajuste al presupuesto del proyecto.

La estabilización se refiere a un ajuste en el tratamiento aplicado a los suelos naturales, mediante el cual se someten a diversos controles o tratamientos para maximizar



sus características más favorables. El principal objetivo de este proceso es obtener una firmeza uniforme y constante, que permita al suelo soportar las cargas del tráfico y resistir condiciones climáticas extremas de manera eficaz. En esencia, la estabilización actúa como una revisión y corrección de las deficiencias iniciales del suelo, disminuyendo su plasticidad y mejorando su capacidad de resistencia desde el inicio del proceso constructivo (Renteria, 2021).

Este procedimiento se enfoca en mejorar las propiedades del suelo, de modo que se consiga una mayor firmeza y estabilidad, particularmente en la capa de rodadura. Para lograrlo, se emplean varios métodos, entre los cuales destacan la compactación mecánica, que consiste en aumentar la densidad del suelo mediante la aplicación de fuerza, y la combinación de materiales granulares con otros que carecen de esta característica, con el fin de optimizar las propiedades del suelo. Este enfoque permite enriquecer su composición y dotarlo de las características necesarias para cumplir con los requerimientos estructurales de la vía.

El proceso de estabilización es ampliamente reconocido como una solución eficaz para la mejora de suelos de baja calidad, aquellos que por sí solos no serían capaces de soportar las exigencias de un proyecto de construcción. Mediante la incorporación de técnicas adecuadas, se logra reforzar el suelo, haciéndolo apto para soportar tanto el tránsito vehicular como las inclemencias del tiempo, prolongando así su durabilidad y funcionalidad (Renteria, 2021).

En el caso de suelos no pavimentados, la estabilización implica un tratamiento que permite que los suelos soporten condiciones adversas, logrando una durabilidad consistente con las expectativas. Este método también es aplicable en carreteras no pavimentadas, donde los vehículos circulan sobre terrenos naturales, libres de vegetación, y en algunos casos con revestimientos ligeros y deficiencia en el drenaje (Mendoza & Enriquez, 2021).

La estabilización del suelo es una técnica por la cual se mejoran las propiedades físicas del suelo con el empleo de tanto procedimientos mecánicos como la aplicación de estabilizadores, que pueden ser naturales o químicos. Este proceso es especialmente relevante en suelos subrasantes que, por su naturaleza, presentan características inadecuadas o de baja calidad para soportar las cargas que se les aplican. Cuando este proceso de estabilización se extiende a las capas superiores, como la base o subbase granular, se denomina subbase o base granular tratada, y se emplean materiales como cemento, cal o asfalto para mejorar sus propiedades. El objetivo principal de la estabilización es aumentar la resistencia mecánica del suelo y garantizar que las mejoras obtenidas se mantengan a lo largo del tiempo (Barreto & Taco, 2021).

Además, la estabilización del suelo también se puede describir como un proceso de corrección de deficiencias en las propiedades del suelo, cuyo fin es incrementar su resistencia y mejorar la conformación de las capas de afirmado, ya sea en la base granular o en la subbase. Esta corrección se realiza al reducir el índice de plasticidad del suelo, lo que permite que el material se vuelva menos susceptible a deformaciones bajo carga. Existen tres métodos principales para llevar a cabo la estabilización: la estabilización física, que implica el uso de procesos mecánicos como la compactación; la estabilización química, que involucra la adición de estabilizantes como cal o cemento; y la estabilización mecánica, que se centra en el uso de técnicas como el cribado y la mezcla de suelos para mejorar la resistencia (Siesquen, 2022).

El propósito de estabilizar suelos radica en mejorar las siguientes características:

- Estabilización de volumen: Minimiza el riesgo de colapso relacionado con la humedad en suelos con alto contenido de arcilla.
- Durabilidad: Mejora la resistencia frente a la erosión ocasionada por agentes naturales, cambios climáticos y el tránsito de vehículos livianos y pesados.



- Resistencia: Incrementa la estabilidad del suelo y su capacidad para soportar mayores cargas en las estructuras viales.
- Permeabilidad: Disminuir la permeabilidad impide la infiltración de agua en la estructura vial, favoreciendo la estabilidad volumétrica y manteniendo su forma.

2.2.5.1 Métodos de Estabilización:

a. Estabilización Mecánica

Es posible mejorar las cualidades del suelo mediante el proceso de estabilización mecánica, que consiste en aumentar la densidad del suelo o mejorar sus características granulométricas combinándolo con otros materiales. Esta estrategia es el método de estabilización de suelos más utilizado en el Perú. Se trata de un método sencillo que puede aplicarse rápidamente con equipos mecánicos ordinarios fácilmente disponibles. Ejemplos de estos equipos son las motoniveladoras, los rodillos compactadores y los tractores. Este método es eficiente y rentable, lo que lo hace especialmente adecuado para proyectos que requieren una estabilización rápida y efectiva (Diaz & Paez, 2019).

La correcta construcción de una capa de pavimento que utiliza material estabilizado mediante granulometría depende en gran medida de la adecuada colocación y mezcla de los diversos materiales sobre la superficie de la vía. Es esencial que las proporciones calculadas previamente sean respetadas durante la mezcla, de modo que el producto final cumpla con la gradación requerida para garantizar el rendimiento óptimo del pavimento. El proceso comienza con la mezcla en seco de los materiales, a la cual se añade la cantidad adecuada de agua para realizar una mezcla húmeda. Posteriormente, la mezcla se compacta utilizando los equipos adecuados, y el procedimiento concluye de la misma forma que se trabaja con cualquier base o subbase granular.



Un aspecto crucial en este proceso es el tamaño de partículas en la mezcla, ya que las partículas demasiado grandes son difíciles de manejar y pueden crear superficies excesivamente rugosas. Por otro lado, una proporción elevada de partículas gruesas puede generar mezclas propensas a la segregación. Asimismo, la presencia de materiales finos, especialmente aquellos menores que la malla N° 40, representa un desafío para lograr características adecuadas de resistencia y deformabilidad. Estos materiales finos pueden producir superficies excesivamente lisas y fangosas en condiciones húmedas, y polvorientas cuando están secas, lo que afecta negativamente la funcionalidad de la vía (Mamani & Callata, 2020).

La distribución de una capa espesa de material granular sobre una base o subbase ofrece numerosos beneficios. Entre ellos, se destaca el incremento de la capacidad de soporte del suelo de fundación, lo que refuerza la estructura general del pavimento. Además, esta capa protege el pavimento contra los efectos de congelación y descongelación, mejora el drenaje de la estructura y proporciona una rasante uniforme en terrenos con suelos altamente variables. También ayuda a reducir los efectos estacionales causados por las variaciones en humedad y temperatura, que pueden afectar el soporte de la rasante. Otros beneficios incluyen la elevación de la rasante y la reducción de la erosión debajo de pavimentos de concreto, lo que contribuye a la durabilidad y estabilidad de la vía (Barraza, 2022).

En conjunto, la estabilización mecánica y la adecuada colocación de capas de material granular son fundamentales para mejorar el rendimiento estructural y prolongar la vida útil de las vías. La aplicación correcta de estos métodos garantiza que las carreteras sean más resistentes a las cargas del tráfico y a las condiciones climáticas adversas, mejorando así su funcionalidad y reduciendo la necesidad de mantenimientos frecuentes.

b. Estabilización Física de los Suelos

Este método se emplea para mejorar el material utilizado en la formación de la base granular, alterando sus propiedades físicas. Un enfoque común es:

- Mezcla de suelos: Aunque es ampliamente utilizado, este método por sí solo no logra los resultados deseados, por lo que es esencial compactar completamente todo el suelo.

Los suelos formados por partículas gruesas, como gravas y arenas, presentan una alta fricción interna, lo que les permite soportar grandes esfuerzos. Esta característica hace que sean muy resistentes cuando se trata de cargas verticales, pero debido a la falta de cohesión entre las partículas, estas tienden a moverse libremente. Como resultado, el tránsito vehicular puede generar la separación o erosión de estas partículas, lo que compromete la estabilidad de la estructura en una carretera sin pavimentar. En este tipo de vías, que no cuentan con tratamientos superficiales, como imprimaciones o curas de superficie, la fricción interna de los suelos no es suficiente para garantizar una superficie duradera y estable (Barreto & Taco, 2021).

En contraposición, los suelos arcillosos presentan una elevada cohesión entre sus partículas, aunque tienen poca fricción interna. Esta cohesión les permite resistir el desplazamiento bajo esfuerzos laterales, pero su baja fricción interna limita su capacidad para soportar cargas verticales sin deformarse. Sin embargo, con un control adecuado de la humedad, es posible estabilizar estos suelos en estructuras no pavimentadas, logrando una mayor estabilidad. Además, al combinar adecuadamente diferentes tipos de suelos, es posible obtener un material más equilibrado en términos de propiedades mecánicas, incrementando tanto la fricción como la cohesión entre las partículas, lo que resulta en una mezcla más estable y resistente para el uso en carreteras (Ipanaqué, 2022).

Estabilización mediante la combinación de suelos

Este método de tratamiento del suelo implica la adición de otro material, proveniente generalmente de una cantera o de un corte, al suelo existente con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas y estructurales. Este procedimiento se basa en la incorporación de



suelos granulares, como bolones o roca fracturada, que aportan mayor resistencia y estabilidad al terreno. Es crucial que la granulometría del material añadido esté uniformemente distribuida, ya que esto facilita el proceso de compactación y reduce la cantidad de vacíos, lo que, a su vez, mejora la cohesión del material y su capacidad para soportar cargas (Menéndez, 2009).

Estabilización mediante la sustitución del suelo existente

La estabilización por sustitución consiste en retirar una cierta profundidad del suelo de fundación y reemplazarlo por material de préstamo, que generalmente proviene de fuentes cercanas y que posee mejores propiedades para soportar cargas estructurales. La profundidad a la que se realiza este reemplazo depende de un análisis detallado del suelo de fundación, y se determina de acuerdo con lo especificado en los estudios geotécnicos correspondientes. Este tipo de tratamiento es particularmente eficaz en áreas donde el suelo original Exhibe características que dificultan su estabilización con otros métodos, como ocurre en terrenos de turba, pantanos u otros suelos con alta compresibilidad y baja capacidad de soporte (Mamani & Callata, 2020).

c. Estabilización Química

La estabilización química se lleva a cabo mediante la incorporación de materiales estabilizantes que contienen compuestos químicos específicos, como cal, cemento Portland, asfalto y diversos aditivos adicionales. El objetivo principal de esta técnica es inducir reacciones químicas dentro del suelo, lo que resulta en la modificación de sus características físicas y mecánicas. Estas reacciones transforman la estructura interna del suelo, mejorando significativamente su capacidad para soportar cargas dinámicas y resistir deformaciones.

El uso de estabilizadores como el cemento portland proporciona al suelo una mayor cohesión y resistencia a la compresión, mientras que la cal es particularmente efectiva para suelos arcillosos, ya que reduce su plasticidad y aumenta su estabilidad. El asfalto, por su

parte, se utiliza principalmente para impermeabilizar el suelo y mejorar su resistencia a la acción del agua (Tasilla, 2023).

Existen tres categorías de estabilizadores químicos:

- Para recubrimiento, impermeabilización y cohesión: Estos estabilizadores se usan para dar al suelo una mayor cohesión y resistencia al agua.
- Para cementación entre partículas: Estos estabilizadores permiten una unión cementante entre las partículas del suelo, proporcionando fuerza y durabilidad.
- Para suelos finos tipo arcilla: Estos estabilizadores alteran la estructura del sistema agua-arcilla, reduciendo la plasticidad del suelo, minimizando cambios de volumen, formando uniones cementantes y mejorando la resistencia (Ayala, 2022).

2.2.6 *Aceite sulfonado*

El aceite sulfonado es un tipo de aceite modificado químicamente mediante la introducción de grupos sulfonato (SO_3H) en su estructura molecular. Este proceso de sulfonación mejora las propiedades del aceite, haciéndolo más hidrofílico (afín al agua) y dándole características específicas que lo hacen útil en diversas aplicaciones industriales (Delgado & Guerra, 2020).

Características del Aceite Sulfonado:

- Emulsificación: El aceite sulfonado tiene una excelente capacidad para formar emulsiones estables con agua, lo que lo hace ideal para su uso en procesos de fabricación que requieren la mezcla de aceite y agua.
- Detergencia: Debido a su afinidad por el agua, el aceite sulfonado se utiliza en la fabricación de detergentes y limpiadores industriales, ayudando a eliminar aceites y grasas de superficies.



- **Lubricación:** A pesar de su mayor afinidad por el agua, el aceite sulfonado mantiene propiedades lubricantes, lo que lo hace útil en aplicaciones donde se requiere una lubricación bajo condiciones húmedas o acuosas.
- **Solubilidad:** La sulfonación mejora la solubilidad del aceite en agua y otros solventes polares, facilitando su uso en formulaciones químicas donde la dispersión uniforme es crucial.

Los aceites sulfonados actúan como catalizadores químicos que provocan un cambio iónico en los suelos, facilitando una transformación de sus propiedades. Estos compuestos, de origen orgánico, se forman mediante la combinación de sulfuros y ácidos y son especialmente útiles en la estabilización de suelos. Su función principal consiste en reducir el contenido de agua en el suelo, lo que a su vez incrementa los espacios vacíos y facilita la reubicación de las partículas. Este reacomodo puede producirse mediante dos mecanismos principales: la adhesión entre las partículas o a través del proceso de compactación (Efus, 2020).

Los aceites sulfonados son solubles en agua y proporcionan iones que mejoran la conductividad del suelo, lo que facilita el intercambio catiónico. Este intercambio iónico desencadena una liberación de porciones de arcilla, transformándolas en agua libre capaz de interactuar con los cationes presentes en la arcilla. En la fase final del proceso, este equilibrio contribuye a la reducción sostenida del contenido de agua en el suelo, lo que mejora su estabilidad y capacidad de carga. Cuando se utilizan en suelos arcillosos, los aceites sulfonados reducen los poros intersticiales, lo que disminuye la permeabilidad del suelo y, simultáneamente, incrementa su densidad, mejorando la respuesta del suelo a la compactación (Efus, 2020).

Desde un punto de vista químico, los aceites sulfonados son aditivos catalizadores que facilitan el intercambio iónico en los suelos. Estos compuestos, derivados de sulfuros y ácidos, son parte de la clase de hidrocarburos sulfonados y se comportan como agentes tensioactivos anfífilos, lo que significa que poseen una parte hidrófila y una parte

hidrófoba. Este carácter anfifílico les permite interactuar de manera eficiente con el agua y las partículas del suelo. Generalmente, se obtienen a través del tratamiento de ácidos grasos con ácido sulfúrico concentrado o óleo, mediante un proceso denominado sulfonación, en el cual el ácido sulfúrico (H_2SO_4) o el trióxido de azufre libre (SO_3) reaccionan con los compuestos orgánicos (Mamani & Pari, 2022).

El uso de aceites sulfonados no solo ayuda a reducir la permeabilidad y aumentar la densidad del suelo, sino que también optimiza las condiciones para la compactación, mejorando la estructura del suelo para soportar cargas dinámicas y minimizando los problemas relacionados con la humedad. Este tratamiento resulta particularmente eficaz en suelos arcillosos, donde la alta cohesión y retención de agua suelen ser problemáticas para la estabilidad del terreno.

Figura 2

Aceite sulfonado



Nota: Tomada de (Mamani & Pari, 2022).

El aceite sulfonado, derivado de la fracción naftalénica del petróleo, es un líquido de color pardo con características físicas y químicas específicas que lo hacen ideal para la estabilización de suelos. Tiene una densidad de 1.15, un pH de 1.25, y una viscosidad menor que la del agua, con la cual es completamente miscible. Su capacidad de

intercambio iónico es significativa, facilitando la dilución en agua y el intercambio de cargas iónicas como H^+ y OH^- . Esto permite que el aceite sulfonado reduzca la absorción de agua y minimice la expansión capilar, lo que resulta en una protección eficaz contra factores climáticos adversos como las heladas y la humedad excesiva. La aplicación de este aceite mejora la durabilidad de las capas de suelo, disminuyendo la aparición de defectos y proporcionando una mejor circulación vehicular y confort en las vías. En términos de estabilidad y resistencia, esta técnica es eficaz incluso bajo condiciones climáticas desfavorables (Mamani & Pari, 2022).

El uso de aceites sulfonados en la estabilización de suelos presenta múltiples ventajas. Una de las principales es que los equipos utilizados son los mismos que se emplean para los trabajos convencionales, lo que facilita la implementación de esta técnica sin necesidad de inversiones en maquinaria especializada. Además, el suelo tratado con aceites sulfonados adquiere una alta trabajabilidad, lo que permite su manejo y reubicación sin perder las propiedades estabilizadoras adquiridas. Este método también se caracteriza por tener costos reducidos y por mejorar la capacidad del suelo de resistir factores climáticos extremos. La aplicación del aceite reduce la absorción de agua, lo que incrementa la capilaridad del suelo y disminuye su capacidad expansiva, previniendo problemas relacionados con la humedad y las heladas. Como resultado, las capas de suelo estabilizadas con aceites sulfonados prolongan su vida útil y mejoran la comodidad y seguridad del tráfico al prevenir la aparición de defectos en la superficie de rodadura (Tique, 2022).

El aceite sulfonado funciona como un catalizador que facilita el intercambio de iones en el suelo. Este compuesto orgánico, derivado de la combinación de sulfuros y ácidos, reduce la cantidad de agua contenida entre las partículas del suelo, lo que incrementa el número de vacíos y permite que las partículas se reacomoden, ya sea por atracción mutua o mediante procesos de compactación. Al ser soluble en agua, este aceite ioniza y aumenta



la conductividad del suelo, facilitando el intercambio catiónico, lo que provoca que el agua se desprenda de las partículas de arcilla, transformándola en agua libre que puede llevar a cabo un intercambio de cargas con los cationes de la arcilla. Este proceso neutraliza la afinidad de la arcilla por el agua, reduciendo su tendencia a absorber humedad de manera permanente.

Los principales efectos del aceite sulfonado en suelos arcillosos incluyen la reducción de los espacios intersticiales, disminuyendo la permeabilidad y mejorando la sedimentación. Además, el suelo responde mejor a la compactación, aumentando su densidad y estabilidad. Estudios y pruebas de campo han demostrado que la estabilización electroquímica con aceites sulfonados es una técnica eficaz para reducir el potencial expansivo de los suelos arcillosos, lo que mejora su desempeño estructural y prolonga su durabilidad en condiciones adversas (Lalangue, 2019).

El aceite sulfonado, como el DS-328, se ha utilizado como un catalizador eficaz en la estabilización de suelos, ya que facilita el intercambio de iones y mejora el reacomodo de las partículas del suelo, promoviendo una densificación más eficiente y estabilidad (Lalangue, 2019). En resumen, este método no solo optimiza las propiedades físicas del suelo, sino que también proporciona una protección adicional frente a condiciones climáticas adversas, garantizando una mayor durabilidad y resistencia en infraestructuras viales.

2.2.7 Puzolana de origen vegetal

La puzolana es un material silíceo o silico-aluminoso que, aunque por sí mismo no tiene propiedades cementantes, puede reaccionar químicamente en presencia de agua y calcio para formar compuestos con propiedades cementantes. Esta capacidad de reacción se utiliza en la fabricación de cemento y concreto, donde la puzolana se mezcla con cal para mejorar la durabilidad y resistencia del material resultante. Históricamente, las puzolanas naturales, como las cenizas volcánicas, han sido empleadas desde la época

romana en la construcción, pero hoy en día también se utilizan puzolanas artificiales, como las cenizas volantes y la escoria de alto horno. El uso de puzolanas no sólo mejora las cualidades mecánicas del hormigón, sino que además fomenta la sostenibilidad medioambiental al reducir la necesidad de clinker, un componente del cemento que provoca importantes emisiones de CO₂ durante su fabricación (Flores, 2020).

La puzolana de origen vegetal es un material de origen natural que se obtiene a partir de la ceniza de diferentes vegetales, como la cascarilla de arroz, el bagazo de caña de azúcar, cáscaras de nueces, entre otros. Estas cenizas, cuando se combinan con agua y cal, poseen propiedades cementantes que pueden ser aprovechadas en la industria de la construcción (Champi & Garcia, 2022).

Características de la puzolana de origen vegetal

- Origen Natural: Proviene de materiales orgánicos, lo que la convierte en una opción ecológica y sostenible.
- Propiedades Cementantes: Al mezclarse con cal y agua, desarrolla propiedades hidráulicas similares a las del cemento.
- Bajo Impacto Ambiental: La producción de puzolana de origen vegetal genera menos emisiones de CO₂ en comparación con la producción de cemento Portland.
- Reciclaje de Residuos Agrícolas: Permite aprovechar residuos agrícolas que, de otro modo, serían desechados o quemados sin un propósito productivo.

2.3 Marco conceptual

- a. Aceite sulfonado: El aceite sulfonado es un tipo de aceite que ha sido tratado químicamente con azufre o compuestos de azufre. Este proceso, conocido como sulfonación, introduce grupos sulfonatos en la molécula del aceite, mejorando sus propiedades emulsionantes y detergentes. Los aceites sulfonados se utilizan



comúnmente en aplicaciones industriales, incluyendo lubricantes, agentes de corte y en la formulación de jabones y detergentes.

- b. Afirmado:** El afirmado es un término utilizado en la construcción de carreteras y caminos para referirse a una capa de material granular compactado que se coloca sobre la subrasante o base de una carretera no pavimentada. Esta capa mejora la estabilidad y la capacidad de carga de la carretera, proporcionando una superficie más duradera y resistente a la erosión y al desgaste.

- c. Carretera no pavimentada:** Una carretera no pavimentada es una vía de transporte que no tiene una superficie cubierta por materiales de pavimentación como asfalto o concreto. Estas carreteras suelen estar compuestas de tierra, grava, piedra triturada o una mezcla de estos materiales. Las carreteras no pavimentadas son comunes en áreas rurales o menos desarrolladas y pueden ser más susceptibles a la erosión y al deterioro debido a las condiciones climáticas y el tráfico.

- d. Estabilización:** La estabilización en el contexto de la construcción de carreteras y suelos se refiere al proceso de mejorar las propiedades de un suelo o material granular para aumentar su capacidad de carga y durabilidad. Esto se puede lograr mediante la adición de estabilizantes como cemento, cal, cenizas volantes o productos químicos específicos. La estabilización ayuda a prevenir la erosión, reducir la plasticidad y aumentar la resistencia del suelo o la base de la carretera.

- e. Puzolana vegetal:** La puzolana vegetal es un material silíceo o silíceo-aluminoso derivado de fuentes vegetales que, en presencia de agua, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperatura ambiente para formar compuestos cementantes. Las puzolanas vegetales pueden incluir cenizas obtenidas de la combustión de



residuos agrícolas como cáscaras de arroz, bagazo de caña de azúcar o cenizas de madera. Estas puzolanas se utilizan como aditivos en la fabricación de cemento y concreto para mejorar sus propiedades mecánicas y durabilidad.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Hace referencia a un conjunto de métodos, estrategias e instrumentos que se emplean para llevar a cabo una investigación de manera sistemática, organizada y extremadamente rigurosa. El proceso implica el diseño, la ejecución y el análisis de una investigación con el objetivo de obtener resultados precisos y fiables que contribuyan al desarrollo del conocimiento en un sector determinado. La metodología de investigación es el marco teórico y práctico que se utiliza para crear y llevar a cabo una investigación. Este marco incluye la selección de las técnicas de recogida y análisis de datos, la creación de hipótesis o preguntas de investigación y la interpretación de los resultados. Dado que garantiza la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos, es un requisito esencial del proceso de investigación. (Hernández et al., 2018).

3.1 Diseño de la investigación

El diseño de investigación experimental es un enfoque de estudio que se define por la manipulación intencionada de uno o más factores independientes con el fin de examinar los efectos que estas variables tienen sobre una variable dependiente, controlando simultáneamente otras variables de forma metódica. Una de las características distintivas del diseño experimental es su capacidad para establecer vínculos causales entre variables. Esto implica que puede ayudar a determinar si existe o no una relación causa-efecto entre

las variables que se manipulan y las que se observan. Esto se consigue asignando aleatoriamente individuos o elementos de investigación a distintos entornos experimentales. Esto permite controlar los posibles factores de confusión y reducir los sesgos (Hadi et al., 2023).

Experimental: Se llevaron a cabo ensayos experimentales incorporando aceite sulfonado y un aditivo puzolánico de origen vegetal en la subrasante, con el objetivo de optimizar el espesor del afirmado.

3.2 Métodos de la investigación

Con la intención de responder a las interrogantes de la investigación y poner a prueba hipótesis, la investigación cuantitativa es una técnica metodológica que se concentra en la recopilación y el examen de datos numéricos. El objetivo de este método es recopilar datos de forma metódica y objetiva, con el fin de caracterizar acontecimientos, reconocer patrones, establecer vínculos causales y generalizar los resultados a una población más amplia. Este método hace uso de técnicas y herramientas estadísticas. La objetividad, la reproducibilidad y la exactitud en la medición de las variables son las señas de identidad de la investigación cuantitativa, que se distingue por hacer hincapié en estas características. Para garantizar la fiabilidad y validez de los resultados, emplea diseños de estudio organizados y controlados (Hadi et al., 2023).

Científico: Se realizó una recolección y un análisis de los datos numéricos obtenidos a través de los ensayos, los mismo que generan y aportan nuevos conocimientos al campo de la ingeniería.

3.3 Nivel y tipo de investigación

3.3.1 Tipo de investigación

La investigación aplicada es un tipo de investigación que se centra en la aplicación práctica de los resultados de la investigación en la solución de problemas concretos o en



la mejora de situaciones específicas en la vida real. El enfoque de esta investigación suele ser interdisciplinario, combinando conocimientos teóricos y prácticos de diversas áreas para encontrar soluciones efectivas y viables. Los hallazgos de la investigación aplicada habitualmente tienen un impacto inmediato en la toma de decisiones, el desarrollo de políticas, la mejora de productos o servicios, la optimización de procesos, entre otros aspectos relevantes para la sociedad, la industria o el ámbito en el que se desarrolla la investigación (Pimienta et al., 2018).

Aplicada: Se centró en los resultados de la investigación para solucionar y mejorar problemas, como optimizar el espesor del afirmado mediante la estabilización de la subrasante.

3.3.2 *Nivel de investigación*

Un tipo de estudio es el denominado nivel explicativo de la investigación, que también se denomina nivel de causalidad. El objetivo principal de este tipo de investigación es comprender los vínculos causales que existen entre las variables. Cuando se realiza una investigación que pretende explicar fenómenos, el objetivo no es sólo determinar los vínculos de causa y efecto que existen entre las variables, sino también comprender los procesos subyacentes que son responsables de explicar estas interacciones. Esto implica no solo observar la asociación entre variables, sino también examinar si existe una relación causal significativa entre ellas, y en qué medida una variable influye en otra. La investigación explicativa suele utilizar diseños de estudio más complejos, como experimentos controlados o estudios longitudinales, que permiten manipular variables independientes y controlar posibles variables de confusión (Reyes, 2022).

Explicativo: Se realizó una comprensión detallada de cómo la incorporación de aceite sulfonado y puzolana de origen vegetal en la subrasante puede mejorar el espesor del afirmado.



3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

En el transcurso de una investigación, el término «población» se utiliza para referirse a todo el grupo de componentes o personas que tienen ciertas cualidades en común y que son objeto de la investigación. Esta población puede ser bastante general, como todas las personas que viven en una nación, o puede ser más precisa, como todos los alumnos que asisten a una determinada escuela para formarse. Es esencial proporcionar una definición precisa de la población de interés para garantizar que las conclusiones de la investigación puedan aplicarse y generalizarse al grupo concreto en cuestión (Iglesias, 2021).

La población de esta investigación son todas las secciones de la carretera Rosaspata – Huayrapata que podrían beneficiarse de la optimización del espesor de afirmado mediante la estabilización de la subrasante con los aditivos mencionados.

3.4.2 Muestra

Cuando se lleva a cabo una investigación, una muestra representa un subconjunto de la población que se escoge con el fin de ser observado y evaluado. Debido a que no siempre es posible investigar a todos los miembros de un grupo debido a restricciones de tiempo, recursos y logística, se utiliza una muestra para extraer conclusiones sobre el conjunto de la población. Para garantizar que la muestra es representativa de la población y que los resultados obtenidos pueden generalizarse con un cierto nivel de seguridad, es necesario escoger la muestra con sumo cuidado y de forma aleatoria (Pimienta et al., 2018).

La muestra de esta investigación es una selección específica como las calicatas extraídas de la carretera Rosaspata – Huayrapata en las que se aplicarán los métodos de estabilización con aceite sulfonado y aditivo puzolánico de origen vegetal para evaluar su efectividad.

3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 Técnicas

Los procesos o estrategias que se utilizan para obtener información sobre las variables que interesan en un estudio se denominan técnicas de recogida de datos. Entre los muchos métodos que se utilizan, algunos de los más comunes son las entrevistas, los cuestionarios, la observación directa, los grupos de discusión y el análisis de documentos. La naturaleza del estudio, los objetivos y las características de la población o la muestra influyen a la hora de determinar qué método es el más adecuado. Cada técnica tiene sus propias características y aplicaciones, y la técnica correcta viene determinada por estos factores (Medina et al., 2023).

En este estudio, se han empleado las siguientes técnicas:

- Observación detallada.
- Análisis detallado.

3.5.2 Instrumentos

Los instrumentos de recolección de datos son los dispositivos específicos utilizados para recopilar información durante el proceso de investigación. Estos instrumentos pueden ser cuestionarios estructurados, escalas de medición, guías de entrevista, dispositivos de observación, entre otros. Los instrumentos deben estar diseñados cuidadosamente para garantizar la validez y confiabilidad de los datos recolectados. Esto implica la formulación de preguntas claras y precisas, la selección de escalas adecuadas de medición, y la validación y prueba piloto del instrumento antes de su implementación en la investigación (Medina et al., 2023).

Los instrumentos para este estudio son:

- Ensayos en laboratorio.
- Equipos y herramientas de laboratorio.
- Formatos de cálculos.



3.6 Validación y confiabilidad del instrumento

3.6.1 Validación de instrumentos

La validación de los instrumentos corresponde al proceso de analizar si un instrumento de recolección de datos mide realmente lo que se pretende medir de manera precisa y exacta. Esto implica determinar si las preguntas en un cuestionario, los ítems en una escala de medición, o las categorías en una guía de observación son adecuadas y relevantes para el propósito de la investigación. Para validar un instrumento, se pueden utilizar diferentes métodos, como el análisis de contenido, la revisión por expertos, la correlación con otros instrumentos válidos, y la realización de pruebas piloto (Medina et al., 2023).

3.6.2 Confiabilidad de instrumentos

El término «fiabilidad de los instrumentos» hace referencia a la coherencia y estabilidad de las mediciones realizadas con un instrumento en distintos momentos y en condiciones comparables en todas esas mediciones. Dicho de otro modo, se considera que un instrumento es fiable si genera resultados que son coherentes independientemente de cuántas veces se utilice. Para evaluar la fiabilidad de un instrumento se pueden emplear diversos enfoques (Medina et al., 2023).

3.7 Procedimiento de recolección de datos

El procesamiento para la recolección de datos se llevó a cabo en varias etapas. En primer lugar, se optó por una recolección de información preliminar sobre el tema de estudio. A continuación, se procedió con la recolección de datos específicos de nuestro estudio, así como con la recopilación de materiales necesarios para el mismo.



3.7.1 *Procedimiento*

Puntos de muestreo

Se realizaron cuatro puntos de muestreo, en los cuales se llevaron a cabo excavaciones (calicatas) de hasta 1.5 metros de profundidad. Estos muestreos se efectuaron con el objetivo de obtener muestras representativas del suelo. Las muestras extraídas fueron cuidadosamente embaladas y etiquetadas para su posterior análisis en el laboratorio. Este proceso nos permitirá evaluar las características y propiedades del suelo de manera detallada.

Aceite sulfonado

El aceite sulfonado es un producto especializado obtenido a través de procesos avanzados en la industria química. Este aceite es conocido por sus propiedades lubricantes y su capacidad para mejorar la durabilidad y el rendimiento de diversos materiales. Su adquisición se realizó siguiendo estrictos estándares mediante la industria química.

Puzolana de origen vegetal

La puzolana de origen vegetal es un material innovador obtenido a partir de la reutilización de desechos agrícolas, específicamente de habas y la tuza de maíz. Este proceso de transformación se lleva a cabo en hornos ladrilleros de la zona, donde los desechos son sometidos a altas temperaturas para convertirlos en un material puzolánico de alta calidad. La puzolana resultante es ideal para su uso de esta investigación.

3.7.2 *Ensayos en laboratorio*

- a. **Ensayo de límites de consistencia:** El propósito principal de este ensayo es evaluar la cantidad de partículas plásticas contenidas en un material, específicamente aquellas que son lo suficientemente pequeñas como para pasar a través de un tamiz con malla número 40. Este análisis se lleva a cabo siguiendo los procedimientos establecidos para determinar los índices líquido y plástico del material, en conformidad con las

normativas ASTM - MTC. El ensayo se utiliza para caracterizar la consistencia del suelo, lo que ayuda a determinar su comportamiento bajo diferentes condiciones de humedad.

Procedimiento LP:

- Preparación de la muestra: Se selecciona una porción de la mezcla de suelo preparada específicamente para el ensayo de límite líquido. Esta muestra debe representar adecuadamente el material en estudio.
- Reducción del contenido de humedad: Se añade suelo seco a la muestra original para reducir su contenido de humedad, preparando así el material para determinar el límite plástico. Este paso asegura que la muestra esté en la condición adecuada para el ensayo.
- Amasado de la mezcla: Se utiliza una superficie de cristal para amasar a mano la mezcla. A lo largo de esta fase tiene lugar la formación de cilindros de tierra en miniatura con un diámetro de unos tres milímetros.. El amasado continúa hasta que comienzan a aparecer fisuras en los cilindros, lo que indica que se ha alcanzado el límite plástico del material.
- Medición del contenido de humedad: En el momento en que las fisuras comienzan a formarse en los cilindros de suelo, se mide y registra el contenido de humedad de la muestra. Este valor es crucial para determinar el límite plástico.
- Reanálisis: Para garantizar la exactitud de los resultados, la prueba se realiza una o dos veces más, cada vez con muestras frescas. Esto permite obtener una media del contenido de humedad y comprobar que los resultados son coherentes.
- El cálculo del límite plástico del suelo consiste en sacar la media de los porcentajes de humedad obtenidos en las distintas pruebas realizadas. Esto se hace para determinar el límite plástico del suelo. En términos del comportamiento plástico del suelo, este valor medio refleja dicho comportamiento.

- Revisión de los resultados: Si la variación entre los valores de contenido de humedad obtenidos en las pruebas es mayor a dos puntos porcentuales, se recomienda repetir el procedimiento. Esto garantiza la precisión y exactitud en la medición del límite plástico.

$$LP = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Procedimiento LL:

- Preparación de la muestra: Se desarrolla una mezcla homogénea de suelo y agua en una cápsula de porcelana. La mezcla debe estar bien integrada para asegurar que el contenido de humedad sea uniforme en toda la muestra.
- Colocación en la copa de Casagrande: Se toma una parte de la mezcla preparada y se coloca dentro de la copa de Casagrande, formando una capa uniforme de aproximadamente 1 cm de espesor.
- Creación de la ranura: Utilizando un ranurador, se crea una ranura central en el suelo colocado en la copa. Esta ranura es clave para el ensayo, ya que su cierre por acción del impacto de la copa es lo que permite medir el comportamiento del suelo.
- Caídas de la copa: A través de una manivela, se eleva y deja caer la copa a una frecuencia constante de 2 caídas por segundo. El movimiento repetido simula las condiciones de carga sobre el suelo.
- Número de golpes: Este proceso de caída de la copa se repite hasta que las dos mitades del suelo en la copa se tocan en el fondo de la ranura a lo largo de 1/2 pulgada (1.27 cm). Se anota el número de golpes necesarios para que esto ocurra.
- El contenido de humedad de la muestra de tierra se determina extrayéndola cuidadosamente de la ranura con una espátula y pesándola a continuación. Esto se hace para determinar el contenido de humedad del suelo. Se trata de un componente crucial para calcular con precisión el límite líquido.

- Ajuste de la mezcla: Se retira la tierra aún presente en la taza Casagrande y, si se considera indispensable, se modifica la mezcla contenida en la cápsula de porcelana añadiendo agua o tierra seca, según el caso. El objetivo es ajustar el número de golpes dentro de un rango de 15 a 35 caídas, lo que permitirá obtener una serie de datos representativos.
- Trazado de la curva de fluidez: Los datos obtenidos se representan gráficamente en un gráfico semi-logarítmico. En el eje logarítmico (abscisas) se coloca el número de golpes, mientras que en el eje lineal (ordenadas) se ubican los contenidos de humedad correspondientes.
- El punto de la curva de fluidez que corresponde a 25 golpes se designa como valor estándar para definir el límite líquido del suelo. Este punto se utiliza en el proceso de determinación del límite líquido del suelo. El valor que representa el contenido de humedad en el que el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado semisólido se indica mediante este número.

$$LL = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Procedimiento índice plástico:

$$IP = LL - LP$$

- b. Ensayo de análisis granulométrico:** El propósito principal de este ensayo es analizar la distribución de los diferentes tamaños de partículas en los agregados, lo que proporciona información crucial sobre las características físicas de los materiales. Esta información es clave para predecir cómo se desempeñarán en diversas aplicaciones, como la construcción de pavimentos y la estabilización de suelos.

Procedimiento:

- Secado del suelo (si es necesario): Antes de comenzar el análisis granulométrico, es importante determinar si el suelo debe ser secado. Si contiene humedad significativa,



se debe secar para garantizar la precisión del ensayo y evitar que las partículas finas se adhieran entre sí, lo que podría alterar los resultados.

- **Lavado de la fracción fina:** Si el suelo contiene fracción fina, se debe realizar un lavado de estas partículas para eliminar materiales solubles o no deseados que podrían afectar la precisión del análisis. Este paso es esencial para garantizar que el análisis se centre únicamente en las partículas sólidas y representativas del suelo.
- **Secado completo de la muestra:** Una vez lavada la muestra, se debe secar completamente en una estufa, asegurando que se elimine toda la humedad. Esto permite que el tamizado se realice de manera eficaz y que las partículas no se aglutinen, lo que podría afectar el proceso de tamizado y los resultados finales.
- **Tamizado de la muestra:** Se utiliza un conjunto de tamices dispuestos en orden decreciente, desde el tamiz más grueso hasta el más fino. Los tamices deben estar bien asegurados en una columna de tamizado, y se coloca la muestra seca en la parte superior. A continuación, se tamiza la muestra utilizando un agitador mecánico o manual para garantizar que las partículas pasen a través de los tamices de acuerdo con su tamaño.
- **Anotación del peso de los residuos:** Después del tamizado, se anota el peso de los residuos retenidos en cada tamiz. Además, se mide y registra la masa total de la muestra que se utilizó en el análisis. Esta información es fundamental para calcular los porcentajes de masa retenida en cada tamiz.
- **Cálculo de porcentajes retenidos y pasantes:** Para cada tamiz, se calcula el porcentaje de masa retenida y el porcentaje de masa pasante con respecto a la masa total de la muestra. Esto permite obtener una distribución clara de los tamaños de las partículas en el suelo.
- El siguiente paso consiste en crear un gráfico que ilustre la distribución del tamaño de las partículas. Este gráfico se crea trazando el porcentaje acumulativo de masa retenida frente al tamaño de las partículas. La salida de este gráfico es.



c. Proctor modificado: Debido al hecho de que determina las condiciones ideales para la compactación del suelo, esta prueba es un componente esencial en el campo de la ingeniería geotécnica, así como en la construcción de superficies de pavimento. Con el fin de garantizar la estabilidad y resistencia del suelo en proyectos de construcción como cimentaciones y carreteras, el objetivo principal es identificar la densidad seca máxima que el suelo es capaz de alcanzar con el menor contenido de agua factible.

Procedimiento:

- Selección de la muestra: Se selecciona una muestra representativa de suelo con un peso aproximado de entre 2.5 a 3 kg. Es esencial que la muestra esté completamente seca antes de comenzar el ensayo, para garantizar que el contenido de humedad pueda controlarse adecuadamente durante el proceso.
- Tamizado: Se tamiza la muestra para eliminar partículas más grandes que las permitidas por el tamiz N° 4. Esto asegura que el tamaño de las partículas sea homogéneo, facilitando una compactación uniforme.
- Humedecimiento de la muestra: Se humedece la muestra de forma gradual, hasta alcanzar una consistencia ligeramente húmeda. Esta etapa es fundamental para preparar el suelo para la compactación, ya que el contenido de agua influye directamente en la capacidad del suelo para alcanzar su densidad máxima.
- La compresión de la muestra: Una vez preparada la muestra, se coloca en un molde Proctor que tiene instalados collares adicionales para evitar que se pierda material durante el proceso de compactación. A una altura de 0,45 metros, se utiliza un martillo de caída libre para administrar 56 golpes a cada capa de la muestra, lo que da como resultado la compresión de la muestra en cinco capas. Durante este proceso, se debe registrar cuidadosamente el número de golpes y la presión aplicada para garantizar la consistencia en los resultados.

- **Extracción de muestras:** Se retiran dos muestras de 100 gramos, una de la zona superior y otra de la zona inferior del suelo compactado en el molde. Estas muestras se pesarán para determinar su contenido de humedad.
 - **Registro del peso del molde:** Antes de iniciar la compactación, se debe registrar el peso del molde junto con la placa base, para tener un registro inicial que permita calcular posteriormente la densidad seca.
 - **Secado de la muestra compactada:** Una vez que la muestra ha sido compactada, se coloca en una estufa para secarla completamente. A lo largo de este proceso, se deben documentar meticulosamente todos los datos, incluyendo el peso seco del suelo y su contenido de humedad.
 - **Resultados cruciales:** Los resultados del ensayo Proctor Modificado proporcionan dos valores cruciales: la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad. Cuando se trata de desarrollar la compactación del suelo para proyectos de construcción, estos valores son absolutamente cruciales, ya que garantizan que el suelo cumplirá los criterios de compactación que se requieren para sostener las estructuras que se van a construir.
- d. CBR:** El objetivo de este ensayo es evaluar la resistencia del suelo en términos de su capacidad para servir como subrasante, subbase, base o afirmado en la construcción de pavimentos. La resistencia del suelo se expresa en porcentajes y se compara con la resistencia de materiales estándar. A continuación, se describe el procedimiento típico para llevar a cabo este ensayo:

Procedimiento:

- **Recolección de la muestra:** Se recolecta una muestra representativa del material que se va a someter a prueba. Para el ensayo CBR, se utiliza un molde en el que se compactan aproximadamente 5 kg de material. Además, se debe determinar el

contenido de humedad y el Máximo Índice de Densidad Seca (MDS) de la muestra para tener datos precisos sobre el comportamiento del suelo bajo compactación.

- Compactación de la muestra: La compactación del suelo dentro del molde se realiza utilizando un método dinámico, que aplica una energía calculada de acuerdo con los requisitos técnicos del ensayo. Se debe añadir una cantidad de agua controlada para asegurar una compactación adecuada. Este proceso es clave para simular las condiciones que el suelo enfrentará en el campo.
- Uso de múltiples moldes y golpes: Dependiendo de la muestra y las condiciones del material, se pueden emplear entre 3 y 9 moldes para el ensayo, con distintos niveles de compactación. En cada molde, se aplican diferentes cantidades de golpes, generalmente 12, 26 y 55 golpes por capa, para adquirir un conjunto de datos representativo del comportamiento del suelo bajo diversos niveles de compactación.
- Nivelación de la muestra compactada: Una vez completada la compactación de cada molde, se retira el collar superior y se nivela la superficie del espécimen compactado. Este paso es crucial para asegurar que la superficie del suelo esté uniforme y sin vacíos, lo que permite una evaluación más precisa durante el ensayo.
- Examen del material: Una vez finalizado el proceso de compactación, se lleva a cabo una evaluación exhaustiva del material utilizado en el molde. Todos los resultados de las mediciones y observaciones se documentan minuciosamente, incluido el índice CBR obtenido.

3.8 Procesamiento y análisis de datos

Durante esta etapa, el objetivo es convertir los datos recopilados en información útil que pueda servir como base para la toma de decisiones informadas. Este proceso implica el uso de técnicas y herramientas expertas para analizar y procesar los datos de manera rigurosa. Al hacerlo, se busca asegurar que la información resultante sea no solo precisa, sino también confiable y relevante para los propósitos del análisis. Este enfoque metódico



y sistemático permite extraer conclusiones que apoyen decisiones estratégicas y técnicas en diversas áreas, optimizando así el proceso de toma de decisiones y garantizando que esté respaldado por evidencia sólida y bien fundamentada.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación y análisis de resultados

En este apartado se presentan los resultados obtenidos acerca de la incorporación de aceite sulfonado y puzolana de origen vegetal para la mejora de la subrasante, con el objetivo de optimizar el espesor del afirmado.

4.1.1 *CBR del suelo de la subrasante y espesor del afirmado de la carretera Rosaspata-Huayrapata*

Tabla 2

Compactación en la subrasante del suelo natural

OCH Y MDS-Suelo natural		
Punto Exploratorio	OCH (%)	MDS (gr/cm ³)
CE-1	9.48	1.761
CE-2	9.27	1.768
CE-3	9.93	1.766
CE-4	10.24	1.769

Figura 3

Correlación entre humedad y densidad en CE-1

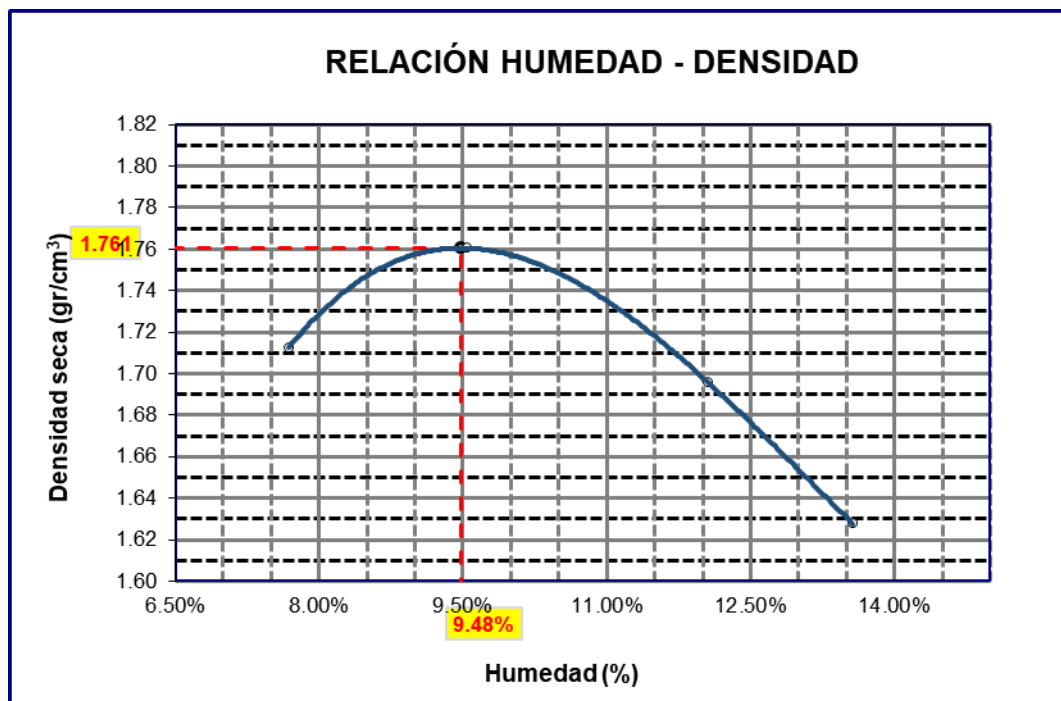


Figura 4

Correlación entre humedad y densidad en CE-2

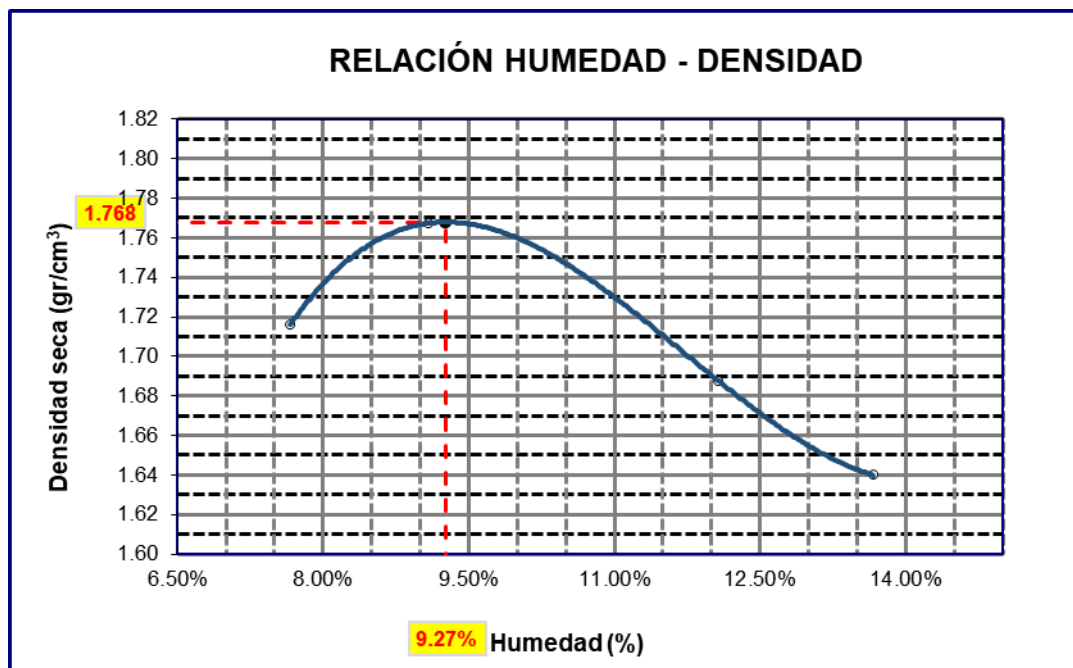


Figura 5

Correlación entre humedad y densidad en CE-3

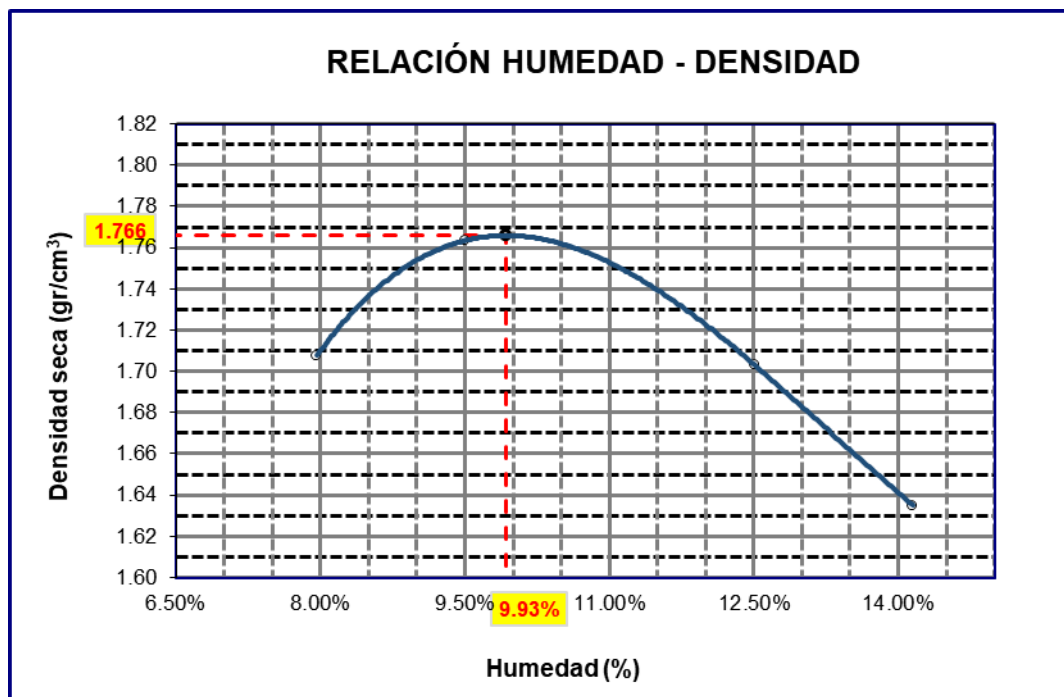


Figura 6

Correlación entre humedad y densidad en CE-4

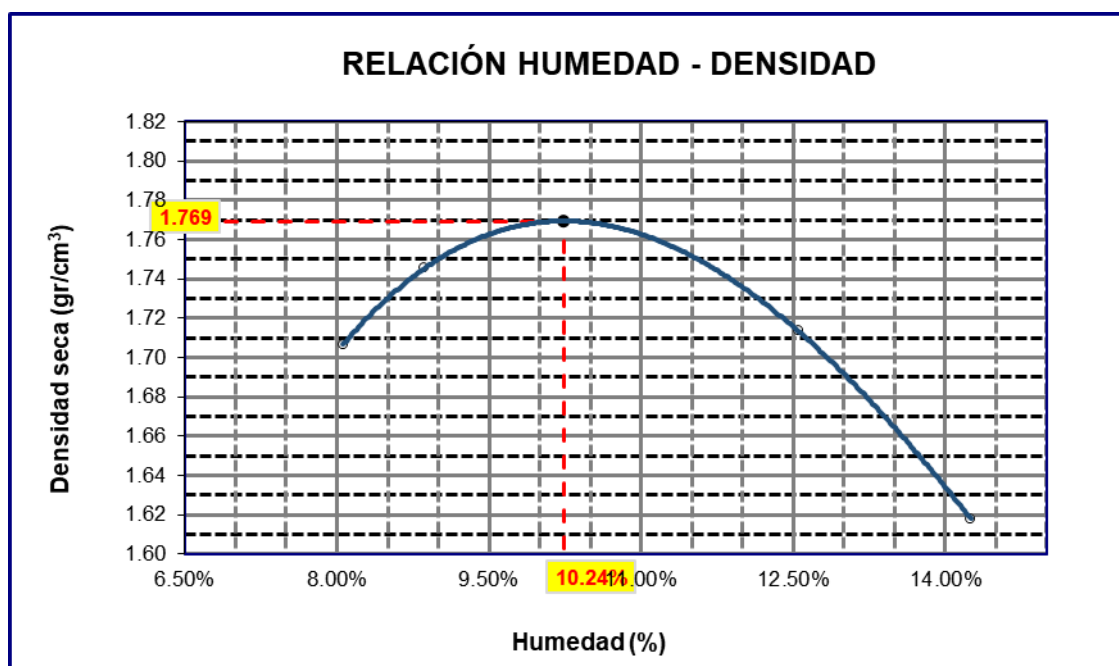
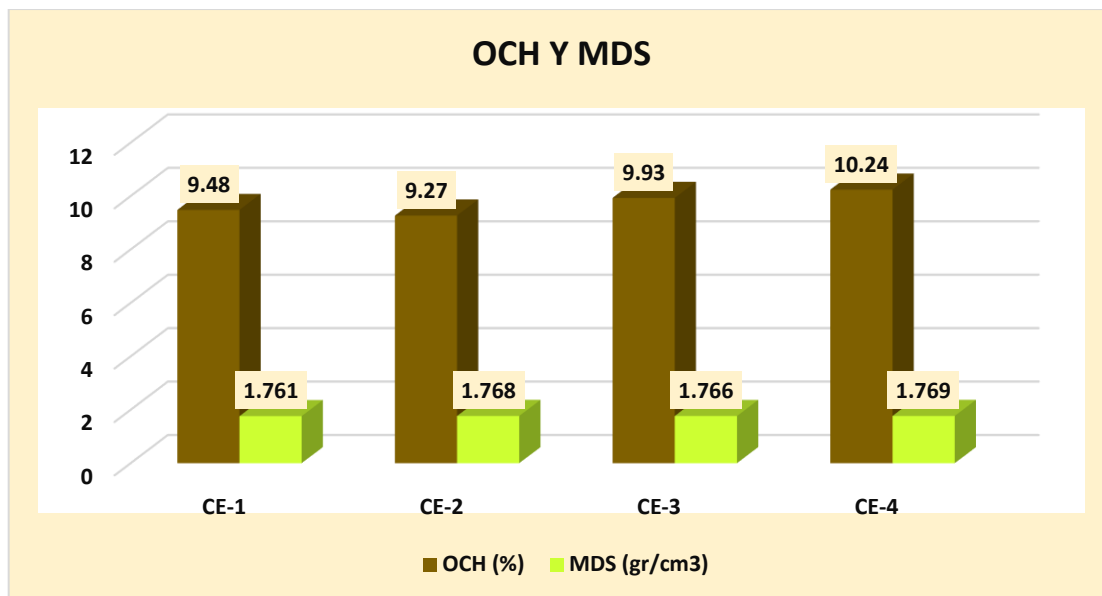


Figura 7

Compactación en la subrasante del suelo natural



Se muestra los valores de OCH y MDS para diferentes puntos exploratorios del suelo natural. Los resultados reflejan la variabilidad en las condiciones de compactación de la subrasante del suelo en los distintos puntos examinados. En CE-1: El OCH es de 9.48% y la MDS es de 1.761 gr/cm³. CE-2: El OCH es de 9.27% y la MDS es de 1.768 gr/cm³. CE-3: El OCH es de 9.93% y la MDS es de 1.766 gr/cm³. CE-4: El OCH es de 10.24% y la MDS es de 1.769 gr/cm³.

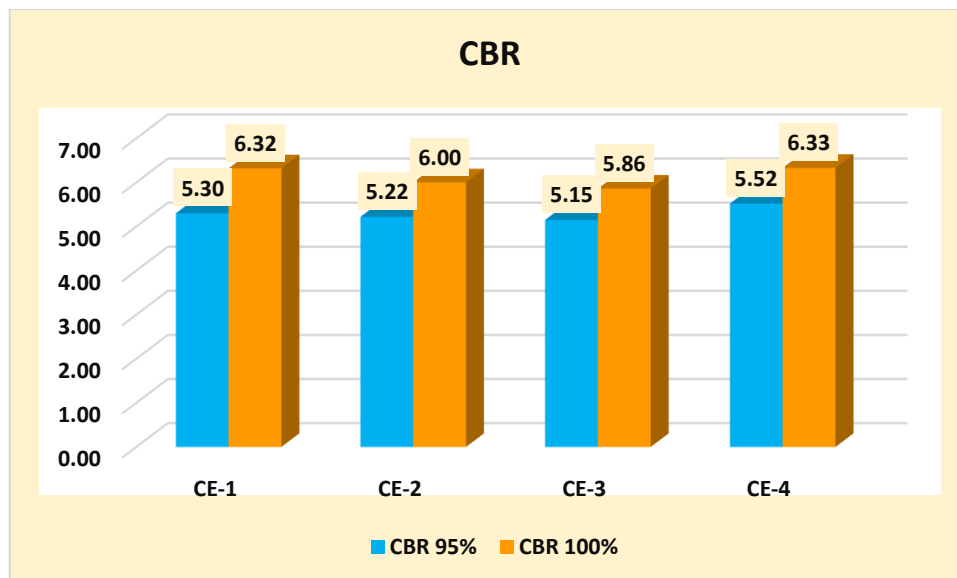
Tabla 3

CBR en la subrasante de suelo natural

CBR-Suelo natural		
Punto Exploratorio	CBR 95%	CBR 100%
CE-1	5.30	6.32
CE-2	5.22	6.00
CE-3	5.15	5.86
CE-4	5.52	6.33

Figura 8

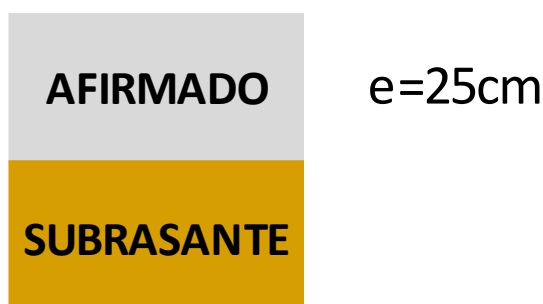
CBR en la subrasante de suelo natural



Se presenta los valores del CBR en diferentes puntos exploratorios de la subrasante del suelo natural, evaluados al 95% y 100% de su densidad máxima seca. En CE-1: El CBR al 95% es de 5.30% y al 100% es de 6.32%. CE-2: El CBR al 95% es de 5.22% y al 100% es de 6.00%. CE-3: El CBR al 95% es de 5.15% y al 100% es de 5.86%. CE-4: El CBR al 95% es de 5.52% y al 100% es de 6.33%.

Figura 9

Espesor del afirmado en la carretera Rosaspata-Huayrapata



En la carretera, después del periodo de evaluación, se pudo observar que el espesor del afirmado es de 25 cm. Este espesor fue cuidadosamente medido y verificado.

4.1.2 CBR del suelo de la subrasante con el empleo de aceite sulfanado

❖ CBR con 0.2lt/m³ de aceite sulfanado

Tabla 4

Compactación en la subrasante con 0.2lt/m³ de aceite sulfanado

OCH Y MDS - con 0.2lt/m ³ de AS		
Punto Exploratorio	OCH (%)	MDS (gr/cm ³)
CE-1	10.45	1.984
CE-2	10.40	1.991
CE-3	10.49	1.980
CE-4	10.38	1.995

Figura 10

Correlación entre humedad y densidad en CE-1 con 0.2lt/m³ de aceite sulfanado

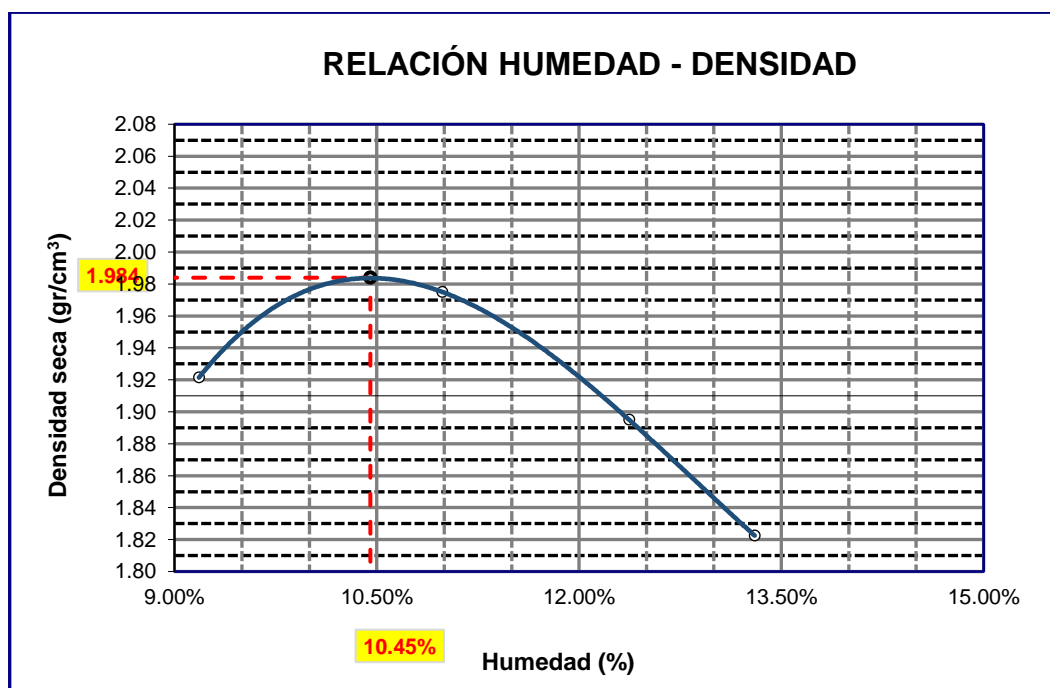


Figura 11

Correlación entre humedad y densidad en CE-2 con 0.2lt/m3 de aceite sulfanado

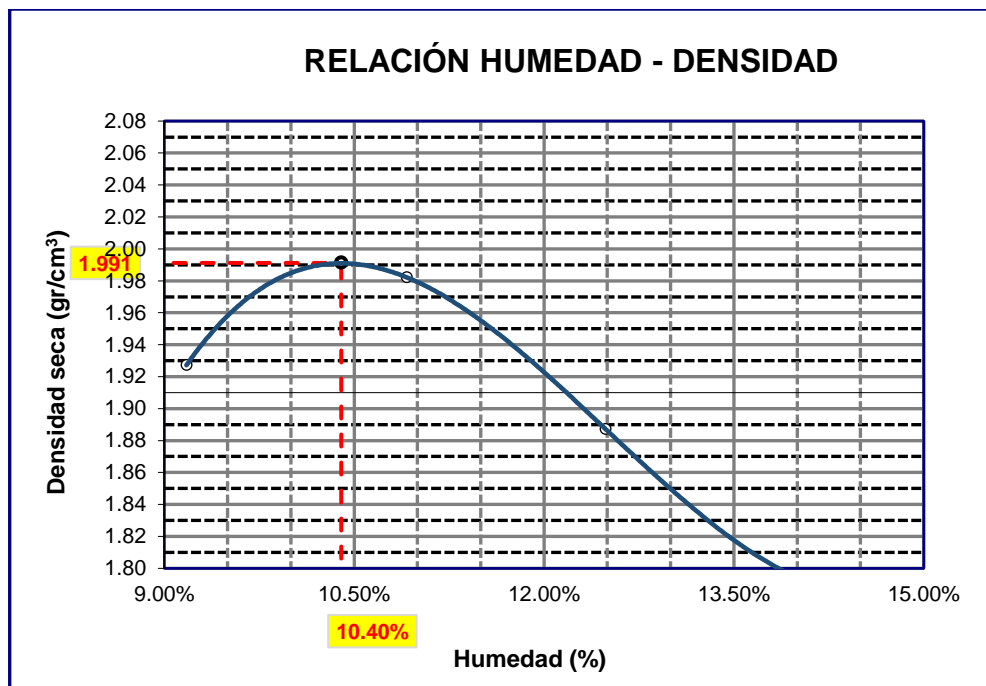


Figura 12

Correlación entre humedad y densidad en CE-3 con 0.2lt/m3 de aceite sulfanado

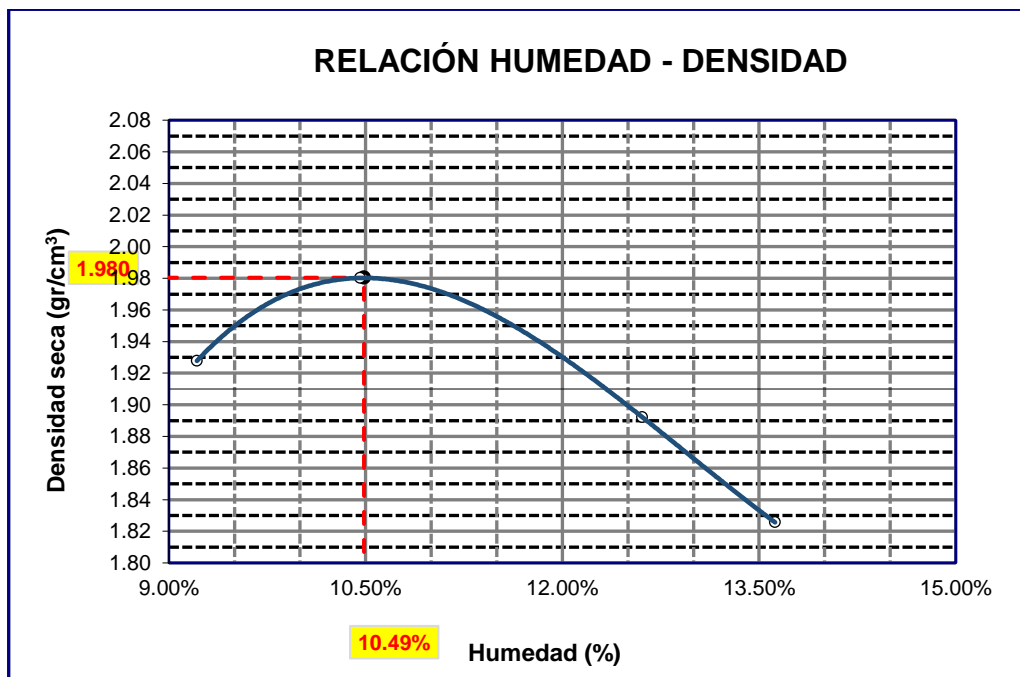


Figura 13

Correlación entre humedad y densidad en CE-4 con 0.2lt/m3 de aceite sulfanado

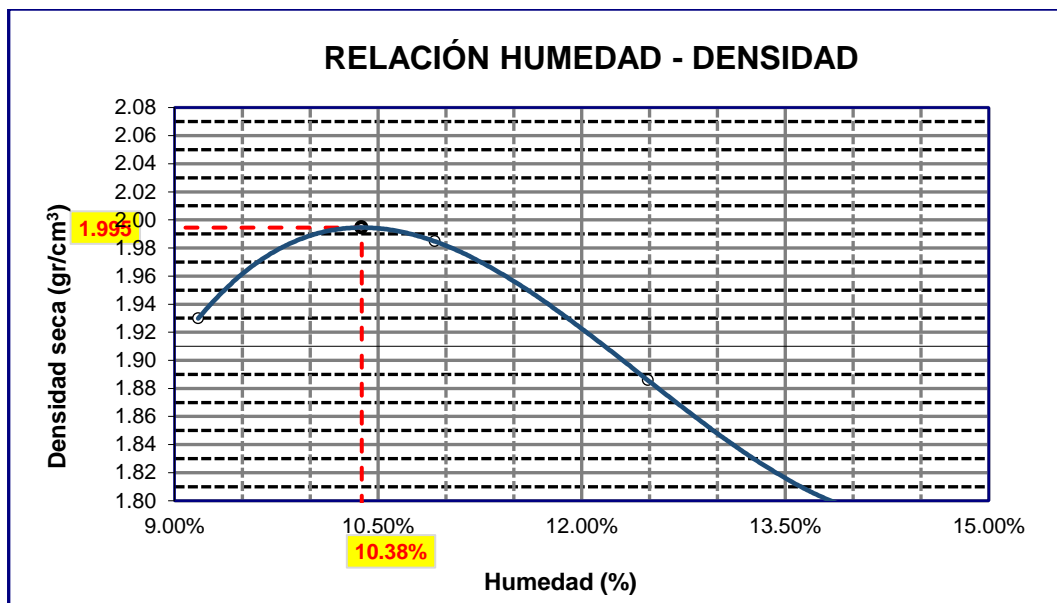
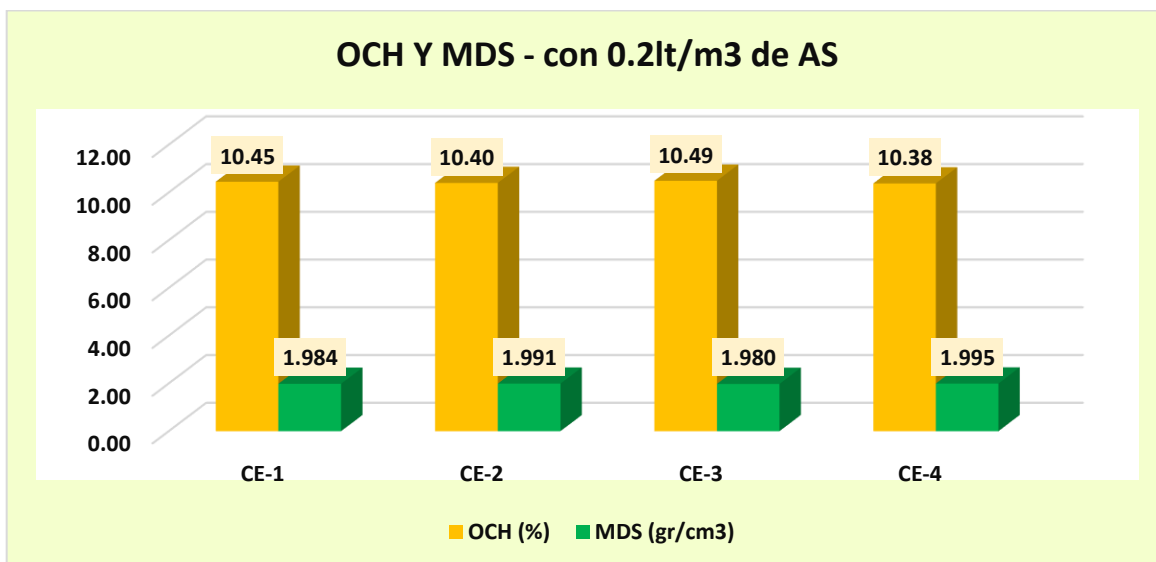


Figura 14

Compactación en la subrasante con 0.2lt/m3 de aceite sulfanado



Se muestra los valores de OCH y MDS con el empleo de aceite sulfonado en una proporción de 0.2lt/m3. Los resultados reflejan la variabilidad en las condiciones de compactación. En CE-1: El OCH es de 10.45% y la MDS es de 1.984 gr/cm³. CE-2: El OCH es de 10.40% y la MDS es de 1.991 gr/cm³. CE-3: El OCH es de 10.49% y la MDS es de 1.980 gr/cm³. CE-4: El OCH es de 10.38% y la MDS es de 1.995 gr/cm³.

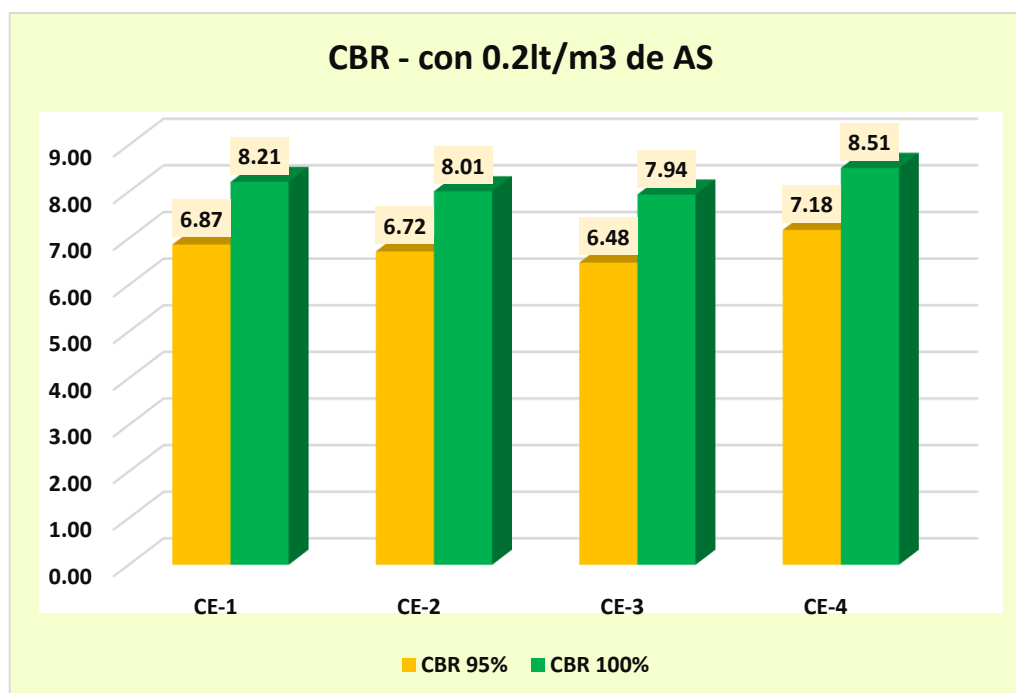
Tabla 5

CBR en la subrasante con 0.2lt/m³ de aceite sulfanado

CBR - con 0.2lt/m ³ de AS		
Punto Exploratorio	CBR 95%	CBR 100%
CE-1	6.87	8.21
CE-2	6.72	8.01
CE-3	6.48	7.94
CE-4	7.18	8.51

Figura 15

CBR en la subrasante con 0.2lt/m³ de aceite sulfanado



Se presenta los valores del CBR en diferentes puntos exploratorios de la subrasante con 0.2lt/m³ de aceite sulfanado, evaluados al 95% y 100% de su densidad máxima seca. En CE-1: El CBR al 95% es de 6.87% y al 100% es de 8.21%. CE-2: El CBR al 95% es de 6.72% y al 100% es de 8.01%. CE-3: El CBR al 95% es de 6.48% y al 100% es de 7.94%. CE-4: El CBR al 95% es de 7.18% y al 100% es de 8.51%.

❖ CBR con 0.5lt/m3 de aceite sulfanado

Tabla 6

Compactación en la subrasante con 0.5lt/m3 de aceite sulfanado

OCH Y MDS - con 0.5lt/m3 de AS		
Punto Exploratorio	OCH (%)	MDS (gr/cm3)
CE-1	10.49	2.026
CE-2	10.58	2.005
CE-3	10.58	2.001
CE-4	10.39	3.030

Figura 16

Correlación entre humedad y densidad en CE-1 con 0.5lt/m3 de aceite sulfanado

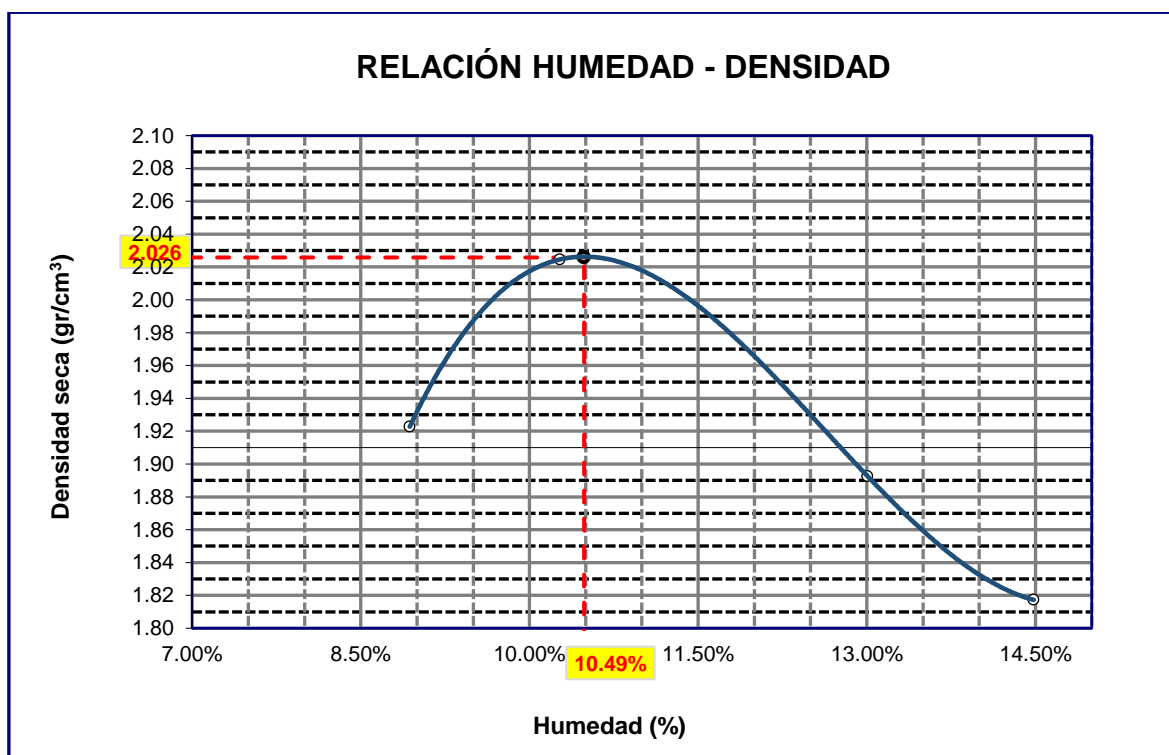


Figura 17

Correlación entre humedad y densidad en CE-2 con 0.5lt/m3 de aceite sulfanado

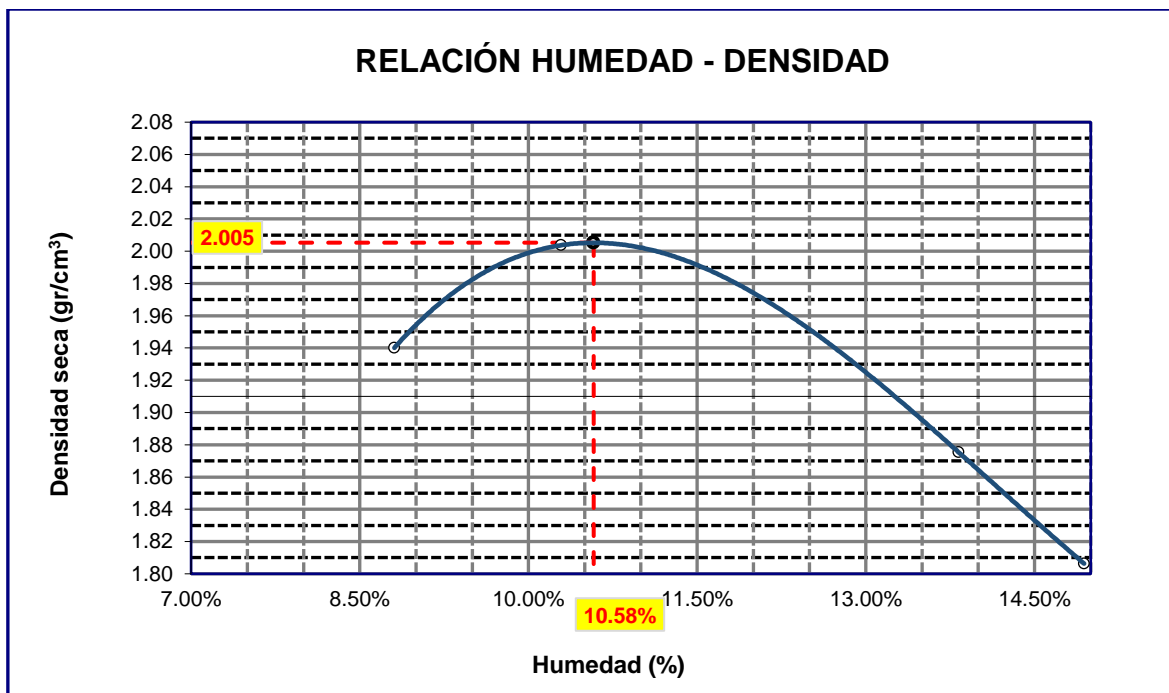


Figura 18

Correlación entre humedad y densidad en CE-3 con 0.5lt/m3 de aceite sulfanado

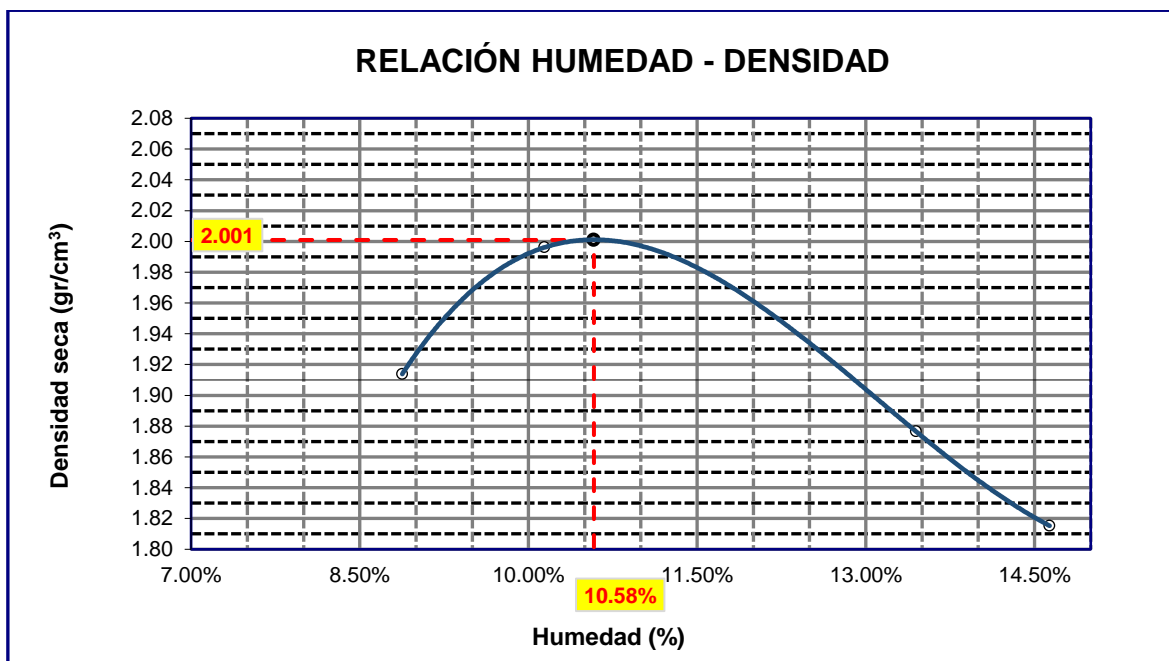


Figura 19

Correlación entre humedad y densidad en CE-4 con 0.5lt/m3 de aceite sulfonado

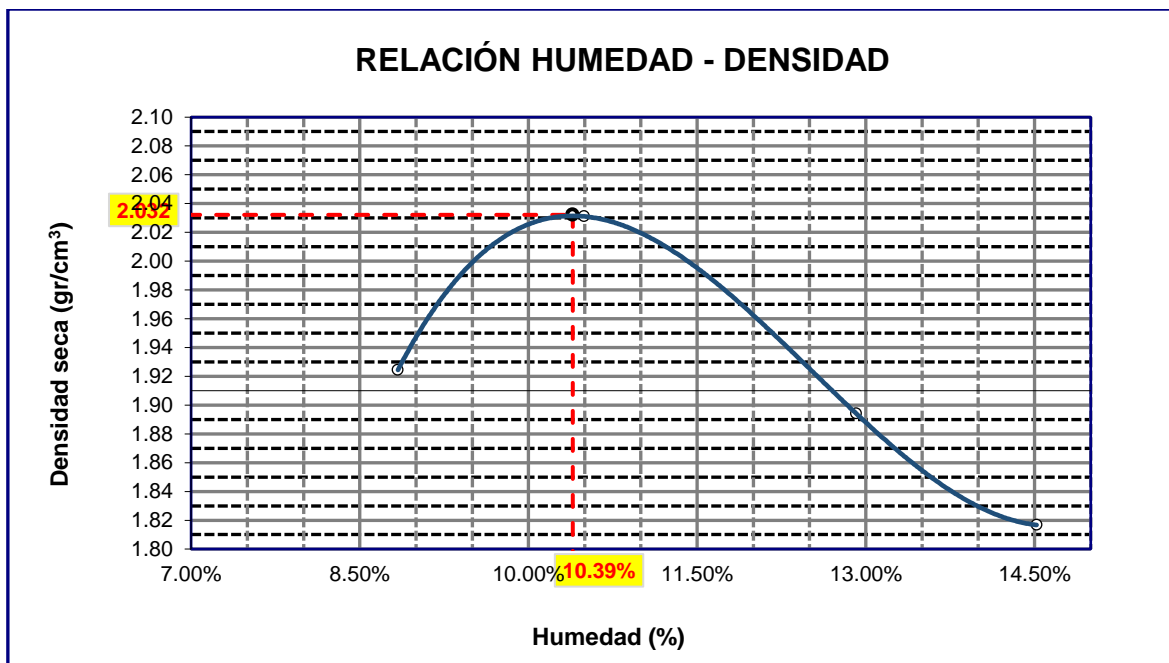
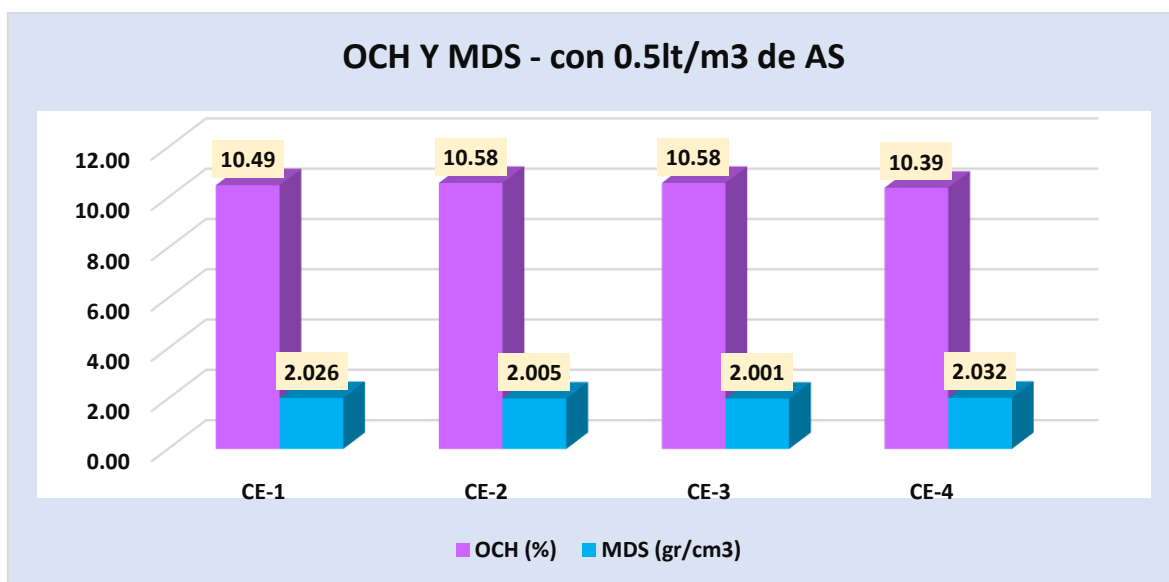


Figura 20

Compactación en la subrasante con 0.5lt/m3 de aceite sulfonado



Se muestra los valores de OCH y MDS para diferentes puntos exploratorios del suelo de la subrasante con el empleo de aceite sulfonado en una proporción de 0.5lt/m3. Los resultados reflejan la variabilidad en las condiciones de compactación de la subrasante del suelo en los distintos puntos examinados. En CE-1: El OCH es de 10.49% y la MDS es de

2.026 gr/cm³. CE-2: El OCH es de 10.58% y la MDS es de 2.005 gr/cm³. CE-3: El OCH es de 10.58% y la MDS es de 2.001 gr/cm³. CE-4: El OCH es de 10.39% y la MDS es de 2.032 gr/cm³.

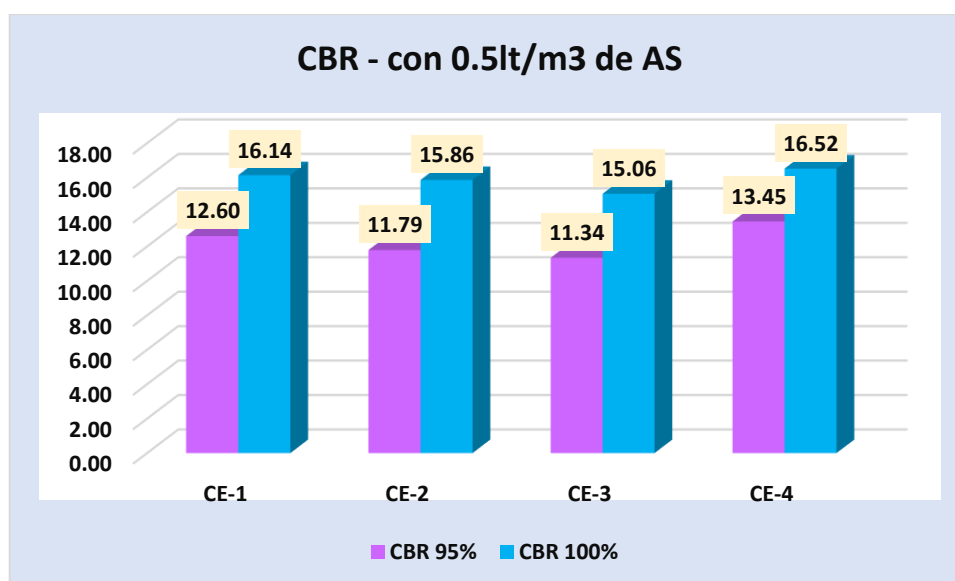
Tabla 7

CBR en la subrasante con 0.5lt/m3 de aceite sulfanado

Punto Exploratorio	CBR - con 0.5lt/m3 de AS	
	CBR 95%	CBR 100%
CE-1	12.60	16.14
CE-2	11.79	15.86
CE-3	11.34	15.06
CE-4	13.45	16.52

Figura 21

CBR en la subrasante con 0.5lt/m3 de aceite sulfanado



Se presenta los valores del CBR en diferentes puntos exploratorios de la subrasante del suelo con 0.0.5lt/m3 de aceite sulfanado, evaluados al 95% y 100% de su densidad máxima seca. En CE-1: El CBR al 95% es de 12.60% y al 100% es de 16.14%. CE-2: El CBR al 95% es de 11.79% y al 100% es de 15.86%. CE-3: El CBR al 95% es de 11.34% y al 100% es de 15.06%. CE-4: El CBR al 95% es de 13.45% y al 100% es de 16.52%.

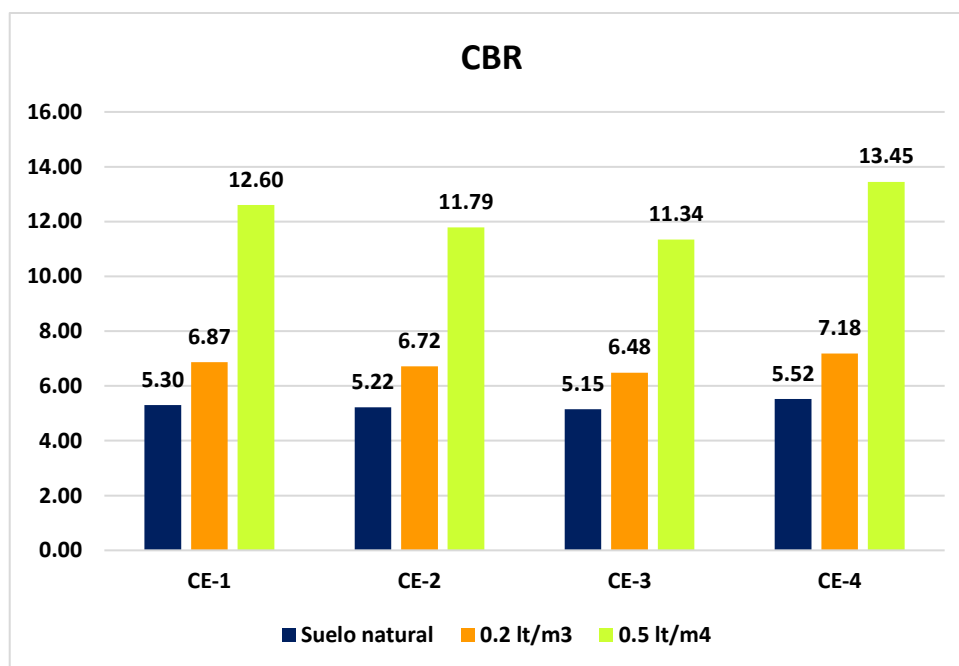
Tabla 8

CBR en la subrasante con aceite sulfonado

Punto Exploratorio	CBR - con AS		
	Suelo natural	0.2 lt/m ³	0.5 lt/m ⁴
CE-1	5.30	6.87	12.60
CE-2	5.22	6.72	11.79
CE-3	5.15	6.48	11.34
CE-4	5.52	7.18	13.45

Figura 22

CBR en la subrasante con aceite sulfonado



Se presenta una comparación del CBR de la subrasante del suelo natural y de aquellas muestras tratadas con la incorporación de aceite sulfonado en concentraciones de 0.2 lt/m³ y 0.5 lt/m³. Los resultados muestran un mayor valor de CBR en las muestras con 0.5 lt/m³ de aceite sulfonado, indicando una mejora en la resistencia de la subrasante al aumentar la cantidad de aditivo.

4.1.3 CBR del suelo de la subrasante con el empleo de puzolana de origen vegetal

❖ CBR con 3% de puzolana de origen vegetal

Tabla 9

Compactación en la subrasante con 3% de puzolana de origen vegetal

OCH Y MDS - con 3% de POV		
Punto Exploratorio	OCH (%)	MDS (gr/cm ³)
CE-1	9.08	1.992
CE-2	9.57	1.987
CE-3	9.58	1.985
CE-4	9.78	1.987

Figura 23

Correlación entre humedad y densidad en CE-1 con 3% de puzolana de origen vegetal

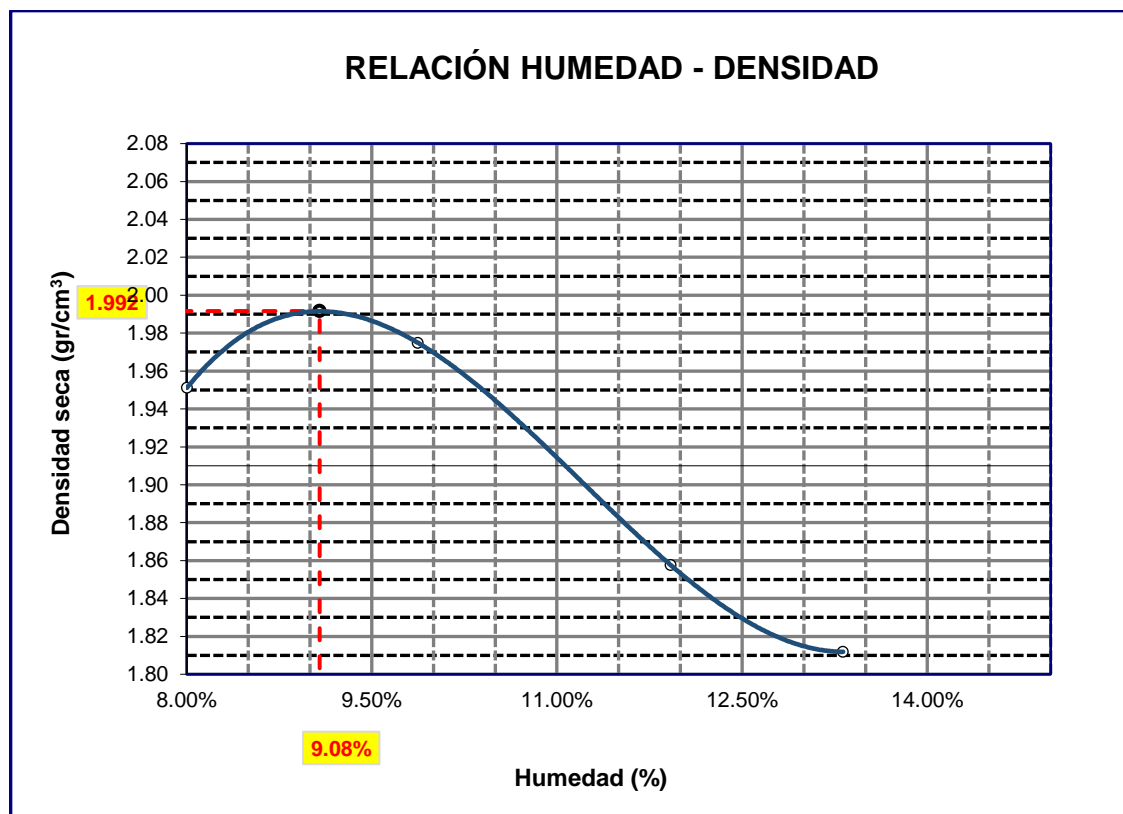


Figura 24

Correlación entre humedad y densidad en CE-2 con 3% de puzolana de origen vegetal

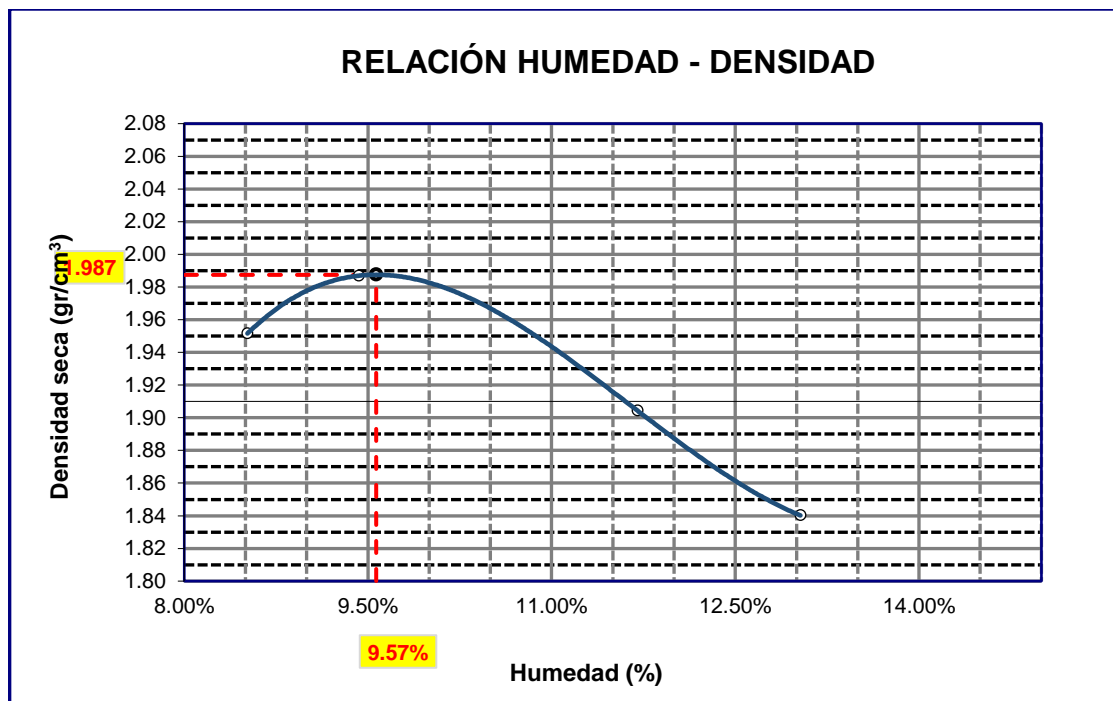


Figura 25

Correlación entre humedad y densidad en CE-3 con 3% de puzolana de origen vegetal

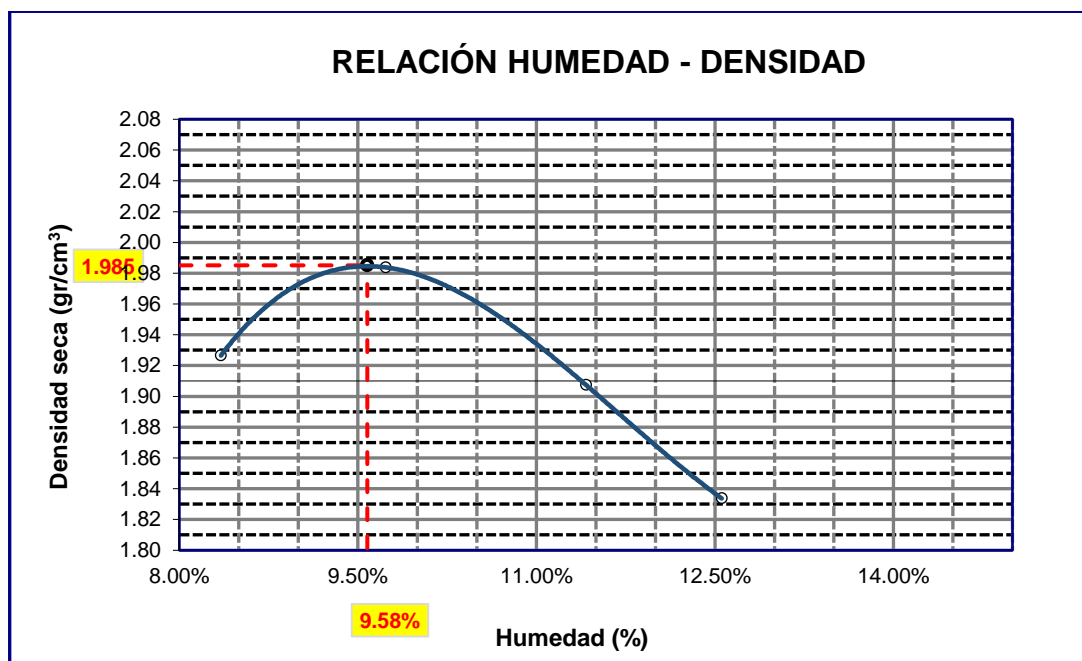


Figura 26

Correlación entre humedad y densidad en CE-4 con 3% de puzolana de origen vegetal

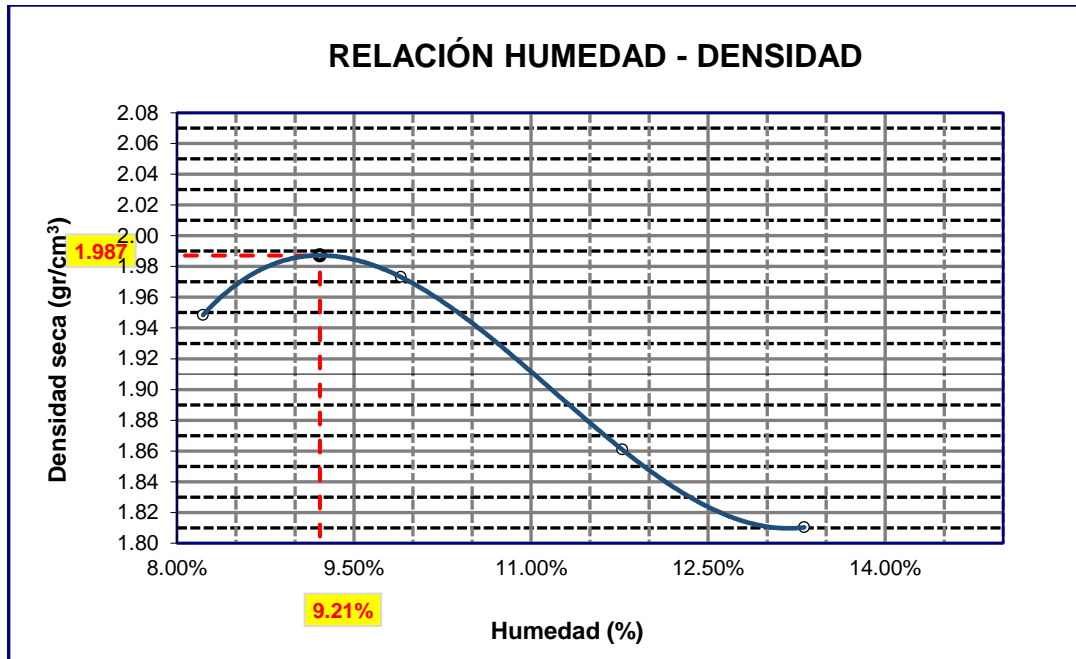
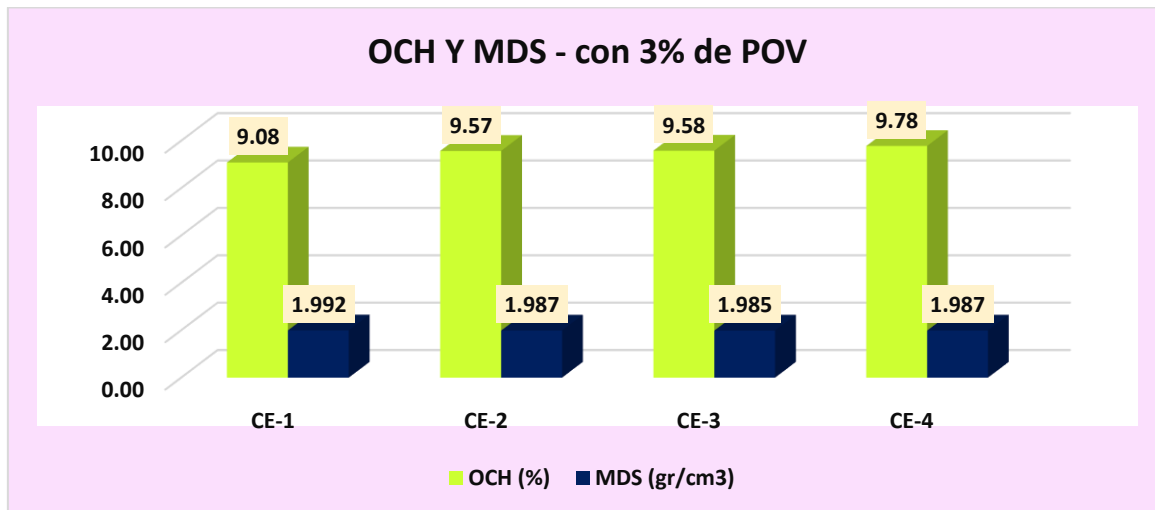


Figura 27

Compactación en la subrasante con 3% de puzolana de origen vegetal



Se muestra los valores de OCH y MDS para diferentes puntos exploratorios del suelo de la subrasante con el empleo de 3% de puzolana de origen vegetal. Los resultados reflejan la variabilidad en las condiciones de compactación de la subrasante del suelo en los distintos puntos examinados. En CE-1: El OCH es de 9.08% y la MDS es de 1.992 gr/cm³. CE-2: El

OCH es de 9.57% y la MDS es de 1.987 gr/cm³. CE-3: El OCH es de 9.58% y la MDS es de 1.985 gr/cm³. CE-4: El OCH es de 9.78% y la MDS es de 1.987 gr/cm³.

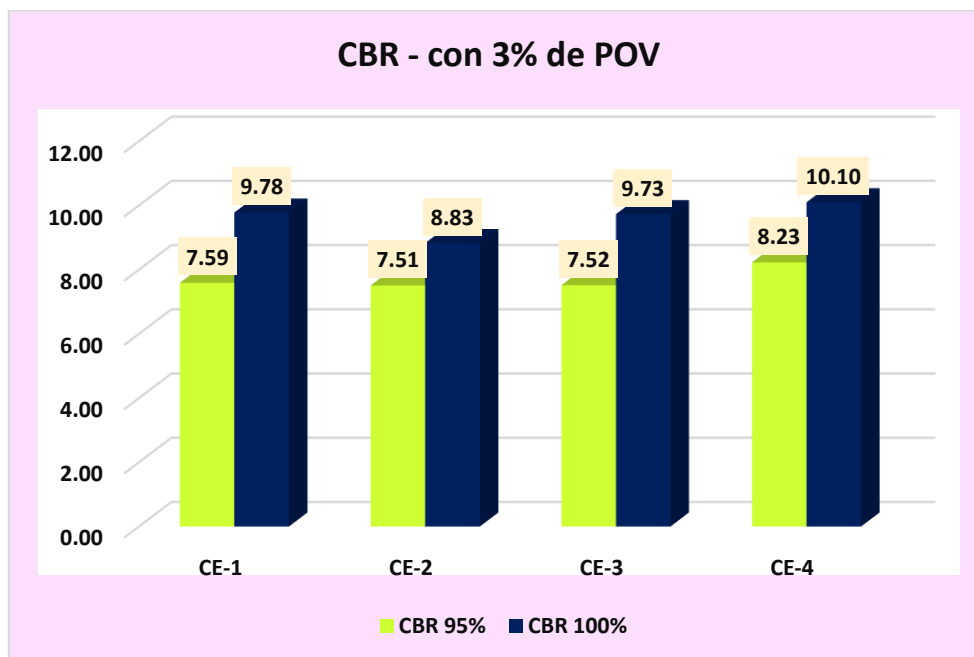
Tabla 10

CBR en la subrasante con 3% de puzolana de origen vegetal

Punto Exploratorio	CBR - con 3% de POV	
	CBR 95%	CBR 100%
CE-1	7.59	9.78
CE-2	7.51	8.83
CE-3	7.52	9.73
CE-4	8.23	10.10

Figura 28

CBR en la subrasante con 3% de puzolana de origen vegetal



Se presenta los valores del CBR en diferentes puntos exploratorios de la subrasante con 3% de puzolana de origen vegetal, evaluados al 95% y 100% de su densidad máxima seca. En CE-1: El CBR al 95% es de 7.59% y al 100% es de 9.78%. CE-2: El CBR al 95% es de 7.51% y al 100% es de 8.83%. CE-3: El CBR al 95% es de 7.52% y al 100% es de 9.73%. CE-4: El CBR al 95% es de 8.23% y al 100% es de 10.10%.

❖ CBR con 6% de puzolana de origen vegetal

Tabla 11

Compactación en la subrasante con 6% de puzolana de origen vegetal

OCH Y MDS - con 6% de POV		
Punto Exploratorio	OCH (%)	MDS (gr/cm ³)
CE-1	8.86	2.014
CE-2	8.87	2.012
CE-3	8.54	2.004
CE-4	9.04	2.023

Figura 29

Correlación entre humedad y densidad en CE-1 con 6% de puzolana de origen vegetal

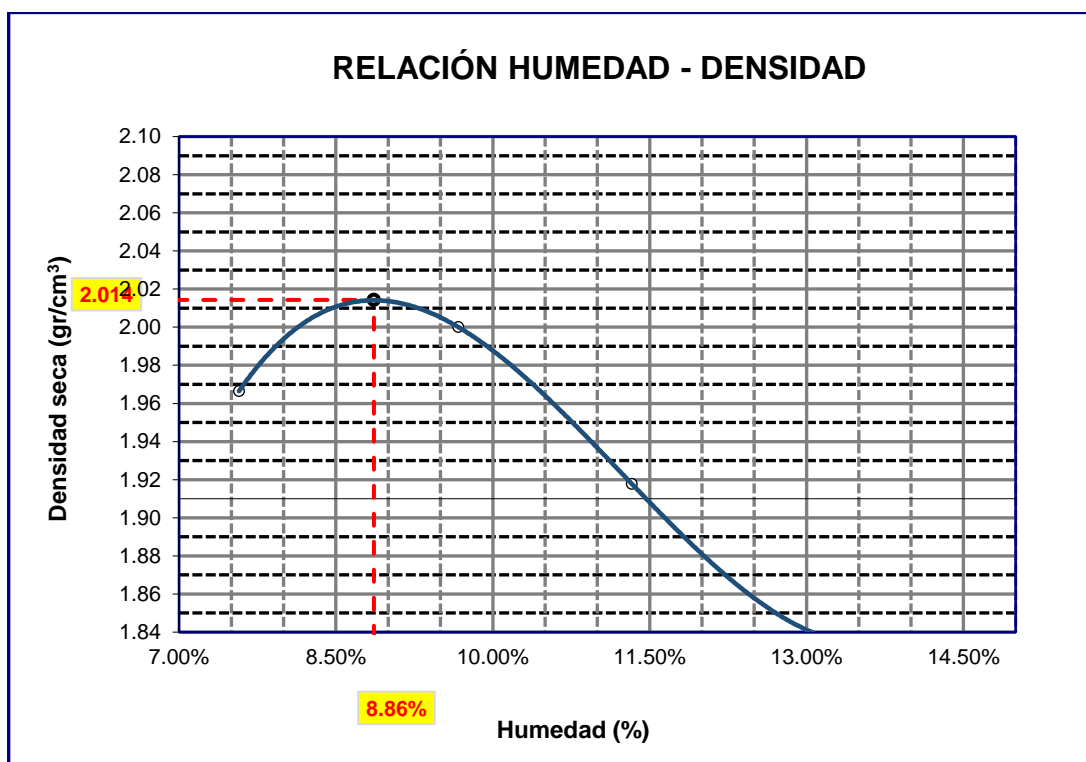


Figura 30

Correlación entre humedad y densidad en CE-2 con 6% de puzolana de origen vegetal

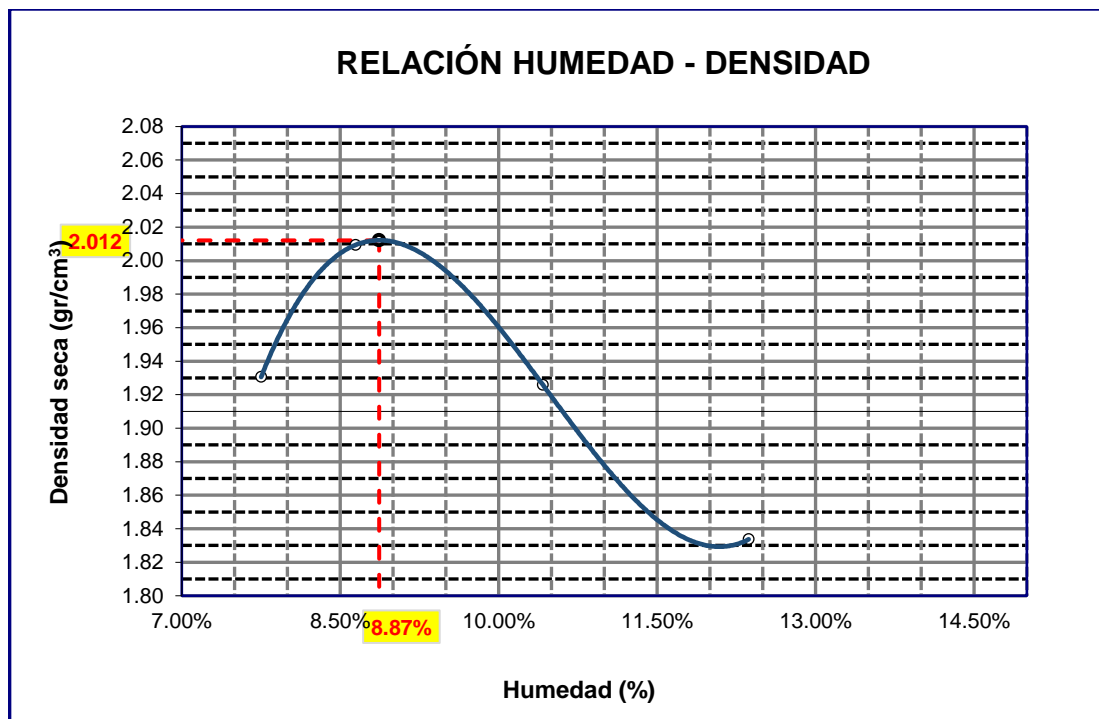


Figura 31

Correlación entre humedad y densidad en CE-3 con 6% de puzolana de origen vegetal

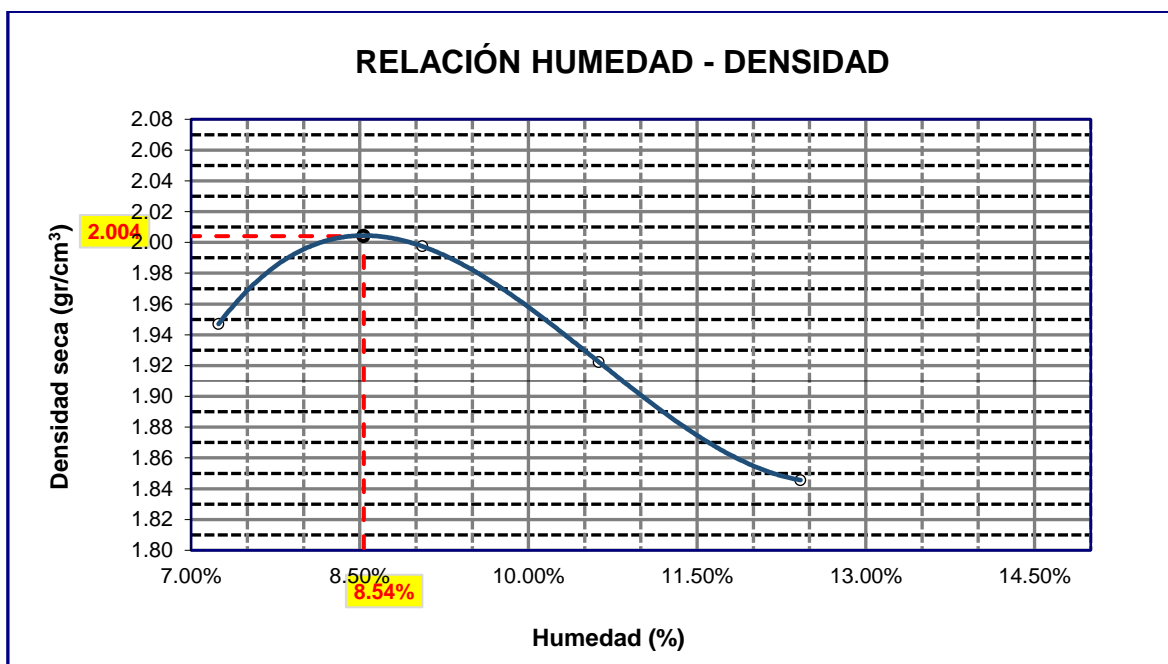


Figura 32

Correlación entre humedad y densidad en CE-4 con 6% de puzolana de origen vegetal

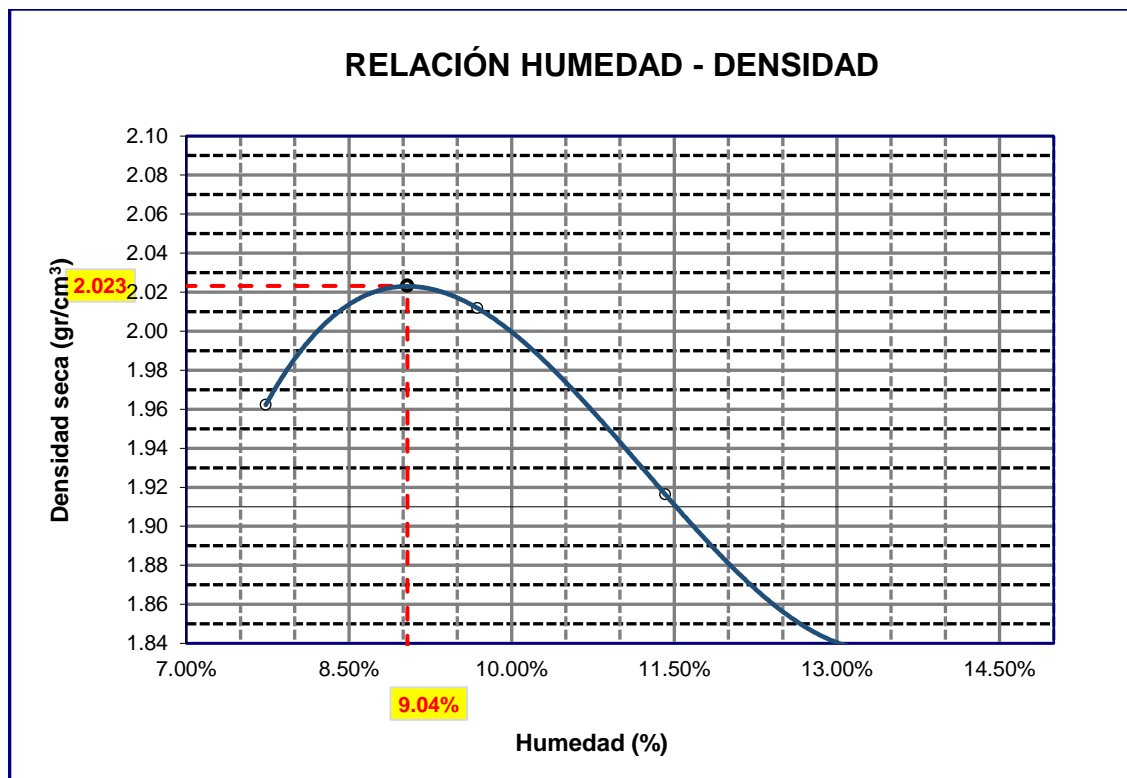
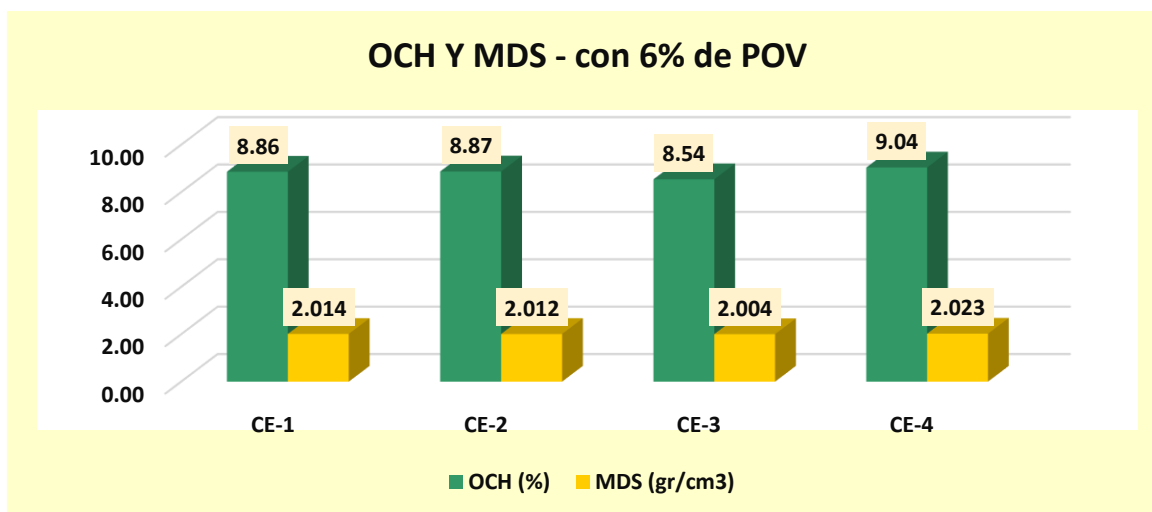


Figura 33

Compactación en la subrasante con 6% de puzolana de origen vegetal



Se muestra los valores de OCH y MDS para diferentes puntos exploratorios del suelo de la subrasante con el empleo de 6% de puzolana de origen vegetal. Los resultados reflejan la variabilidad en las condiciones de compactación de la subrasante del suelo en los distintos

puntos examinados. En CE-1: El OCH es de 8.86% y la MDS es de 2.014 gr/cm³. CE-2: El OCH es de 8.87% y la MDS es de 2.012 gr/cm³. CE-3: El OCH es de 8.54% y la MDS es de 2.004 gr/cm³. CE-4: El OCH es de 9.04% y la MDS es de 2.023 gr/cm³.

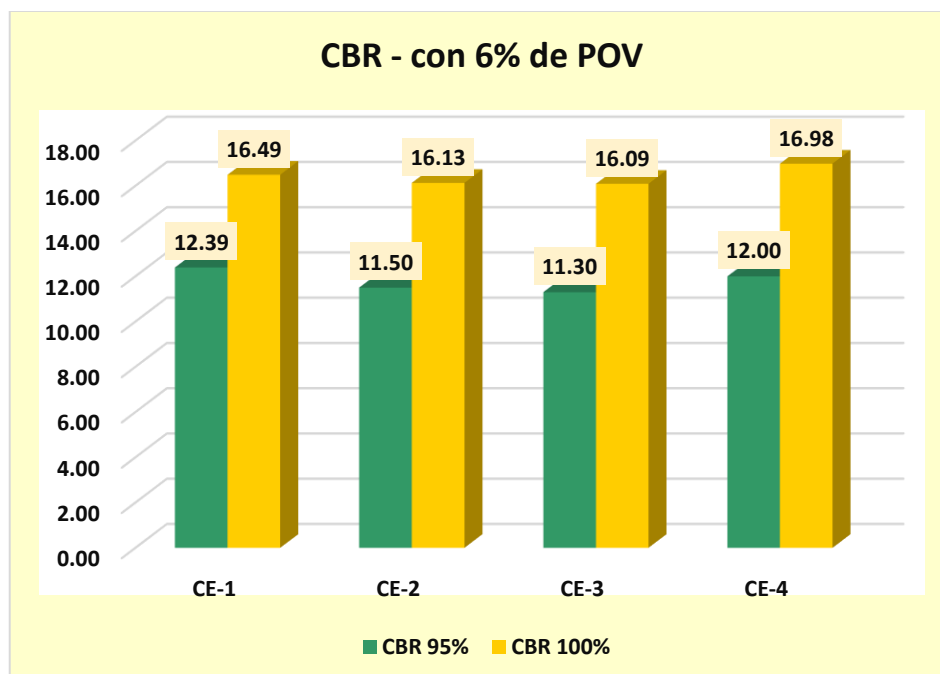
Tabla 12

CBR en la subrasante con 6% de puzolana de origen vegetal

CBR - con 6% de POV		
Punto Exploratorio	CBR 95%	CBR 100%
CE-1	12.39	16.49
CE-2	11.50	16.13
CE-3	11.30	16.09
CE-4	12.00	16.98

Figura 34

CBR en la subrasante con 6% de puzolana de origen vegetal



Se presenta los valores del CBR en diferentes puntos exploratorios de la subrasante con 6% de puzolana de origen vegetal, evaluados al 95% y 100% de su densidad máxima seca. En CE-1: El CBR al 95% es de 12.39% y al 100% es de 16.49%. CE-2: El CBR al 95% es

de 11.50% y al 100% es de 16.13%. CE-3: El CBR al 95% es de 11.30% y al 100% es de 16.09%. CE-4: El CBR al 95% es de 12.00% y al 100% es de 16.98%.

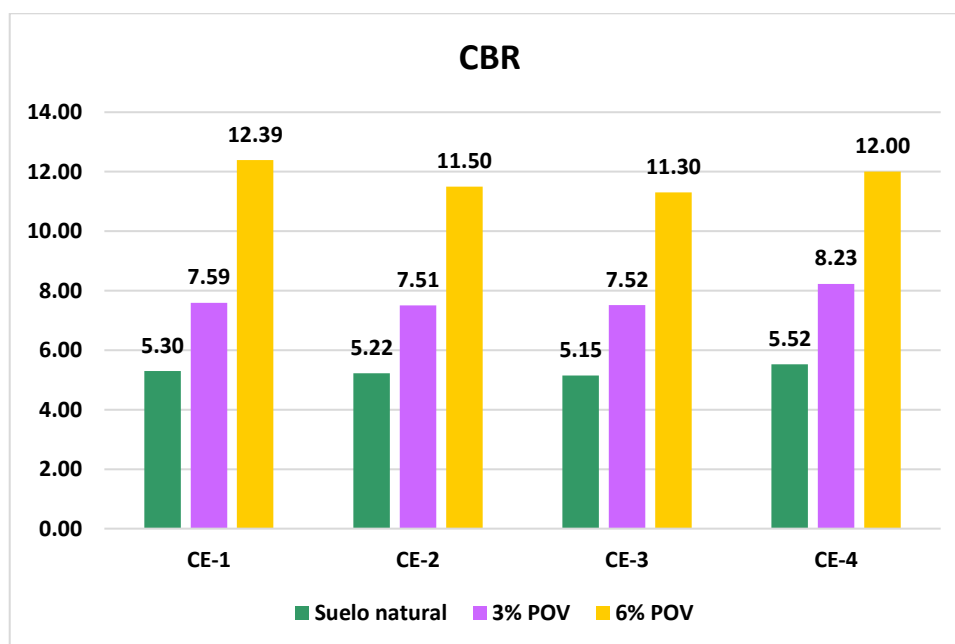
Tabla 13

CBR en la subrasante con puzolana de origen vegetal

Punto Exploratorio	CBR - con POV		
	Suelo natural	3% POV	6% POV
CE-1	5.30	7.59	12.39
CE-2	5.22	7.51	11.50
CE-3	5.15	7.52	11.30
CE-4	5.52	8.23	12.00

Figura 35

CBR en la subrasante con puzolana de origen vegetal



Se presenta una comparación del CBR en diferentes muestras con la incorporación de puzolana de origen vegetal. Los resultados muestran que al añadir un 6% de este material, se observan mejoras en el CBR.



4.1.4 *Espesor optimizado del afirmador considerando una subrasante estabilizada*

De acuerdo al CBR promedio del 95% de la MDS, que fue de 12.30%, se estabilizó la subrasante utilizando 0.5 lt/m³ en las calicatas. Este valor de CBR refleja una buena capacidad de soporte del suelo, lo cual es fundamental.

El estudio de tráfico realizado presentó un número de repeticiones de Ejes Equivalentes (EE) de 30,088, lo cual se considera dentro de la categoría de TP2.

Para el cálculo del espesor del afirmado, se aplicó la fórmula establecida por el MTC. Esta fórmula toma en cuenta diversos factores como el CBR de la subrasante, el número de repeticiones de EE, y otros parámetros de diseño específicos.

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} (\text{Nrep}/120)$$

Donde:

CBR de la subrasante: 12.30%

Nrep: 30 088

Al sustituir los valores en la fórmula establecida, se obtiene un espesor de 154.33 mm.

$$e = 15 \text{ cm}$$

Tabla 14

Espesor del afirmado según la tabla del MTC

CBR % Diseño	EJES EQUIVALENTES														
	10,000	20,000	25,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	75,000	80,000	90,000	100,000	110,000	120,000	
	ESPESOR DE MATERIAL DE AFIRMADO (mm)														
6	200	200	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300	300	300	
7	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	
8	150	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	
9	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	
10	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
11	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
12	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	
13	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	
14	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	
15	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	
16	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	
17	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	
18	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	
19	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	
20	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	

De acuerdo con la tabla del MTC, se puede apreciar que el espesor del material del afirmado es de 150 mm, lo que equivale a 15 cm.

Tabla 15

Comparativa del espesor del afirmado

Descripción	Espesor
Espesor del afirmado natural	25 cm
Espesor del afirmado mediante la estabilización de la subrasante	15 cm

Se demostró que al estabilizar la subrasante con aceite sulfonado, el espesor del afirmado se optimizó, logrando una reducción de aproximadamente 10 cm.

4.2 Discusión de resultados

En el estudio de (Mendoza & Enriquez, 2021), se investigó el efecto de aditivos puzolánicos de origen vegetal en la mejora del CBR (California Bearing Ratio) de suelos limosos. El objetivo principal fue evaluar cómo estos aditivos influían en las propiedades mecánicas del suelo y determinar su potencial como alternativas sostenibles a los materiales convencionales. Inicialmente, se midió el CBR del suelo limoso sin aditivos, obteniendo un valor de 5.81%. A continuación, se incorporaron diferentes tipos de cenizas vegetales a la mezcla del suelo. Específicamente, se analizaron la ceniza de semilla de zapallo y la ceniza de semilla de girasol. La incorporación de ceniza de semilla de zapallo resultó en un CBR promedio de 7.18%, lo que representa un aumento significativo en comparación con el valor inicial. Además, la ceniza de semilla de girasol mostró un rendimiento aún mejor, con un CBR promedio de 7.24%, superando ligeramente al aditivo anterior en un 0.06%. Estos resultados indican que las puzolanas naturales, como las cenizas de semillas de zapallo y girasol, pueden mejorar considerablemente la capacidad de soporte del suelo limoso. Para comparar, también se evaluó una mezcla de suelo limoso con cemento, obteniendo un CBR promedio de 6.8%. Sin embargo, esta mezcla fue superada por las mezclas con puzolanas naturales: la mezcla con ceniza de semilla de girasol superó al cemento en un 0.44% y la mezcla con ceniza de semilla de zapallo lo hizo en un 0.38%. Los hallazgos del estudio subrayan el potencial de las puzolanas naturales como alternativas ecológicas y eficientes para la estabilización de suelos, ofreciendo mejoras significativas en el rendimiento mecánico del suelo en comparación con los métodos tradicionales.

En la investigación llevada a cabo por Valdez (2022), el aceite sulfonado fue utilizado con el propósito de estabilizar la subrasante, y los resultados fueron considerables. Las pruebas para el California Bearing Ratio (CBR) fueron realizadas en muestras de suelo a las que se les adicionó aceite sulfonado en los siguientes porcentajes:



2%, 4%, 6% y 8% durante el transcurso del experimento. A continuación, se enumeran los resultados: A una concentración del cien por cien del M.D.S., el material presentaba un CBR del 22,60% en su estado nativo. El aumento del CBR al 29,3% al 100% del M.D.S. se produjo por la adición de un 2% de aceite sulfonado. El CBR alcanzó el 36,3% mientras el M.D.S. estaba al 100%. Esto se consiguió con un 4% de aceite sulfonado. El CBR fue del 44,9% al 100% del M.D.S. cuando la adición tuvo lugar al 6%. En conclusión, el CBR alcanzó finalmente el 57% al 100% del M.D.S. cuando se utilizó aceite sulfonado al 8%. Se utilizaron penetraciones de 1 y 2 pulgadas en las pruebas CBR que se llevaron a cabo. La adición de aceite sulfonado en las dosis recomendadas condujo a un aumento en el CBR, como lo demuestran los datos respectivos. Los suelos arcillosos experimentaron un aumento de su resiliencia como resultado del aceite sulfonado, que también contribuyó a mejorar sus cualidades mecánicas. Se observó un aumento del CBR del 22,60% (en estado natural) al 29,3% en la porción investigada, y este aumento se atribuyó a la adición de un 2% de aceite sulfonado. Estas características fueron evaluadas durante el proceso de estabilización de la carretera que une Quilcas y Colpar en la provincia de Huancayo. Los resultados demostraron aumentos considerables en la resiliencia del suelo.

En el curso de la investigación realizada por Gómez (2020), se utilizó aceite sulfonado y cemento en el proceso de estabilización de suelos, lo que condujo a los siguientes resultados. Estos experimentos se llevaron a cabo en muestras de suelo a las que se les aplicó 0,5%, 2%, 3,5% y 5% de cemento Portland tipo I (aditivo sólido) y 0,30 Lt/m³ de aceite sulfonado (aditivo líquido). También se realizaron pruebas de CBR y de compresión no confinada en estas muestras de suelo. Según los resultados, el CBR del espécimen M1 aumentó del 19,6% al 100,2%, mientras que el CBR del espécimen M2 aumentó del 5,8% al 78,1% al mismo tiempo. Con la dosificación de 3,5% de cemento y 0,30 litros por metro cúbico de aceite sulfonado, se determinó que la compresión no confinada se ajustaba a los criterios de la norma, que era de 18,35 kilogramos por



centímetro cúbico. Se registró una mejora máxima del CBR de 103,8% en la subrasante con un porcentaje de 5% de cemento Portland tipo I y 0,30 lts/m³ de aceite sulfonado. Esto se observó al comparar la muestra de suelo estándar con las muestras que se añadieron con todas las demás proporciones de cemento y aceite sulfonado. Ciento veintiocho por ciento fue el valor CBR más alto que se encontró en las muestras que se tomaron de la superficie de la carretera. Se alcanzó un valor óptimo de 24,10 kg/cm² para la compresión simple no confinada, superior al mínimo exigido por la norma. Esto se logró con un porcentaje de 3,5% de cemento y 0,30 lts/m³ de aceite sulfonado, lo que permitió concluir que esta proporción sería el ideal para cumplir con la normativa. En conclusión, el espesor de la carretera a estabilizar se determinó empleando la técnica NAASRA. Este método utilizó el CBR reformado con el aditivo de aceite sulfonado y cemento, resultando en un espesor de veinte centímetros.

En nuestro estudio, utilizamos aceite sulfonado y puzolana de origen vegetal para mejorar la subrasante y optimizar el espesor del afirmado. El aceite sulfonado se agregó en proporciones de 0.2 lt/m³ y 0.5 lt/m³, observándose una mejora significativa con la utilización de 0.5 lt/m³. En las muestras tratadas con esta dosificación, los resultados del CBR fueron los siguientes: en CE-1, un CBR de 12.60%; en CE-2, 11.79%; en CE-3, 11.34%; y en CE-4, 13.45%. Además, al incorporar puzolana de origen vegetal en proporciones de 3% y 6%, se observaron mejoras adicionales, siendo más significativas con la incorporación del 6%. Los resultados del CBR con la puzolana de 6% fueron: en CE-1, un CBR de 12.39%; en CE-2, 11.50%; en CE-3, 11.30%; y en CE-4, 12.00%.



CONCLUSIONES

Primera, el CBR de la subrasante del suelo natural en la carretera Rosaspata-Huayrapata, medido en los puntos de control, presentó los siguientes valores: en el punto CE-1, el CBR fue de 5.30%; en CE-2, fue de 5.22%; en CE-3, fue de 5.15%; y en CE-4, fue de 5.52%. El espesor del afirmado encontrado en la carretera fue de 25 cm.

Segunda, la adición de aceite sulfonado en proporciones de 0.2 lt/m³ y 0.5 lt/m³ presentó mejoras en la subrasante. Los mejores resultados se obtuvieron con la adición de 0.5 lt/m³, donde en el punto de control CE-1 el CBR fue de 12.60%, en CE-2 fue de 11.79%, en CE-3 fue de 11.34% y en CE-4 fue de 13.45%.

Tercera, la adición de puzolana de origen vegetal en proporciones de 3% y 6% presentó mejoras en la subrasante. Los mejores resultados se obtuvieron con la adición del 6%, donde en el punto de control CE-1 el CBR fue de 12.39%, en CE-2 fue de 11.50%, en CE-3 fue de 11.30% y en CE-4 fue de 12.00%.

Cuarta, el espesor del afirmado mediante la estabilización de la subrasante con 0.5 lt/m³ de aceite sulfonado presentó un CBR promedio de 12.30% con ejes equivalentes (EE) de 30088. El espesor fue de 15 cm, lo que representa una reducción de aproximadamente 10 cm.



RECOMENDACIONES

Primera, se sugiere a las empresas y entidades involucradas en la construcción o mejora de carreteras en base de afirmados que empleen aditivos como el aceite sulfonado, dado que este elemento ha demostrado ser eficaz para optimizar las propiedades del suelo, incrementando su resistencia y durabilidad.

Segunda, se sugiere aprovechar los residuos orgánicos que, después de un análisis minucioso, puedan contribuir a elevar la calidad de vida de las personas, demostrando su viabilidad. Además, estos residuos pueden incrementar la capacidad de soporte de la subrasante.

Tercera, se sugiere utilizar 0.5 litros por metro cúbico de aceite sulfonado, así como un 6% de puzolana de origen vegetal, para mejorar la capacidad de soporte de la subrasante.

Cuarta, se sugiere realizar un estudio preciso de ejes equivalentes para determinar el espesor adecuado del afirmado, acorde a la subrasante.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Ayala Chávez, L. M. (2022). Influencia de la adición de aceite sulfonado—Cemento sobre la resistencia de agregados granulares de fuentes naturales para base de carreteras. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/8420>
- Bitre Mamani, W. R. (2019). Empleo de aceite sucio proveniente del parque automotor, para la estabilización de suelos en capas base y sub base en carreteras [Thesis]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/31986>
- Cabrera Pasca, G. A., & Roque Huacasi, A. (2021). Diseño y evaluación del afirmado estabilizado con emulsión asfáltica de la vía hacia el santuario Virgen de Chapi Charcani—Cayma. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12906>
- Cahuana Cabanillas, F. S. (2016). Dosificación óptima del cloruro de calcio y la melaza de caña para la estabilización de suelos en caminos vecinales no pavimentadas del distrito de Barranca 2016. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2915>
- Champi Lunasco, K. G., & Garcia Angulo, J. (2022). Estabilización de subrasante con adición de ceniza de tusa de maíz y cáscara de maní en la carretera IC-1110171, Ica-2022. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/98857>
- Chura Huascupi, M., & Tipo Amanqui, J. (2022). Adición de ceniza de hojas de cañihua-haba para la estabilización de subrasante del camino vecinal Caracoto – Coata, Puno-2022. Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/104639>
- Coba Malca, S. B. (2018). Influencia de la mezcla del romerillo con material ligante arcilloso en la estabilización del afirmado del tramo: El Porvenir y el sector Tamboyacu, distrito Elías Soplín Vargas, Rioja - San Martín, 2017. Universidad César Vallejo. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/19213>



- Diaz Cruz, L. F., & Paez Ruano, J. E. (2019). Influencia de la adición de aceite sulfonado en la respuesta dinámica a pequeñas deformaciones de un material granular arcilloso [Master thesis, Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/19580>
- Efus Uriarte, C. A. (2020). Estabilización química mediante el uso del aceite sulfonado y permazyme en la carretera no pavimentada Chacco – Muruncancha, Distrito de Quinoa Provincia de Huamanga – Ayacucho – 2020". Repositorio Institucional - UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/57307>
- Flores Isminio, K. K. (2020). Estabilización de subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal para mejorar la capacidad portante, San Martin-2020. Repositorio Institucional - UCV.
- Iglesias, M. E. (2021). Metodología de la investigación científica: Diseño y elaboración de protocolos y proyectos. Noveduc.
- Ipanaqué Carrasco, E. D. (2022). Influencia del aditivo aceite sulfonado para estabilización de subrasante en los accesos del puente Santa Rosa, ubicado en el distrito y provincia de Huanta. Huancavelica. Perú. 2021. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3382>
- Mamani Larico, J. G., & Pari Mamani, C. A. (2022). Influencia de la adición del cloruro de calcio y aceite sulfonado en las propiedades físicas y mecánicas del afirmado de una vía en estado de congelamiento en la región Puno—2022. Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13129>
- Mendoza Tesci, L. C., & Enriquez Arana, C. C. (2021). Optimización de aditivos puzolánicos de origen vegetal para la mejora de la relación de soporte de california (CBR) en suelo limoso, con base en análisis relacional Taguchi-Grey Cusco—2021. Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12945>
- Pacheco Sonapo, Y. S. M. (2019). Aplicación del cloruro de calcio con material afirmado para mejorar la estabilización de la base en carreteras no pavimentadas.



Repositorio	Institucional	-	UCV.
-------------	---------------	---	------

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/36093>

Quiroz Castillo, L. C. (2022). Influencia de la Aplicación de Aditivos Químicos en la Estabilización de Suelos Cohesivos para Uso como Subrasante Mejorada de Pavimentos en la Prolongación Avenida Perú de Cajamarca 2021. Universidad Nacional de Cajamarca. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/5152>

Renteria Gutierrez, E. F. (2021). Estabilización mediante aceite sulfonado en la carretera no pavimentada en Av. Tupac Amaru con Av. Cámara Real, Lima—2022.

Repositorio	Institucional	-	UCV.
-------------	---------------	---	------

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/92687>

Tique Condori, A. W. (2022). Estabilización de suelos incorporando cal y aceites reciclados de vehículos motorizados en el tramo Collacachi – Inchupalla, Puno 2022.

Repositorio	Institucional	-	UCV.
-------------	---------------	---	------

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/97907>

Valdez Pomalaza, F. G. (2022). El Aceite Sulfonado en la Estabilización de la Subrasante en el Tramo Quilcas – Colpar de la Provincia Huancayo. Universidad Peruana Los Andes. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4283>



ANEXOS



Anexo. Matriz de Consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿De qué manera se optimiza el espesor de afirmado mediante mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante con adición de aceite sulfonado y aditivo puzolánico vegetal en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Optimizar el espesor de afirmado mediante mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante con adición de aceite sulfonado y aditivo puzolánico vegetal en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El espesor de afirmado mediante mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante con adición de aceite sulfonado y aditivo puzolánico vegetal en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024, se reducirá ante el mejoramiento del CBR.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO VEGETAL</p>	
<p>Problemas Específicos</p>	<p>Objetivos Específicos</p>	<p>Hipótesis Específicas</p>	<p>Dimensiones:</p> <p><i>Empleo del 0.2 y 0.5 t/m³ de aceite sulfonado.</i></p> <p><i>Empleo del 3% y 6% de puzolana de origen vegetal</i></p>	<p>Fichas y formatos de campo</p>
<p>¿Cuál es la capacidad de soporte CBR de los suelos de subrasante y el espesor del afirmado de la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024?</p>	<p>Determinar la capacidad de soporte CBR de los suelos de subrasante y el espesor del afirmado de la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024.</p>	<p>La capacidad de soporte CBR de los suelos de subrasante y la capa de afirmado de la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024, estarán por debajo de las especificaciones mínimas de calidad.</p>		
<p>¿Cuál es la incidencia de la adición de aceite sulfonado en porcentajes variables sobre la capacidad de soporte CBR de la subrasante en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024?</p>	<p>Evaluar la incidencia de la adición de aceite sulfonado en porcentajes variables sobre la capacidad de soporte CBR de la subrasante en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024.</p>	<p>La incidencia de la adición de aceite sulfonado en porcentajes variables incrementará la capacidad de soporte CBR de la subrasante en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024.</p>	<p>Variable Dependiente</p>	
<p>¿Cuál es el efecto de la adición de aditivo puzolánico vegetal en porcentajes variables sobre la capacidad de soporte CBR de la subrasante en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024?</p>	<p>Analizar el efecto de la adición de aditivo puzolánico vegetal en porcentajes variables sobre la capacidad de soporte CBR de la subrasante en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024.</p>	<p>El efecto de la adición de aditivo puzolánico vegetal en porcentajes variables mejorará la capacidad de soporte CBR de la subrasante en la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024.</p>	<p>CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO DE LA SUBRASANTE Y ESPESOR DEL AFIRMADO</p>	<p>Equipos y herramientas de campo y laboratorio.</p>
<p>¿Cuál es el espesor optimizado del afirmado considerando una subrasante estabilizada y los ejes equivalentes actuales de la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024?</p>	<p>Determinar el espesor optimizado del afirmado considerando una subrasante estabilizada y los ejes equivalentes actuales de la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024.</p>	<p>El espesor del afirmado considerando una subrasante estabilizada y los ejes equivalentes actuales de la carretera Rosaspata – Huayrapata 2024, estará por debajo del espesor actual del afirmado existente.</p>	<p>Dimensiones:</p> <p>CBR</p> <p>IND</p>	



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO RIZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024
SOLICITANTE :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA
MUESTRA :	CALICATA 1 +0.2 LT/M3 ACEITE SULFANADO
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024

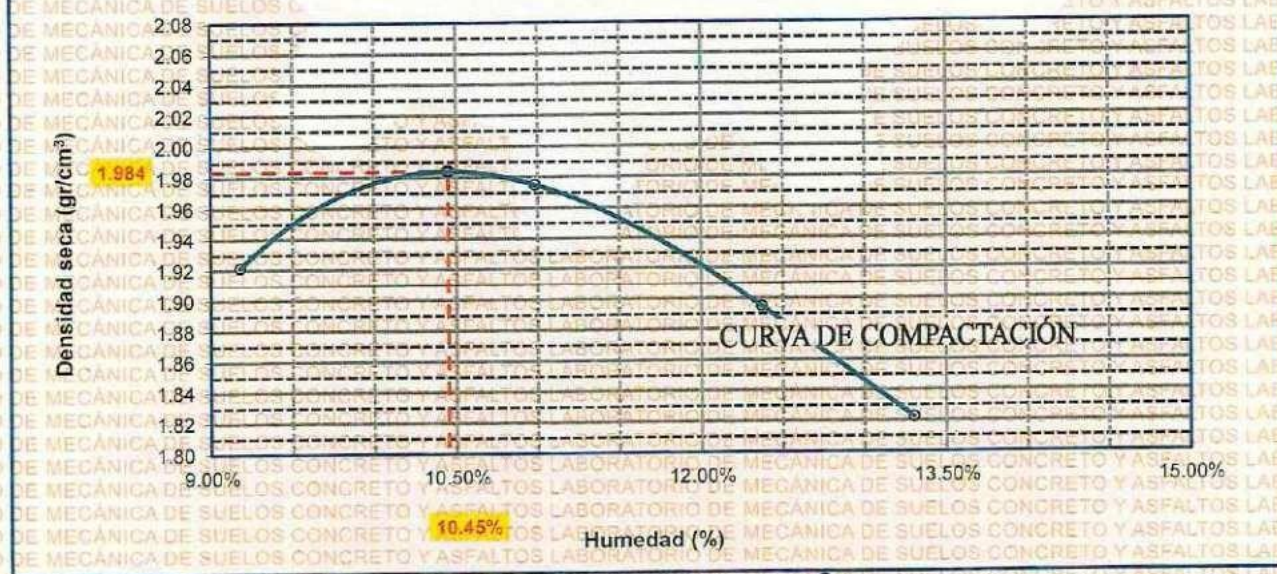
MOLDE No :	1	VOLUMEN DEL MOLDE :	2125 cm ³
No DE CAPAS :	5	GOLPES POR CAPA :	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10440	10640	10507	10370
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4458	4658	4525	4388
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.098	2.192	2.129	2.085

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	332.50	330.87	348.52	350.87	393.61	398.56	240.40	240.89
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	309.52	308.87	320.85	321.98	358.26	360.90	221.20	218.70
Peso del Agua	gr.	22.98	22.00	27.67	28.89	35.33	37.66	19.20	22.19
Peso de la Capsula	gr.	64.00	64.50	64.00	64.00	64.23	65.00	64.00	64.50
Peso del Suelo Seco	gr.	245.52	244.37	256.85	257.98	294.05	295.90	157.20	154.20
% de Humedad	%	9.36%	9.00%	10.77%	11.20%	12.01%	12.73%	12.21%	14.39%
Promedio de Humedad	%	9.18%		10.99%		12.37%		13.30%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.921		1.975		1.895		1.823	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA :	1.984 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA :	10.45%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



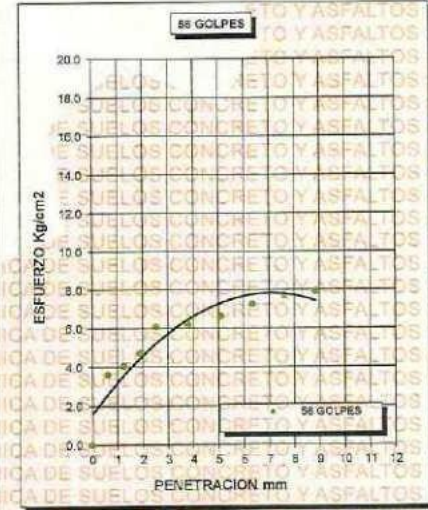
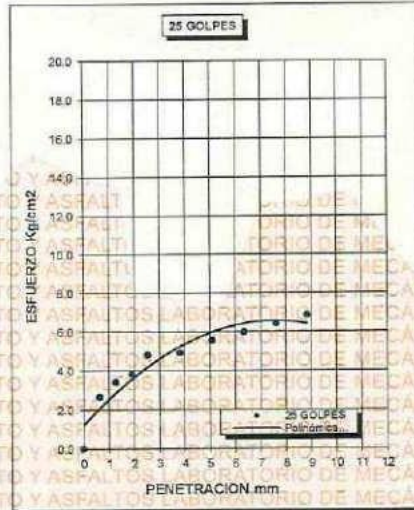
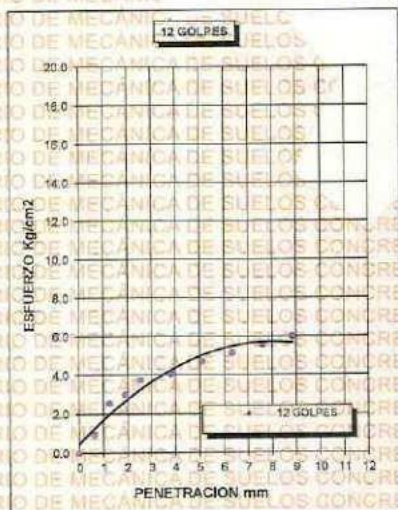
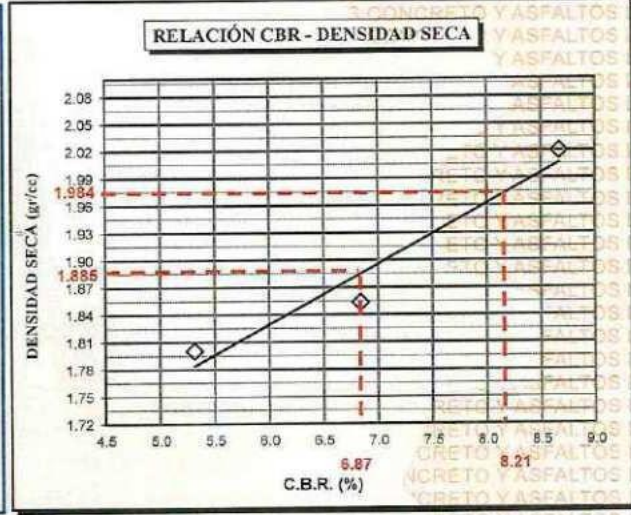
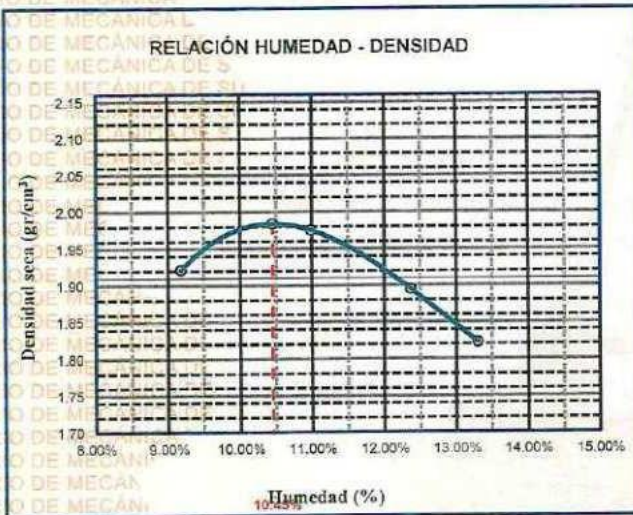
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CARRETERA INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 JULIACA
 Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 CIV-103257



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



PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024.	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.984
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%)	10.45%
MUESTRA :	CALICATA 1 +0.2 LT/M ³ ACEITE SULFANADO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	8.21
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	6.87
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

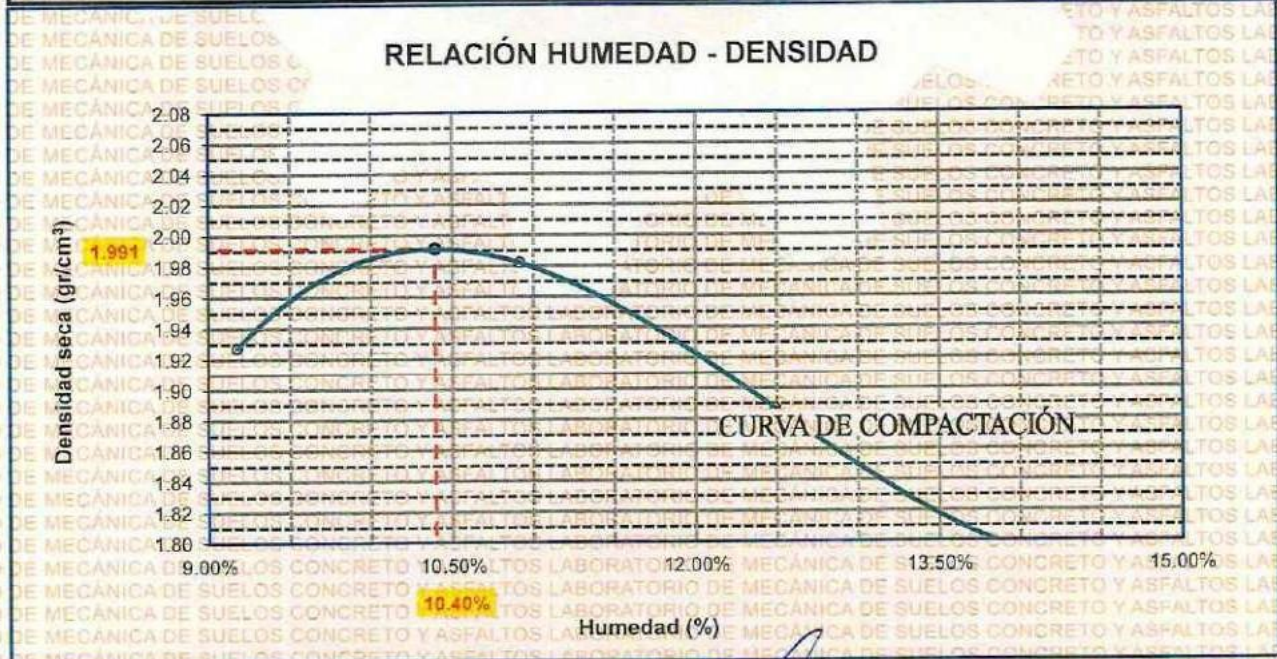
TESIS	: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024
SOLICITANTE	: BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN	: CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA
PROGRESIVA	: KM 0+500 – MARGEN DERECHO
MUESTRA	: CALICATA 2 +0.2 LT/M3 ACEITE SULFANADO
FECHA	: 27 DE AGOSTO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2126 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10455	10656	10495	10333
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4473	4674	4513	4351
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.104	2.198	2.123	2.047

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	335.50	335.54	356.78	355.94	396.27	398.50	241.54	242.85
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	312.65	312.84	327.97	327.20	358.86	362.12	220.55	220.14
Peso del Agua	gr.	22.85	22.70	28.81	28.74	37.41	36.38	20.98	22.51
Peso de la Capsula	gr.	64.00	65.00	64.00	64.00	65.00	65.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	248.65	247.84	263.97	263.20	293.86	297.12	156.56	155.14
% de Humedad	%	9.19%	9.16%	10.91%	10.92%	12.73%	12.24%	13.40%	14.51%
Promedio de Humedad	%	9.17%		10.92%		12.48%		13.96%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.927		1.982		1.887		1.796	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.991 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 10.40%



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. HUAYRAPATA

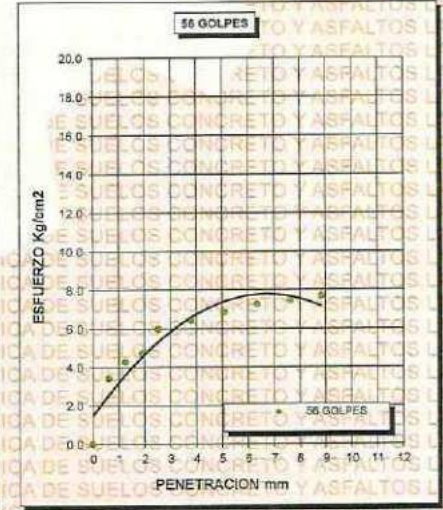
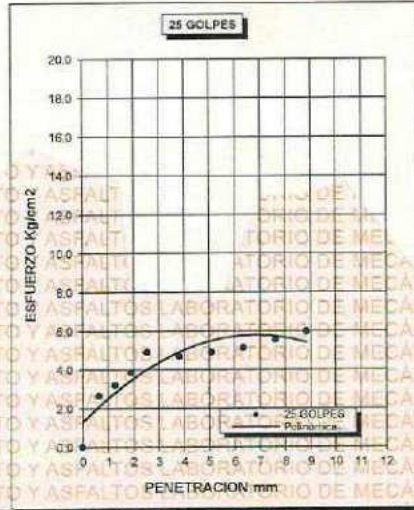
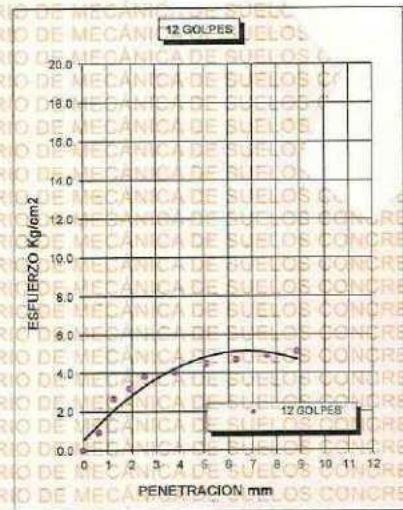
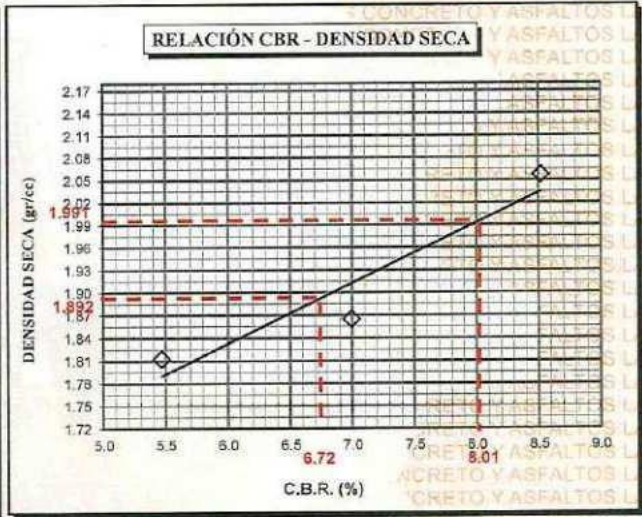
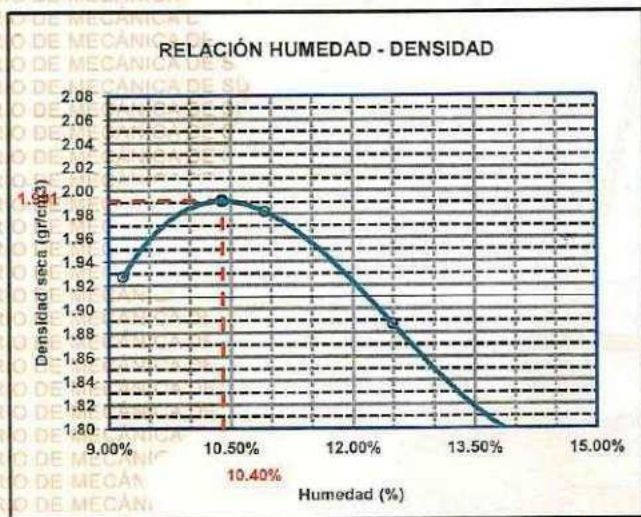
Mg.r. Arnaldo Yana Torres



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



PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.991
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%) 10.40%
MUESTRA :	CALICATA 2 +0.2 LT/M ³ ACEITE SULFANADO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 8.01
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 6.72
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



CBR 5.47

CBR 6.99

CBR 8.52

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAR INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. HUAYRAPATA
Carg. Arnaldo Yana Torres
CIF 103357



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024
SOLICITANTE	: BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN	: CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA
MUESTRA	: CALICATA 3 +0.2 LT/M3 ACEITE SULFANADO
FECHA	: 27 DE AGOSTO DEL 2024

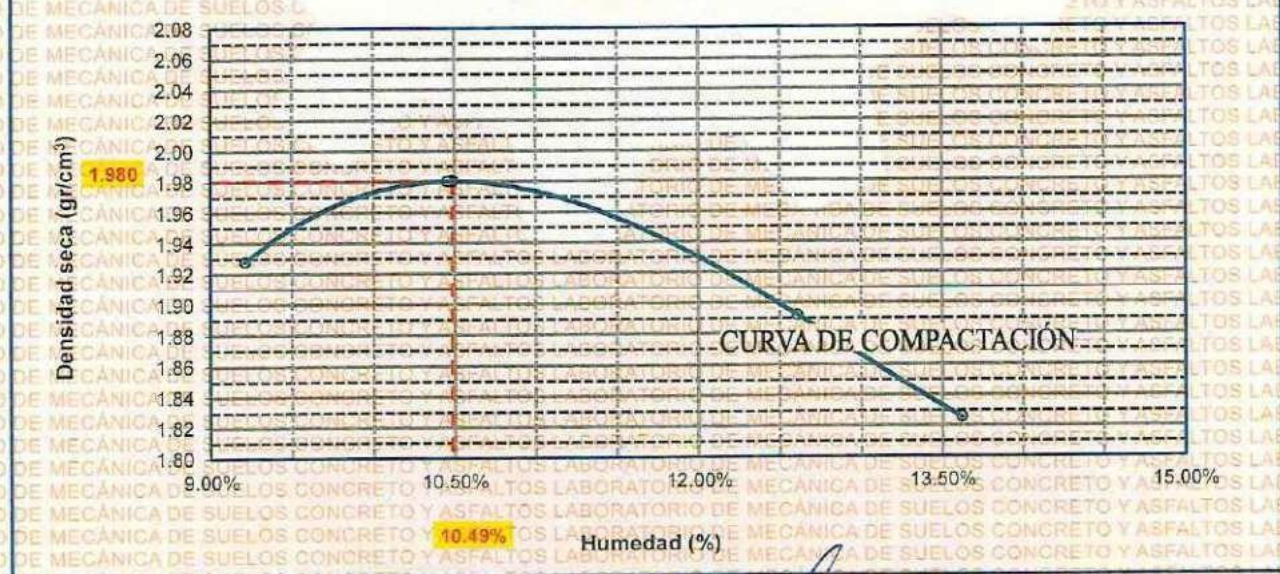
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2125 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10456	10630	10510	10390
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4474	4648	4528	4408
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.105	2.187	2.131	2.074

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	338.60	338.67	359.98	359.67	400.60	400.74	245.85	245.74
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	315.26	315.94	331.87	331.95	363.05	363.12	224.00	224.12
Peso del Agua	gr.	23.34	22.93	28.11	27.92	37.55	37.62	21.85	21.62
Peso de la Capsula	gr.	64.00	65.00	64.00	64.00	65.00	65.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	251.26	250.94	267.87	267.95	298.05	298.12	190.00	159.12
% de Humedad	%	9.29%	9.14%	10.49%	10.42%	12.60%	12.62%	13.66%	13.59%
Promedio de Humedad	%	9.21%		10.46%		12.61%		13.62%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.928		1.980		1.892		1.826	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.980 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 10.49%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



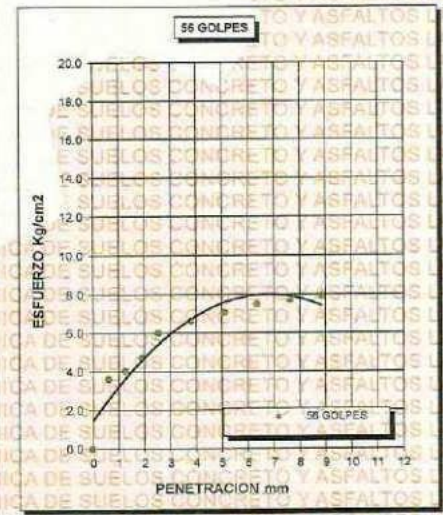
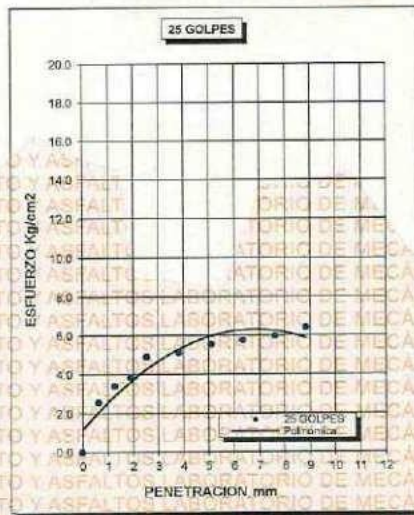
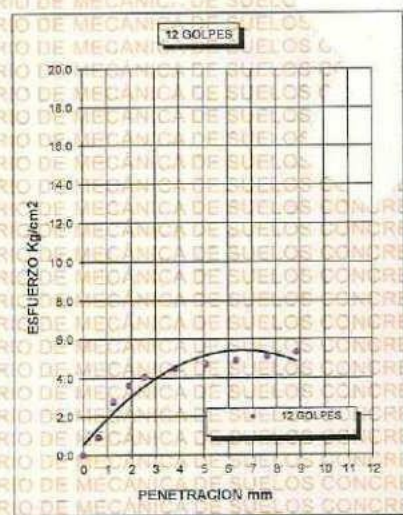
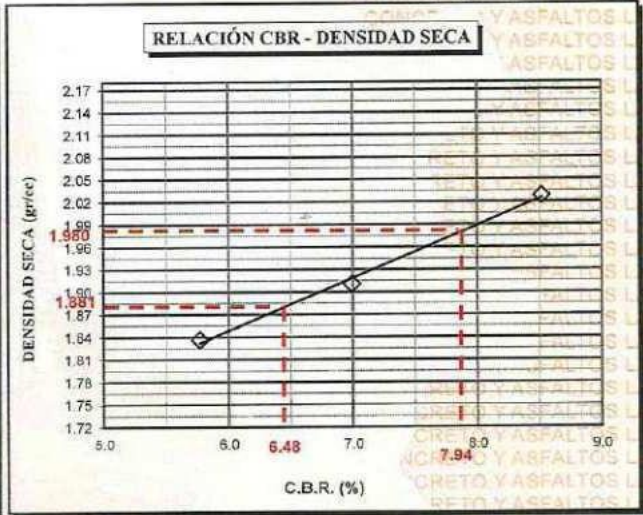
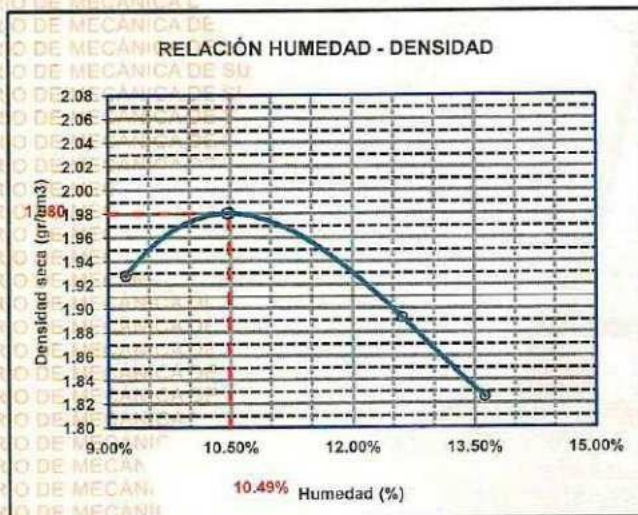
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAR. INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A.
 HUAYRAPATA
 Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257



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



PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO.MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.980
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%)	10.49%
MUESTRA :	CALICATA 3 +0.2 LT/M3 ACEITE SULFANADO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	7.94
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	6.48
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. IEFATURA

Magr. Arnoldo Yana Torres
CIP 403257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024.
SOLICITANTE	: BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN	: CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA
PROGRESIVA	: KM 0+500 -MARGEN DERECHO
MUESTRA	: CALICATA 4 +0.2 LT/M3 ACEITE SULFANADO
FECHA	: 27 DE AGOSTO DEL 2024

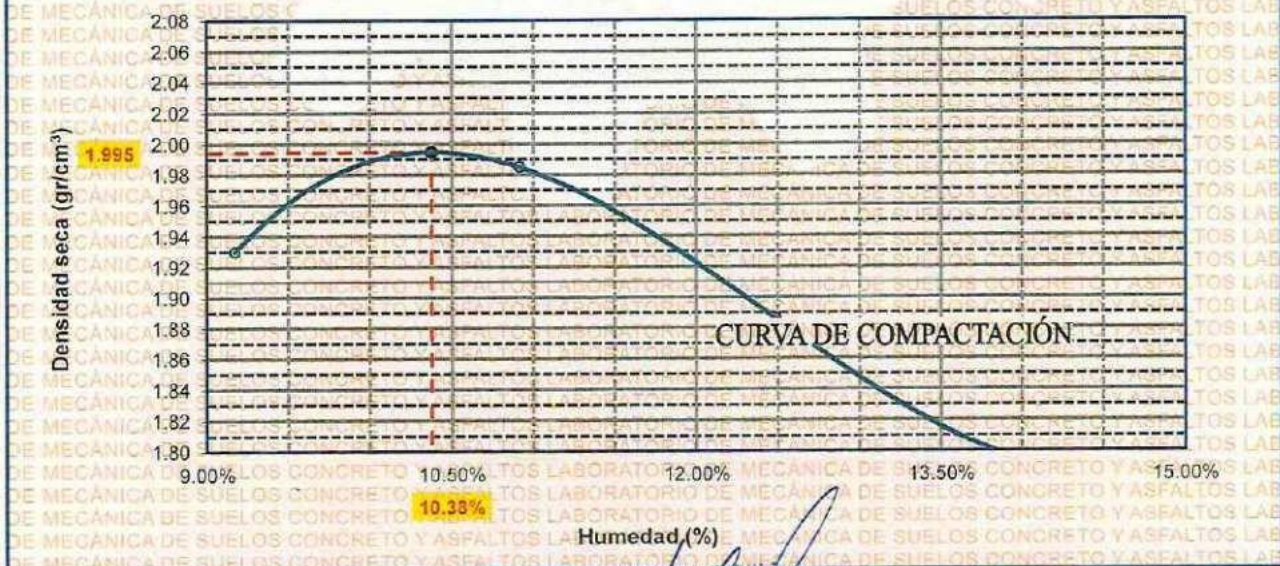
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2125 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10459	10660	10490	10330
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4477	4678	4508	4348
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.107	2.201	2.121	2.045

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	335.50	335.54	356.76	355.94	396.27	398.50	241.54	242.65
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	312.65	312.84	327.97	327.20	358.86	362.12	220.56	220.14
Peso del Agua	gr.	22.85	22.70	28.81	28.74	37.41	36.38	20.98	22.51
Peso de la Capsula	gr.	64.00	65.00	64.00	64.00	65.00	65.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	248.65	247.84	263.97	263.20	293.86	297.12	156.56	155.14
% de Humedad	%	9.19%	9.18%	10.91%	10.92%	12.73%	12.24%	13.40%	14.51%
Promedio de Humedad	%	9.17%		10.92%		12.49%		13.96%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.930		1.985		1.886		1.796	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.995 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 10.38%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



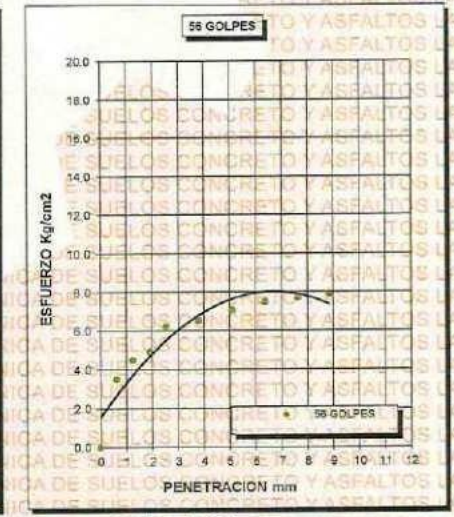
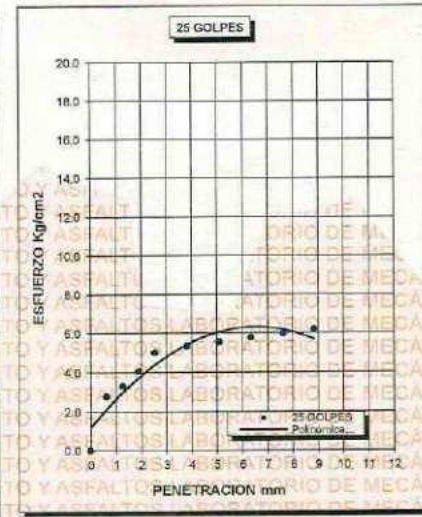
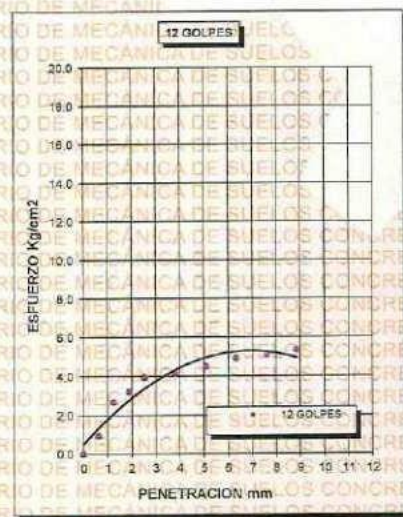
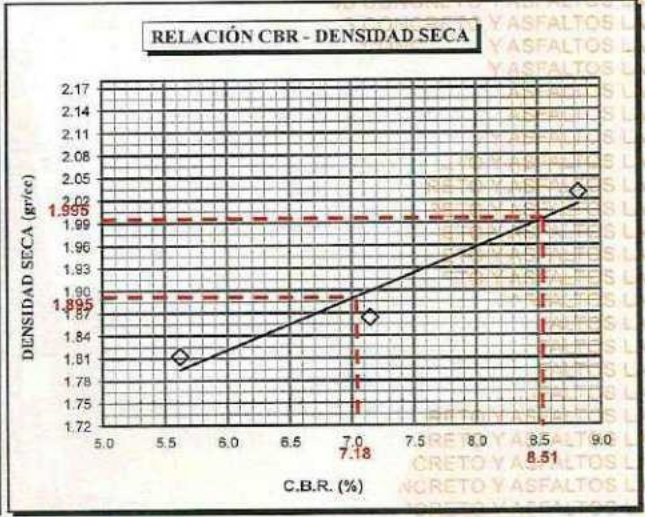
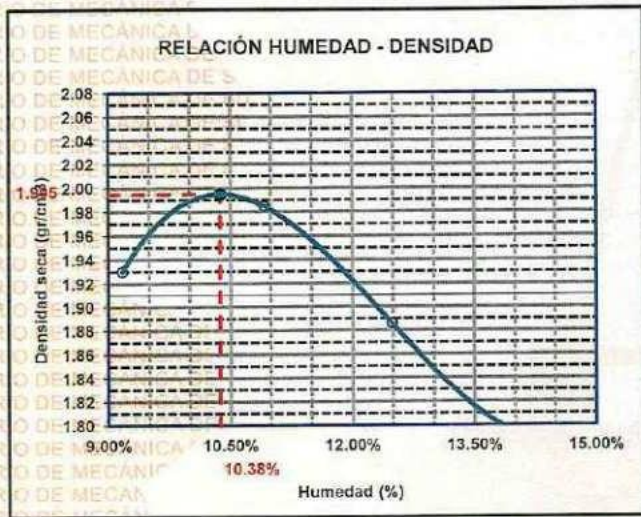
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



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



PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.995
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%)	10.38%
MUESTRA :	CALICATA 4 +0.2 LTM3 ACEITE SULFANADO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	8.51
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	7.18
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



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

LABORATORIO M.S.C. HUAYRAPATA

Mgr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024
SOLICITANTE	: BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN	: CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA
PROGRESIVA	: KM 0+500 - MARGEN DERECHO
MUESTRA	: CALICATA 1 +0.5 LT/M3 ACEITE SULFANADO
FECHA	: 27 DE AGOSTO DEL 2024

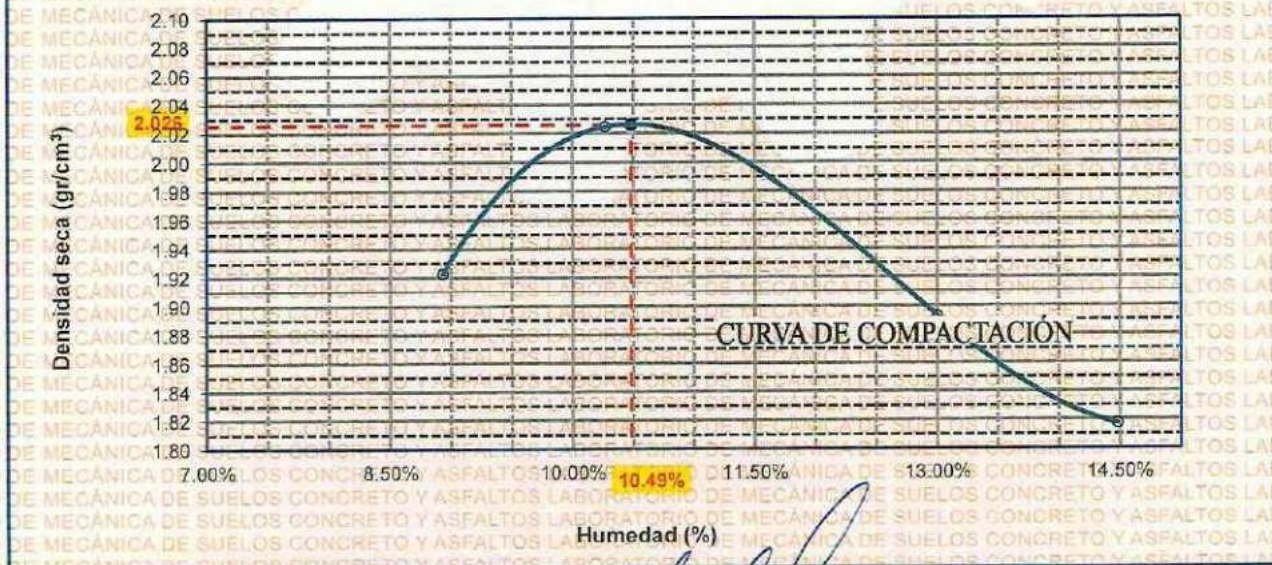
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2125 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10433	10726	10527	10403
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4451	4744	4545	4421
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.095	2.232	2.139	2.080

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	340.60	338.20	354.00	356.00	407.20	407.50	249.30	247.20
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	316.50	317.20	327.20	328.60	367.70	368.20	225.20	224.80
Peso del Agua	gr.	24.10	21.00	26.80	27.40	39.50	39.30	24.10	22.40
Peso de la Capsula	gr.	64.00	65.00	64.00	64.00	65.00	65.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	252.50	252.20	263.20	264.60	302.70	303.20	161.20	159.80
% de Humedad	%	9.54%	8.33%	10.18%	10.36%	13.05%	12.96%	14.95%	14.02%
Promedio de Humedad	%	8.94%		10.27%		13.01%		14.48%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.923		2.025		1.893		1.817	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.026 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 10.49%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



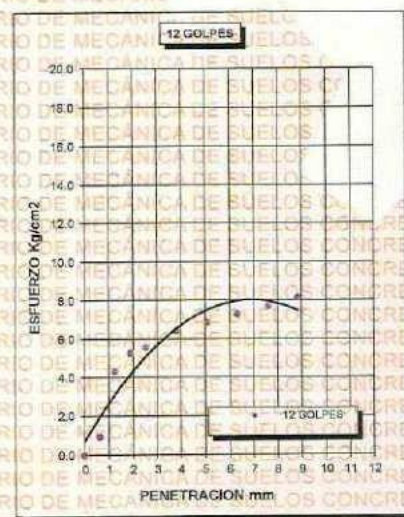
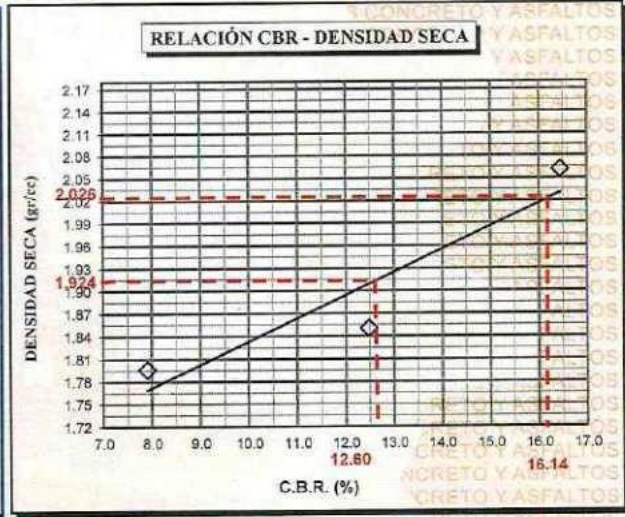
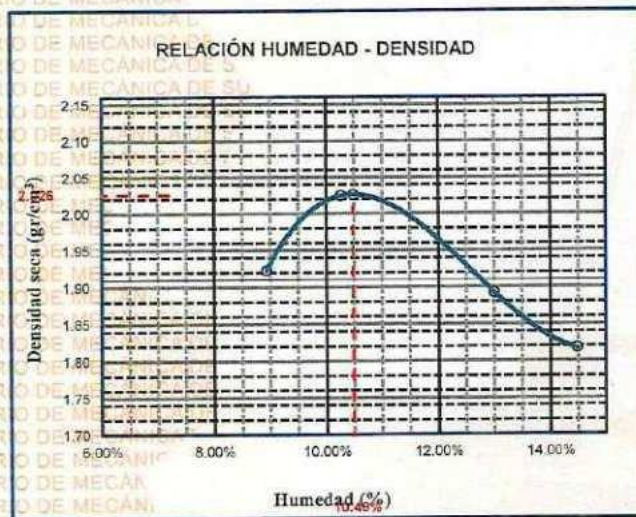
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CARRETERA ROSASPATA
LABORATORIO H.S.C.A. JEFATURA
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103357



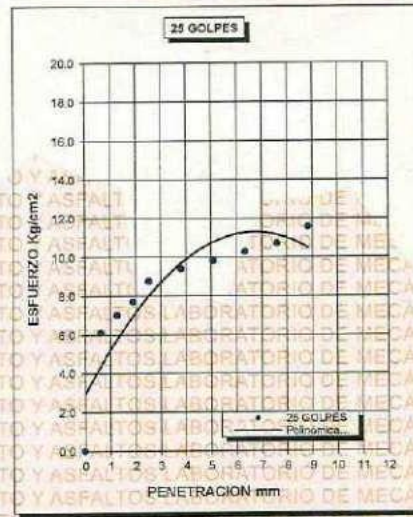
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



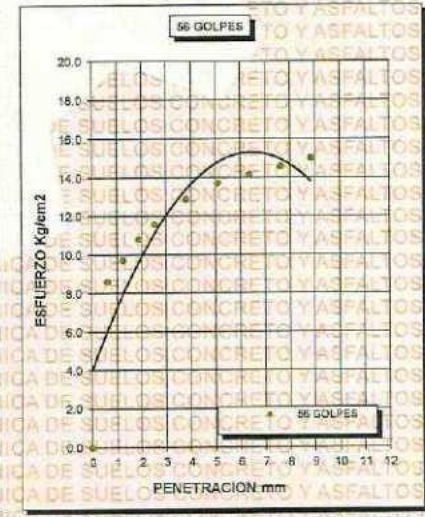
PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMAO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.026
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%)	10.49%
MUESTRA :	CALICATA 1 +0.5 LT/M ³ ACEITE SULFANADO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	16.14
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	12.60
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



CBR 7.91



CBR 12.49



CBR 16.45



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAR. INGENIERÍA CIVIL
Mg. Arnaldo Yana Torres
C.P. 190007



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

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024
SOLICITANTE	: BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN	: CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA
MUESTRA	: CALICATA 2 +0.5 LT/M3 ACEITE SULFANADO
FECHA	: 27 DE AGOSTO DEL 2024

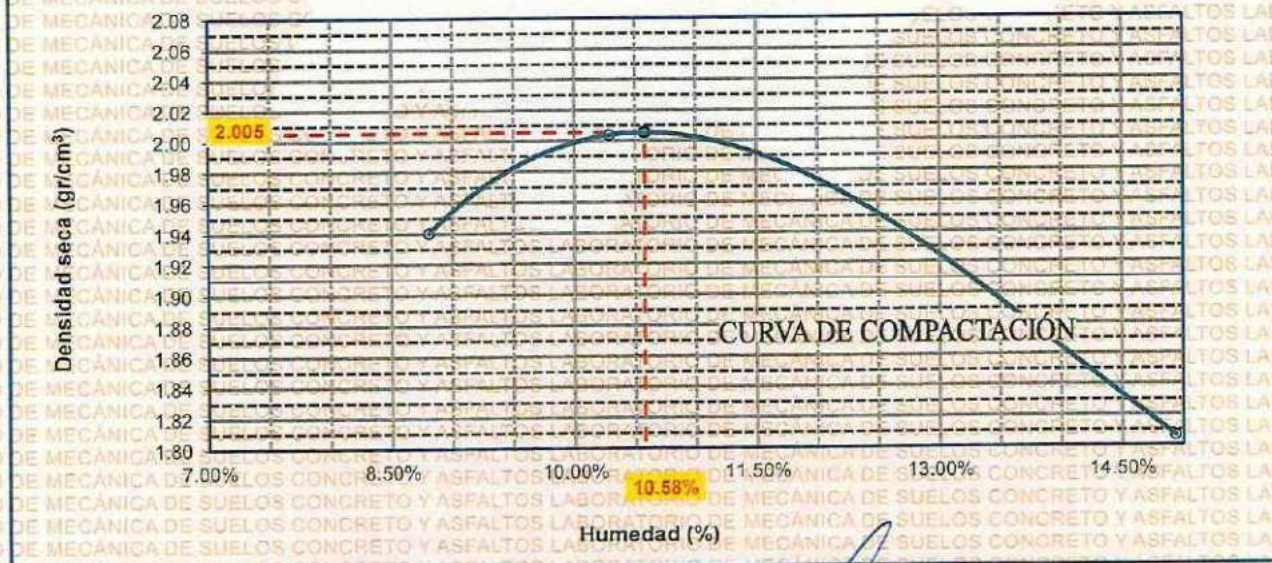
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2125 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10468	10678	10518	10394
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4486	4696	4536	4412
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.111	2.210	2.135	2.078

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	341.00	340.20	359.30	358.20	399.10	399.40	249.20	249.10
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	318.60	317.90	331.60	330.90	358.10	359.20	225.50	224.80
Peso del Agua	gr.	22.40	22.30	27.70	27.30	41.00	40.20	23.70	24.30
Peso de la Capsula	gr.	64.00	65.00	64.00	64.00	65.00	65.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	254.60	252.90	267.60	266.90	293.10	294.20	161.50	159.80
% de Humedad	%	8.80%	8.82%	10.35%	10.23%	13.99%	13.66%	14.67%	15.21%
Promedio de Humedad	%	8.81%		10.29%		13.83%		14.94%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.940		2.004		1.875		1.806	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.005 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 10.58%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



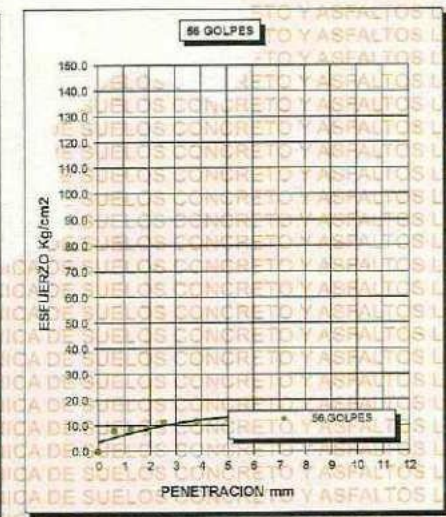
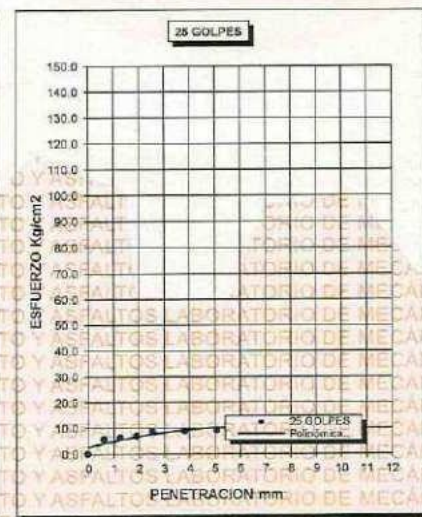
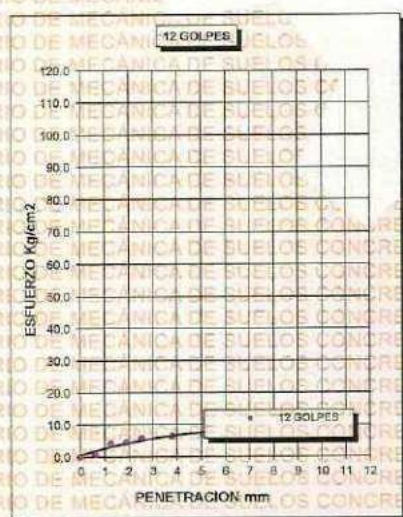
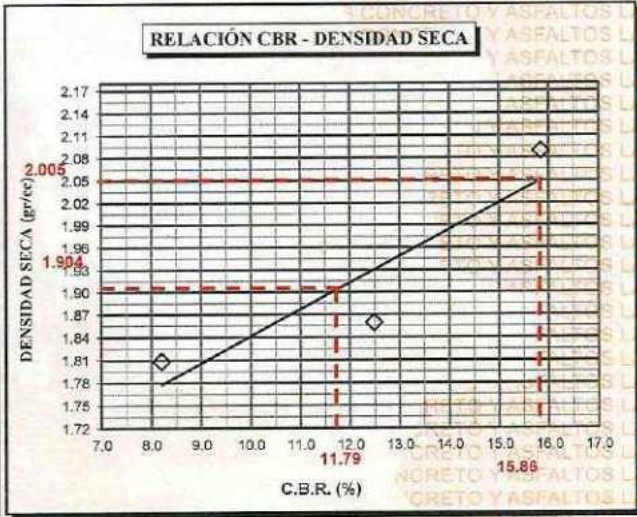
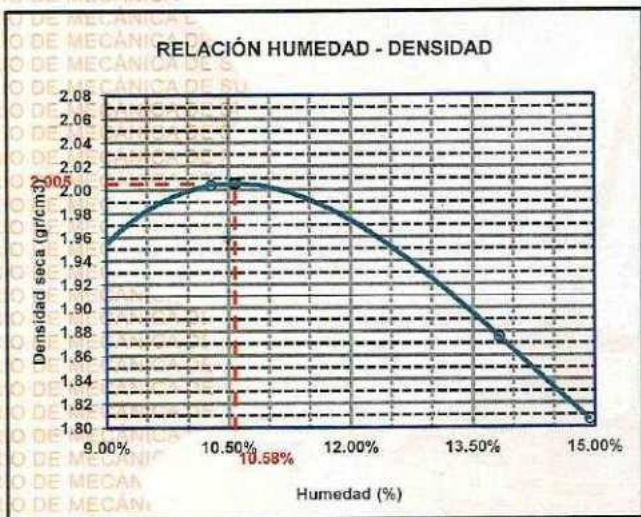
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 M.Sc. JEFATURA
 M^{tr}. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



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



PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.005
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%)	10.58%
MUESTRA :	CALICATA 2 +0.5 LT/M3 ACEITE SULFANADO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	15.86
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	11.79
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - C.A. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. HUAYRAPATA
Mtro. Arnaldo Yana Torres
C.P. 402227



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

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024
SOLICITANTE	: BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN	: CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA
MUESTRA	: CALICATA 3 +0.5 LT/M3 ACEITE SULFANADO
FECHA	: 27-DE AGOSTO DEL 2024

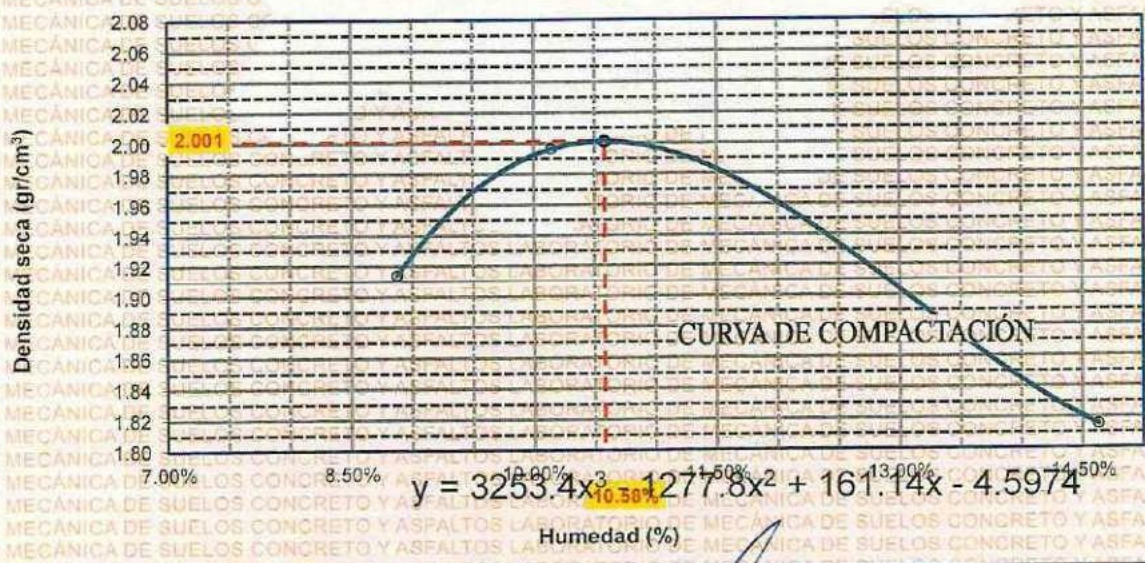
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2125 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10410	10654	10506	10404
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4428	4672	4524	4422
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.084	2.199	2.129	2.081

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	345.20	345.20	364.60	365.04	411.20	412.90	250.20	251.70
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	322.10	322.50	337.20	337.10	370.10	371.50	227.10	227.20
Peso del Agua	gr.	23.10	22.70	27.40	27.94	41.10	41.40	23.10	24.50
Peso de la Capsula	gr.	64.20	64.50	64.50	64.20	64.00	64.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	257.90	258.00	272.70	272.90	306.10	307.50	163.10	162.20
% de Humedad	%	8.96%	8.80%	10.05%	10.24%	13.43%	13.46%	14.16%	15.10%
Promedio de Humedad	%	8.88%		10.14%		13.45%		14.63%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.914		1.996		1.877		1.815	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.001 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 10.58%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD





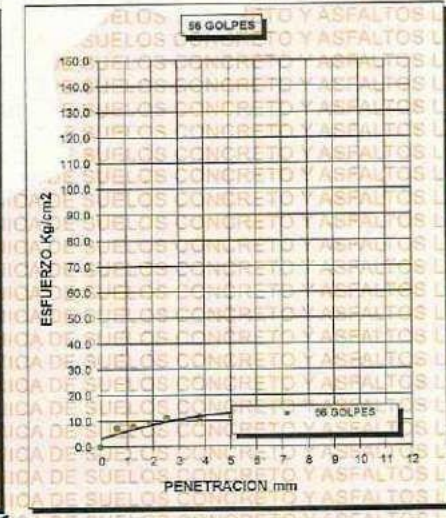
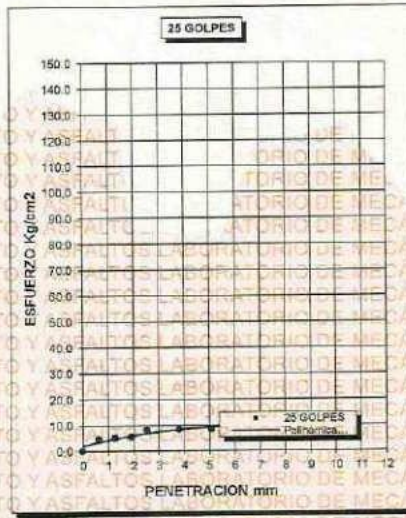
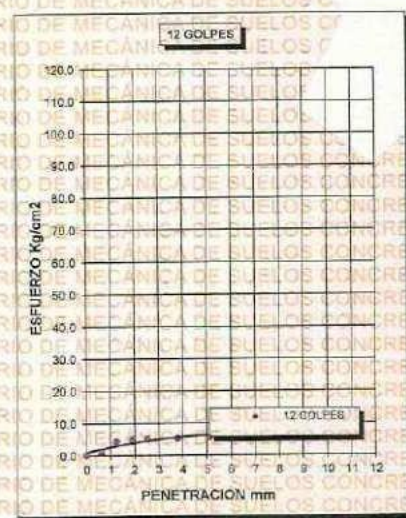
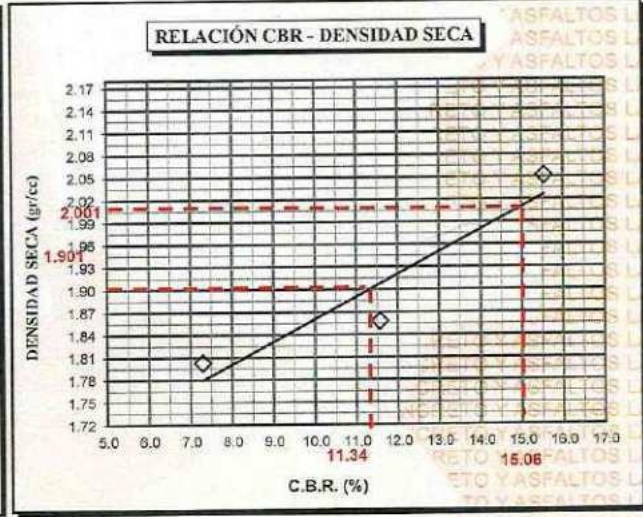
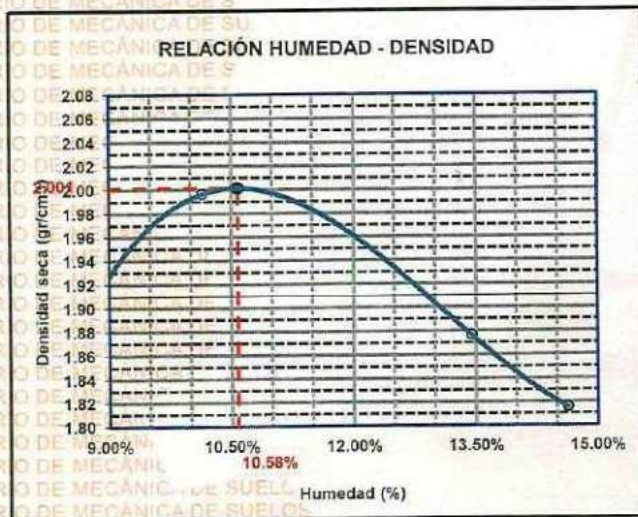
M.Sc. JEFATURA
M.Sc. JEFATURA
 Mtro. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



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



PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 2.001
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%) 10.58%
PROGRESIVA :	KM 0+500 - MARGEN DERECHO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 15.06
MUESTRA :	CALICATA 3 +0.5 LT/M ³ ACEITE SULFANADO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 11.34
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - AP INGENIERÍA CIVIL

Mtro. Arnaldo Yano Torres
CIP 103257



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

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024
SOLICITANTE	: BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN	: CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA
MUESTRA	: CALIGATA 4 +0.5 LT/M3 ACEITE SULFANADO
FECHA	: 27 DE AGOSTO DEL 2024

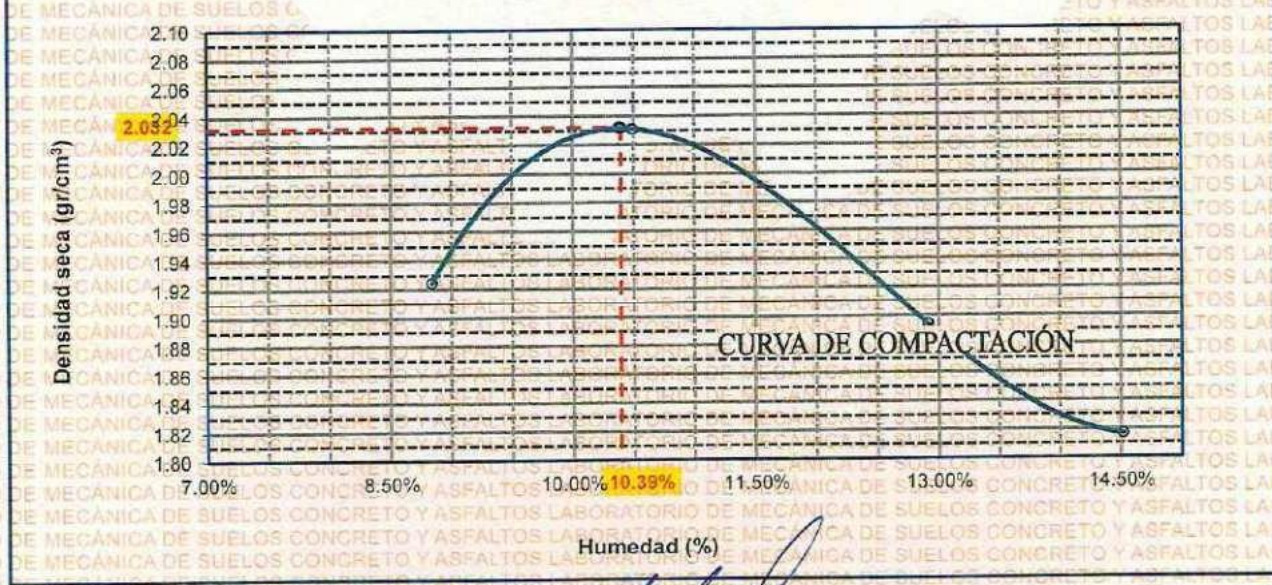
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2125 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10433	10751	10527	10403
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4451	4769	4545	4421
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.095	2.244	2.139	2.080

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	339.98	338.54	354.35	357.42	406.96	407.87	248.59	248.48
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	316.42	317.47	327.58	328.74	357.89	368.62	225.46	224.95
Peso del Agua	gr.	23.56	21.07	26.77	28.68	39.07	39.25	23.13	23.53
Peso de la Capsula	gr.	64.00	65.00	64.00	64.00	65.00	65.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	252.42	252.47	263.58	264.74	302.89	303.62	161.46	159.95
% de Humedad	%	9.33%	8.35%	10.16%	10.83%	12.90%	12.93%	14.33%	14.71%
Promedio de Humedad	%	8.84%		10.49%		12.91%		14.52%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.924		2.031		1.894		1.817	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.032 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 10.39%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



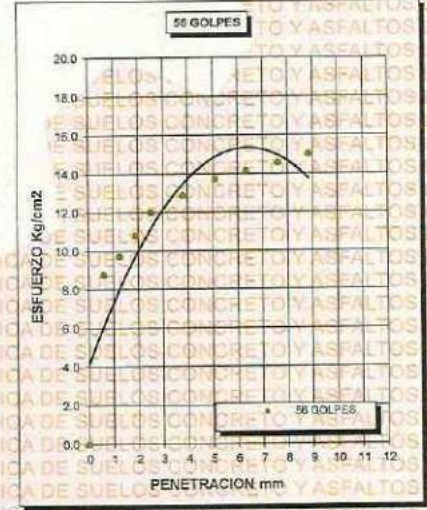
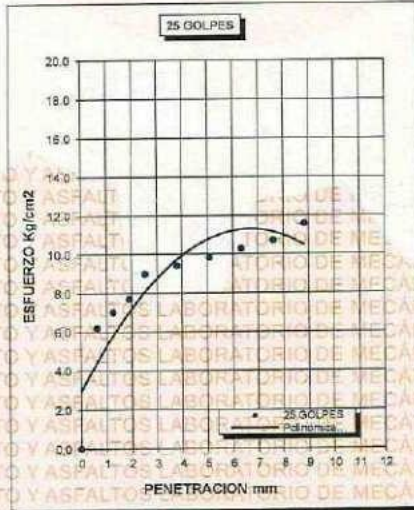
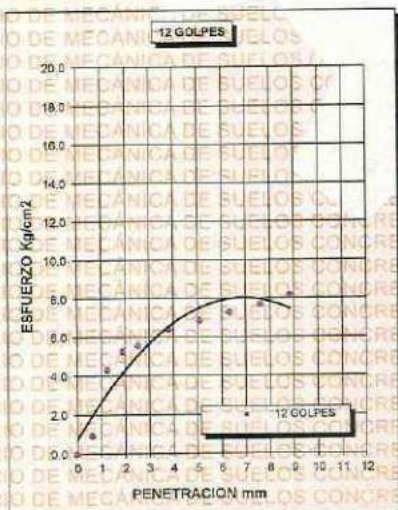
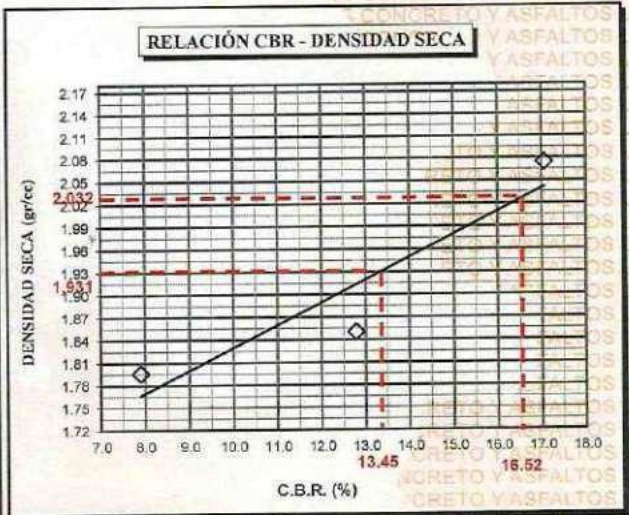
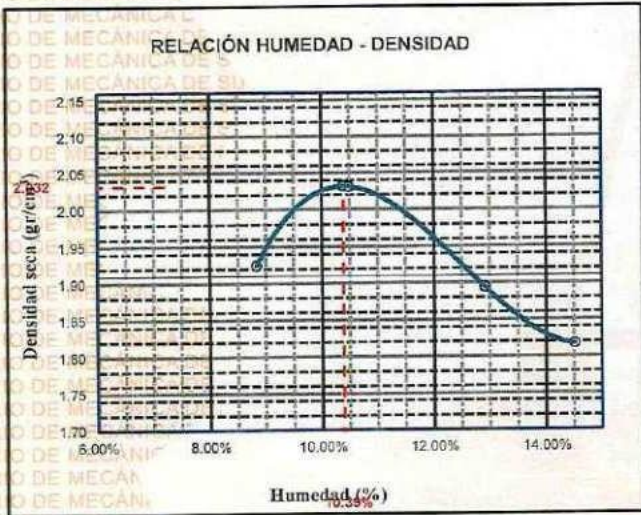
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 Mgr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257



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



PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFANADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 2.032
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%) 10.39%
MUESTRA :	CALICATA 4 +0.5 LT/M3 ACEITE SULFANADO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 16.52
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 13.45
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



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



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

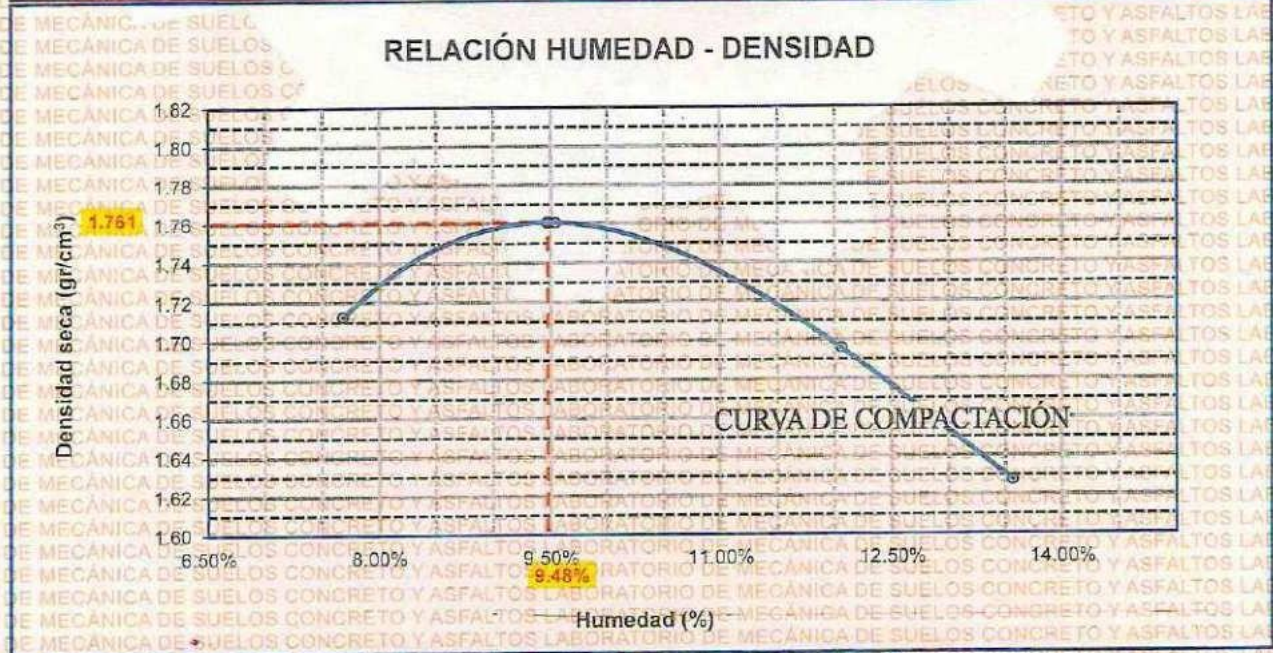
TESIS	: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024
SOLICITANTE	: BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN	: CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA
MUESTRA	: CALIGATA 1
FECHA	: 27 DE AGOSTO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2125 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9901	10020	10080	9910
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3919	4038	4098	3928
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.844	1.900	1.928	1.848

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	452.64	449.24	498.69	450.16	453.47	441.54	444.16	408.45
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	430.79	415.91	436.57	410.74	428.67	400.00	398.67	376.57
Peso del Agua	gr.	21.85	33.33	48.12	39.42	24.80	41.54	45.49	31.78
Peso de la Capsula	gr.	62.65	62.54	62.55	62.50	62.49	62.68	62.47	62.57
Peso del Suelo Seco	gr.	369.14	353.37	376.01	348.24	395.19	337.32	326.20	314.00
% de Humedad	%	5.94%	9.43%	12.80%	11.32%	6.77%	12.31%	17.01%	10.12%
Promedio de Humedad	%	7.68%		12.08%		9.54%		13.57%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.713		1.696		1.760		1.628	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.761 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.48%



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

M.Sc.A. *[Signature]*

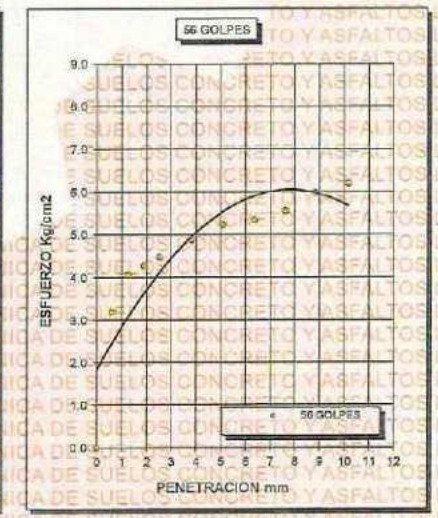
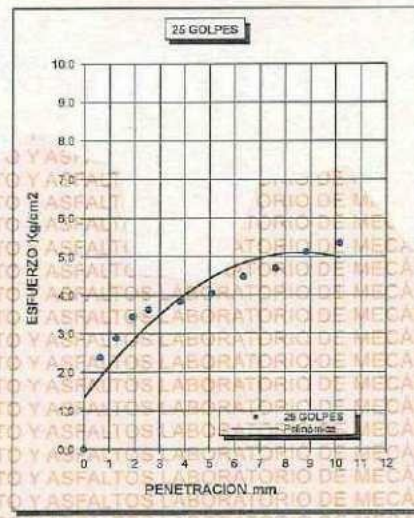
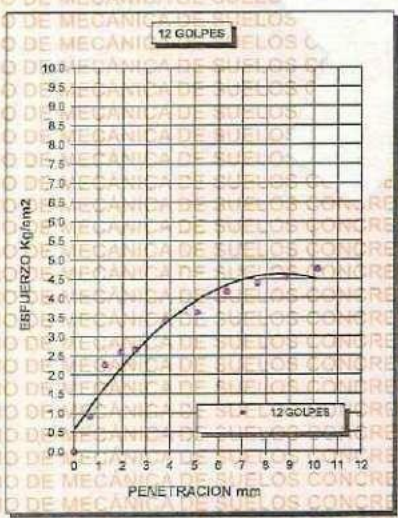
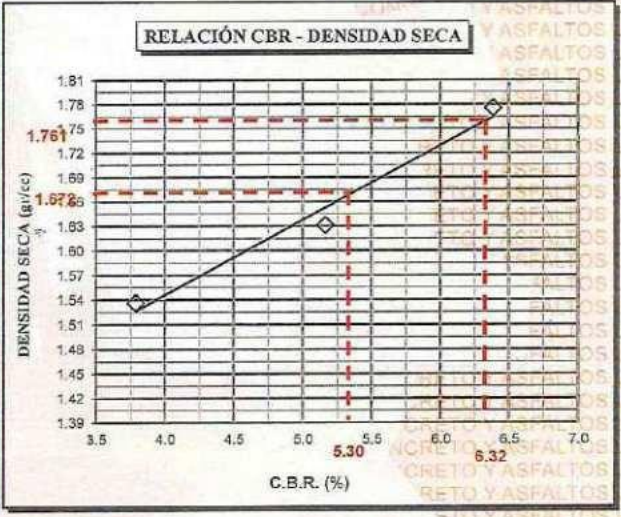
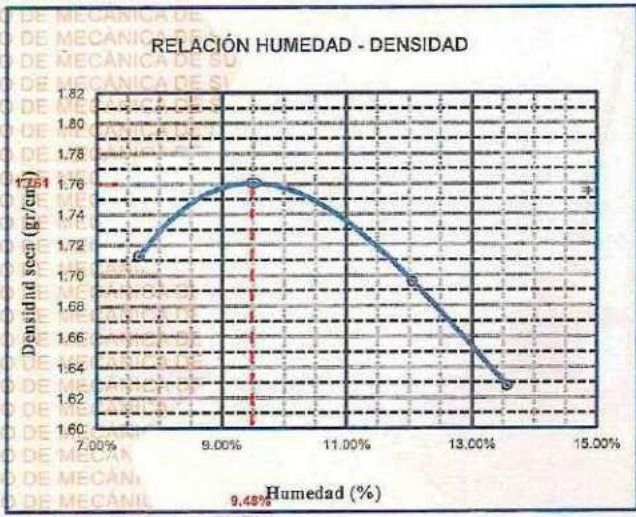
Mtro. Arnaldo Tana Torres
 ZIP 103257



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



PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.761
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%)	9.48%
MUESTRA :	CALICATA - 01	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	6.32
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	5.30
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



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

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

Arnelo Yano-Torres
C.I.F. 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024
SOLICITANTE	: BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN	: CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA
MUESTRA	: CALICATA 2
FECHA	: 27 DE AGOSTO DEL 2024

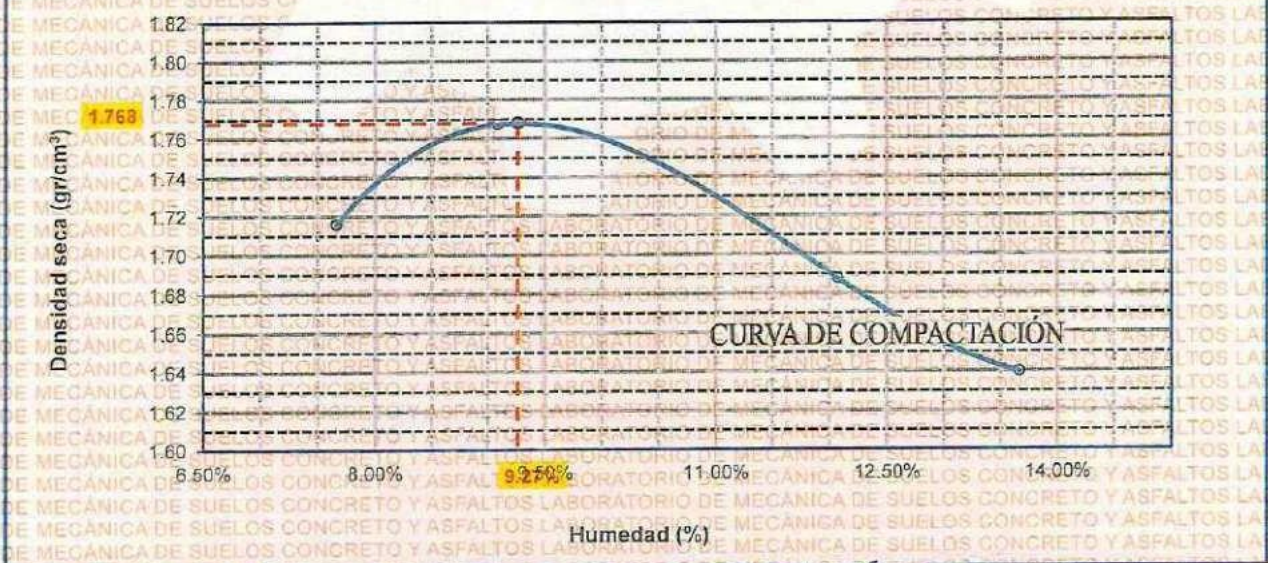
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2125 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9908	10001	10079	9943
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	3926	4019	4097	3961
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	1.848	1.891	1.928	1.864

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	451.97	449.34	486.69	451.13	453.62	440.87	443.73	409.62
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	431.61	414.71	437.54	412.38	429.29	401.54	386.67	378.65
Peso del Agua	gr.	20.36	34.63	49.15	38.75	24.33	39.23	57.06	30.97
Peso de la Capsula	gr.	61.56	62.12	62.00	61.87	61.94	62.02	61.83	61.99
Peso del Suelo Seco	gr.	370.05	352.59	375.54	350.51	387.35	339.62	325.04	316.66
% de Humedad	%	5.50%	9.82%	13.09%	11.06%	6.62%	11.55%	17.55%	9.78%
Promedio de Humedad	%	7.66%		12.07%		9.09%		13.67%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.716		1.688		1.767		1.640	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.768 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.27%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



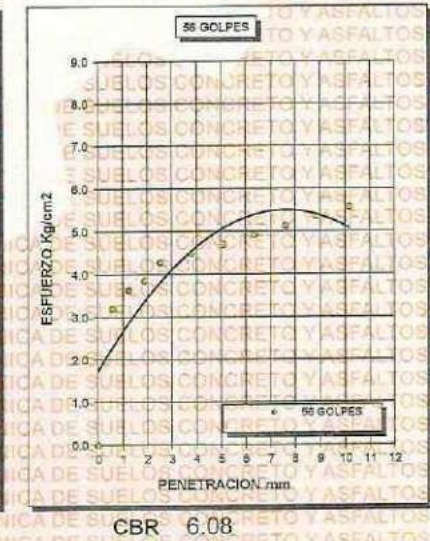
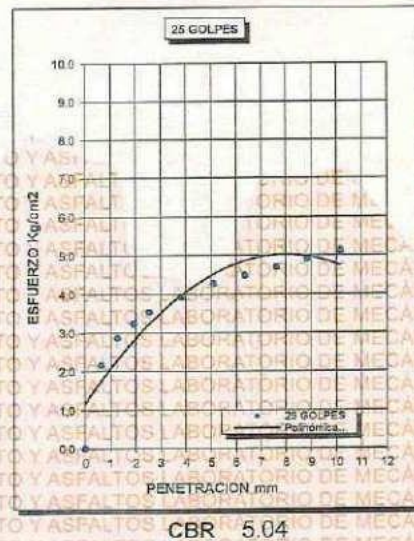
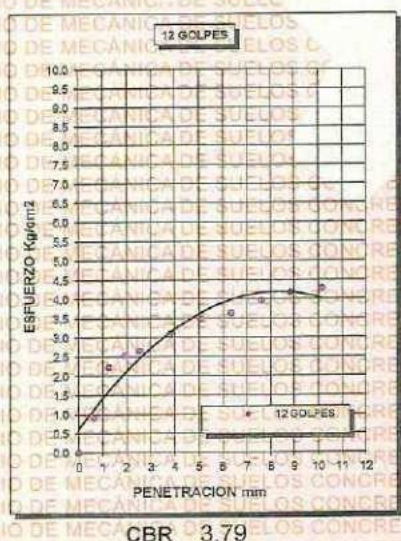
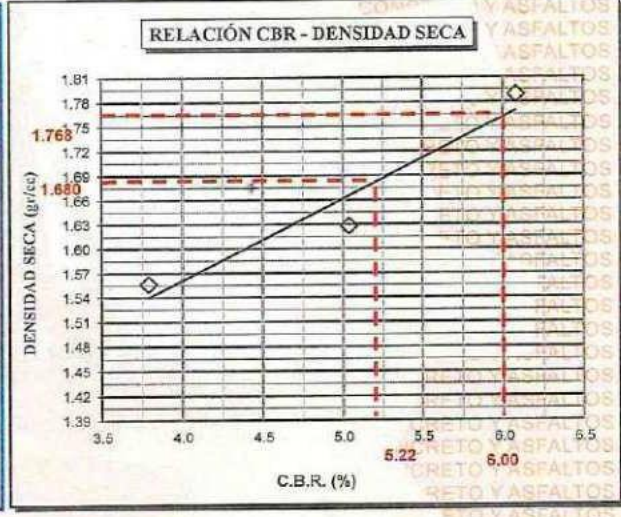
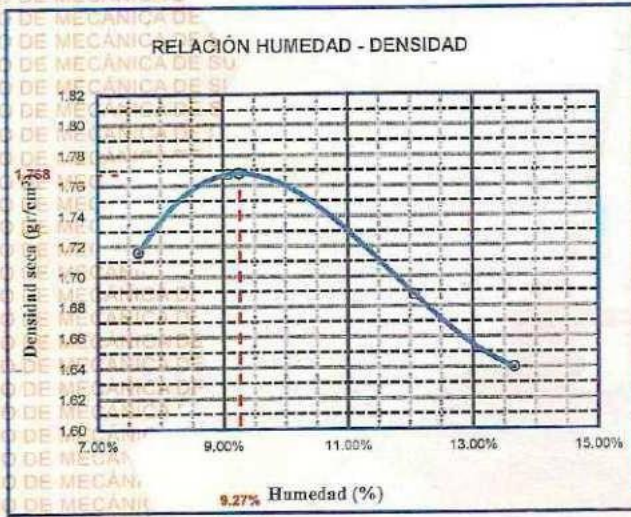
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 Mtro. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257



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



PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.768
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%)	9.27%
MUESTRA :	CALICATA -02	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	6.00
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	5.22
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A.
Metr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

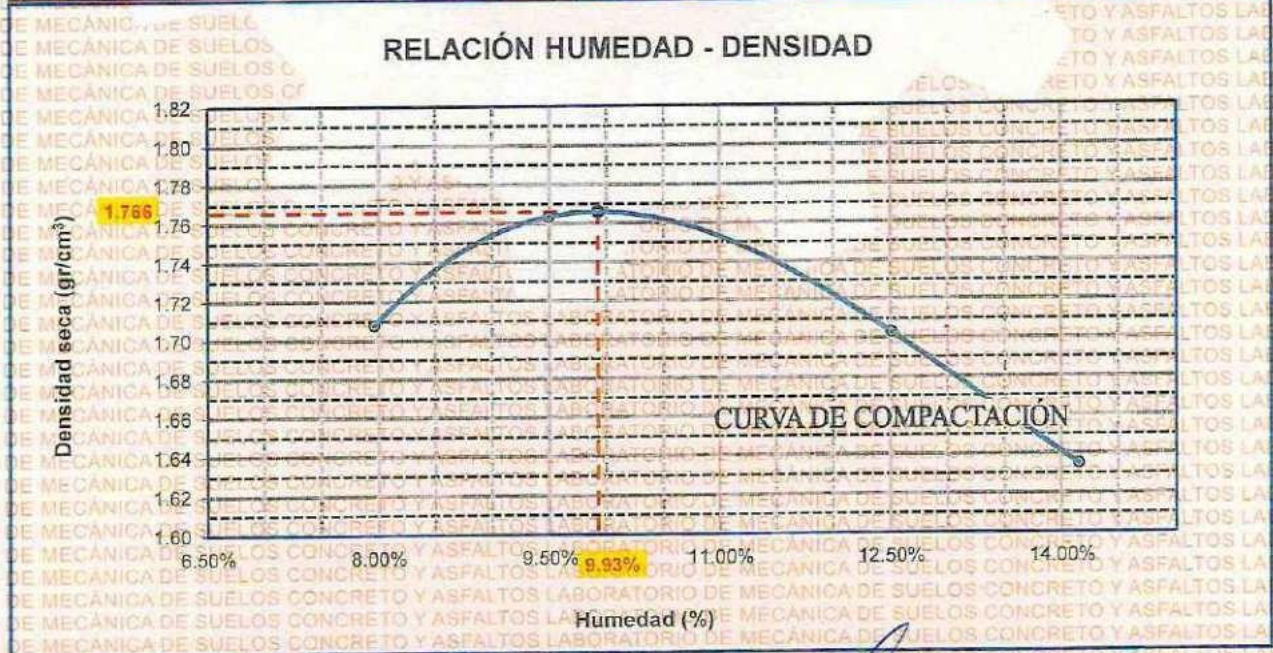
TESIS	: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024
SOLICITANTE	: BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN	: CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA
MUESTRA	: CALICATA 3
FECHA	: 27 DE AGOSTO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2125 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9900	10054	10085	9948
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	3918	4072	4103	3966
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.844	1.916	1.931	1.866

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	454.71	447.46	486.38	453.29	454.86	441.34	446.75	408.62
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	432.15	413.24	438.64	410.67	426.42	403.29	387.31	377.54
Peso del Agua	gr.	22.55	34.22	47.74	42.62	28.24	38.05	59.44	31.08
Peso de la Capsula	gr.	64.00	64.00	63.50	64.00	64.00	63.50	64.00	64.00
Peso del Suelo Seco	gr.	368.15	349.24	375.14	346.67	362.42	339.79	323.31	313.54
% de Humedad	%	6.13%	9.80%	12.73%	12.29%	7.79%	11.20%	18.38%	9.91%
Promedio de Humedad	%	7.96%		12.51%		9.50%		14.15%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.708		1.703		1.763		1.635	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.766 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.93%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

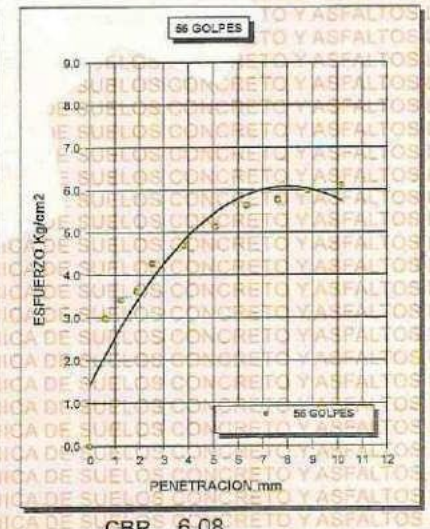
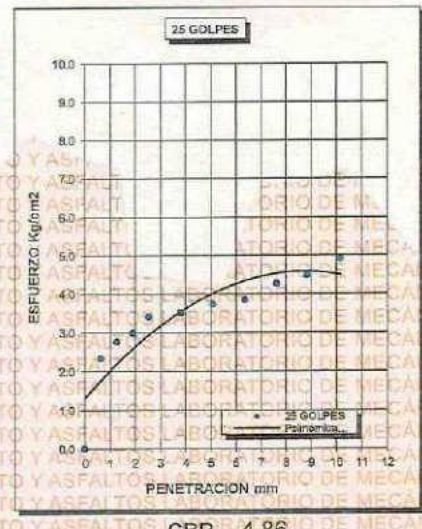
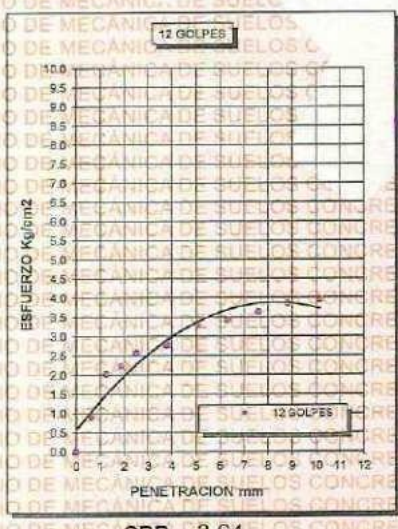
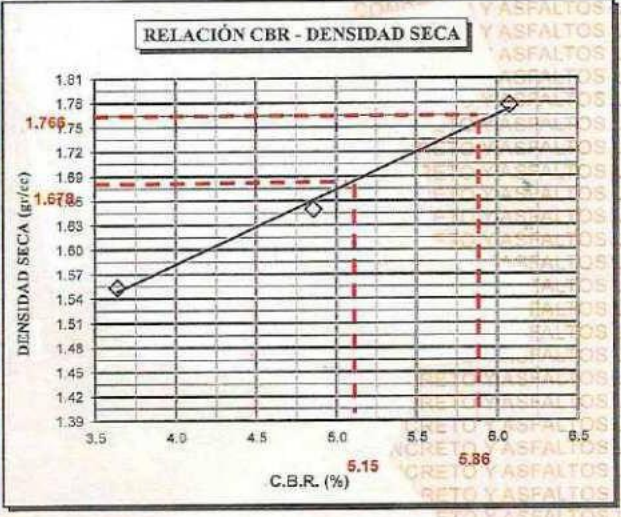
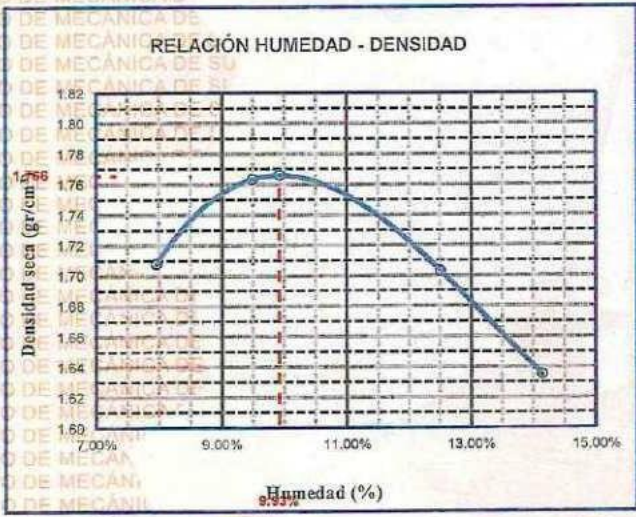
LABORATORIO M.S.C. HUAYRAPATA



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



PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.766
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%)	9.93%
MUESTRA :	CALICATA - 03	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	5.86
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	5.15
		AASHTO :	a-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



CBR 3.64

CBR 4.86

CBR 6.08

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



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

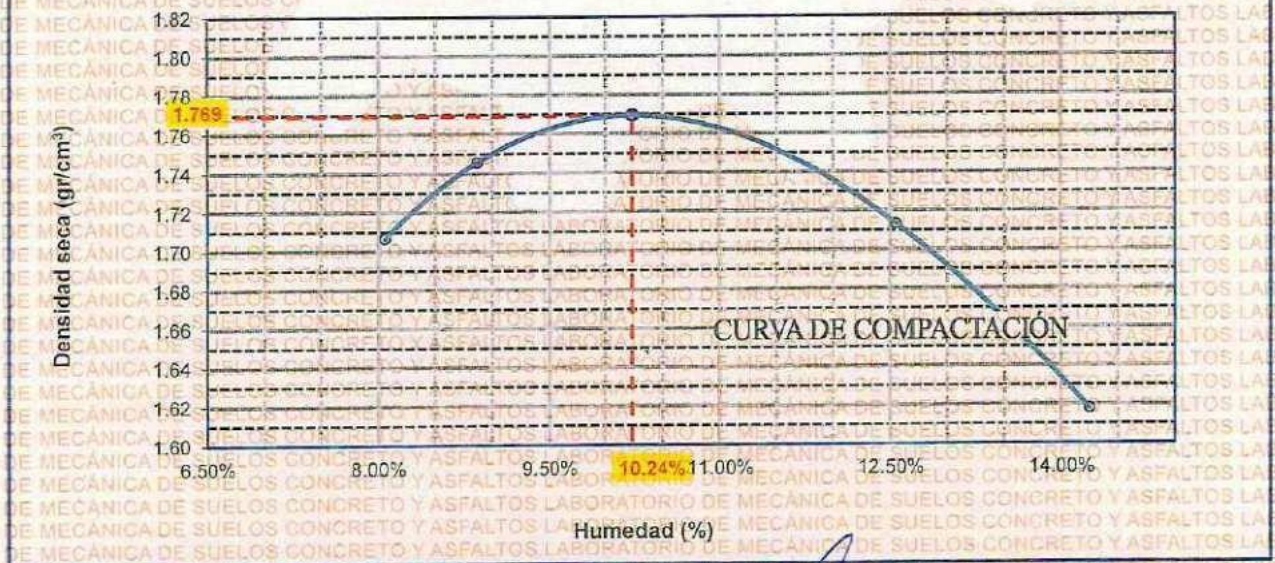
TESIS	: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024		
SOLICITANTE	: BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS		
UBICACIÓN	: CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA		
MUESTRA	: CALICATA 4		
FECHA	: 27 DE AGOSTO DEL 2024		
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2125 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9901	10020	10080	9910
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	3919	4038	4098	3928
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.844	1.900	1.928	1.848

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	459.23	441.24	473.69	444.16	475.47	441.54	436.16	420.45
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	430.79	411.91	440.57	412.74	428.67	400.00	388.67	378.67
Peso del Agua	gr.	28.44	29.33	33.12	31.42	46.80	41.54	47.49	43.78
Peso de la Capsula	gr.	62.65	62.54	62.56	62.50	62.49	62.68	62.47	62.67
Peso del Suelo Seco	gr.	368.14	349.37	379.01	350.24	366.18	337.32	326.20	314.00
% de Humedad	%	7.73%	8.40%	8.76%	8.97%	12.78%	12.31%	14.56%	13.94%
Promedio de Humedad	%	8.06%		8.87%		12.55%		14.25%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.707		1.745		1.713		1.618	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.769 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 10.24%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



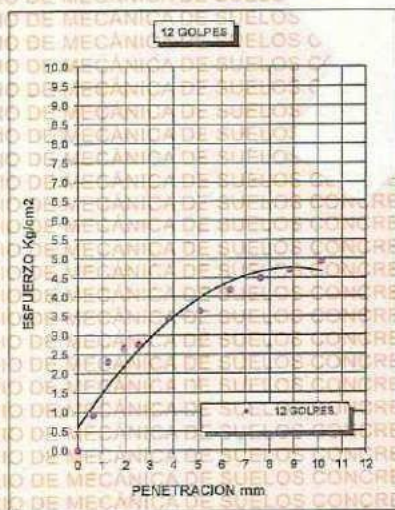
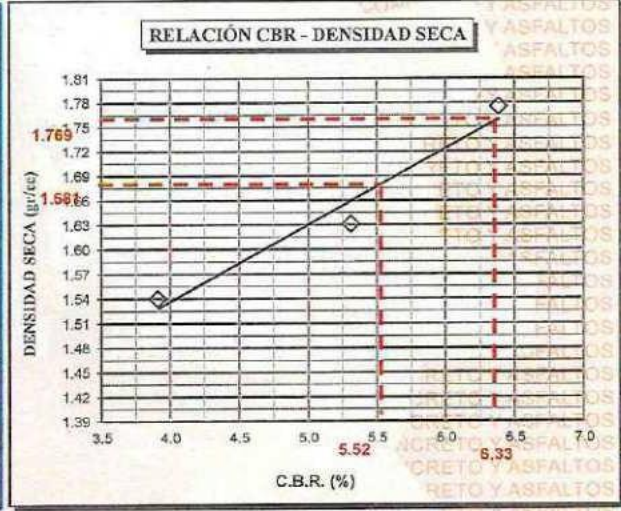
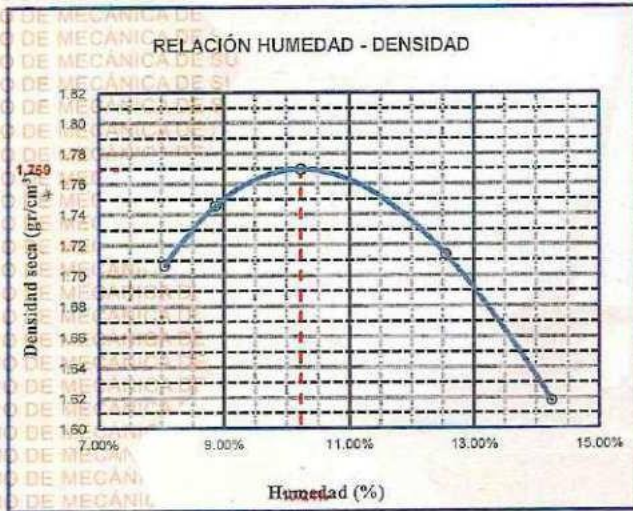
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 MSc. Arnoldo Yara Torres



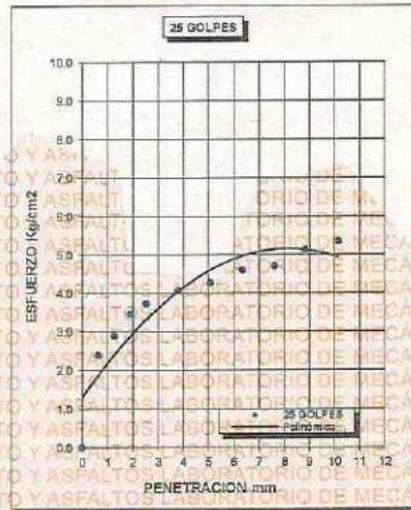
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



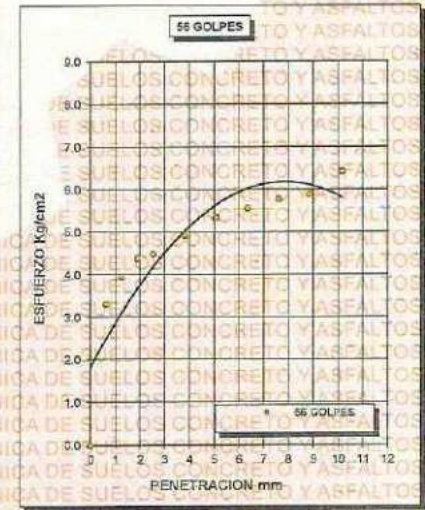
PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.769
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%)	10.24%
MUESTRA :	CALICATA - 04	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	6.33
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	5.52
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



CBR 3.91



CBR 5.32



CBR 6.38



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



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

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024
SOLICITANTE :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA
MUESTRA :	CALIGATA 1 + 3% PUZOLANA
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024

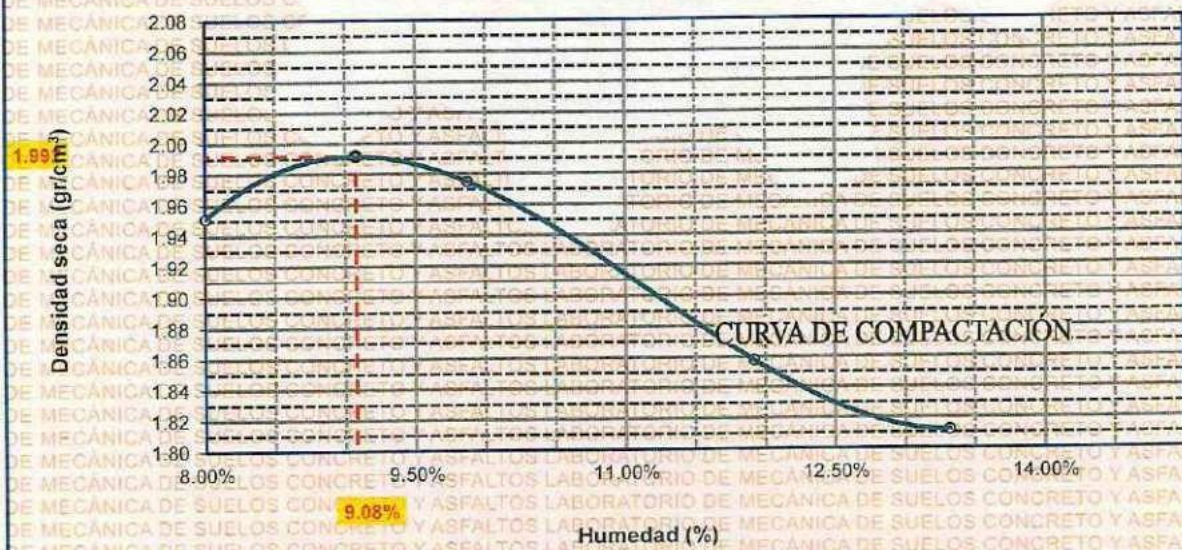
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2125 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10460	10593	10400	10345
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4478	4611	4418	4363
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.107	2.170	2.079	2.053

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	316.90	317.12	337.60	338.78	378.89	383.80	239.50	239.20
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	298.10	298.50	313.20	313.90	345.10	350.20	218.90	218.70
Peso del Agua	gr.	18.80	18.62	24.40	24.88	33.79	33.60	20.60	20.50
Peso de la Capsula	gr.	64.00	65.00	64.00	64.00	65.00	65.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	234.10	233.50	249.20	249.90	280.10	285.20	154.90	153.70
% de Humedad	%	8.03%	7.97%	9.75%	9.96%	12.06%	11.78%	13.30%	13.34%
Promedio de Humedad	%	8.00%		9.87%		11.92%		13.32%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.951		1.975		1.858		1.812	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA :	1.992 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA :	9.08%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



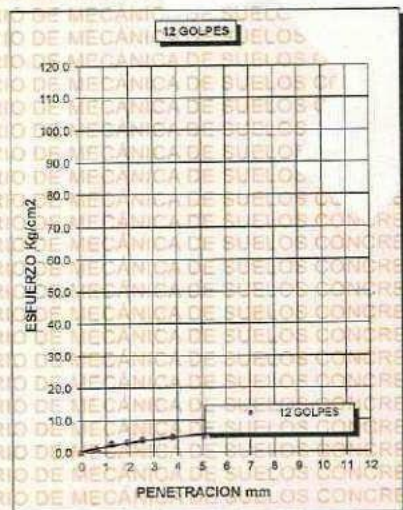
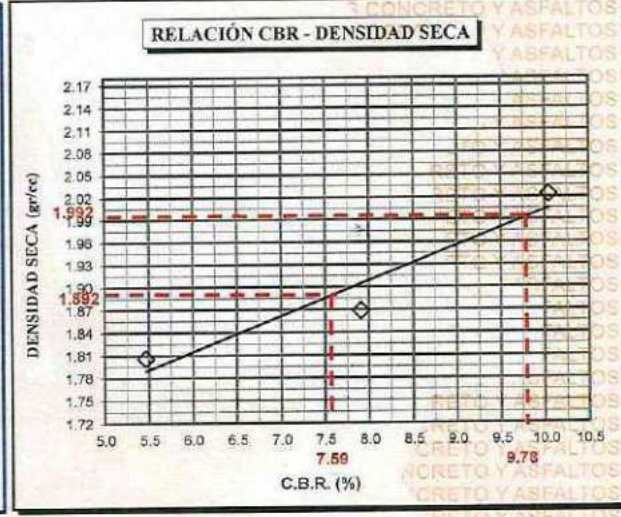
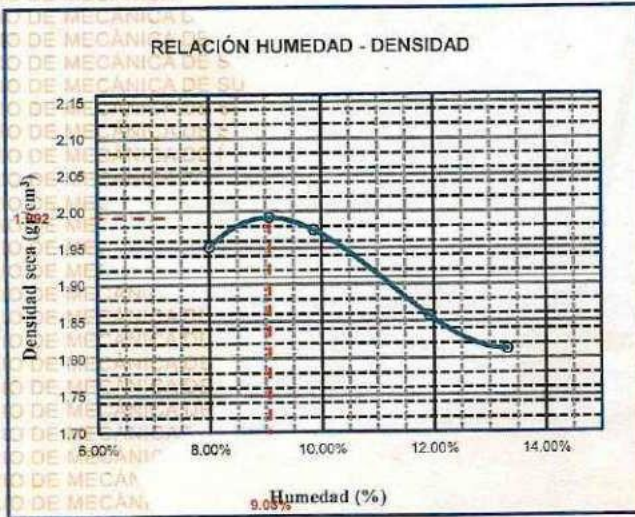
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFFETHA
 [Signature]



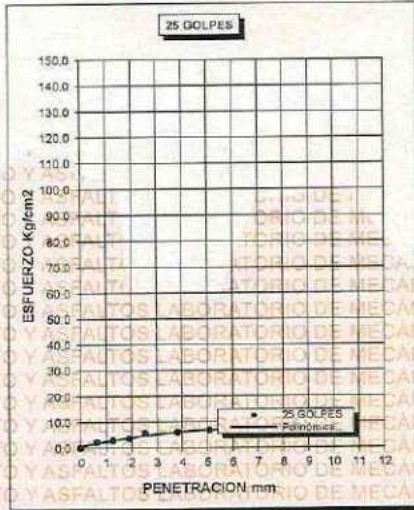
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



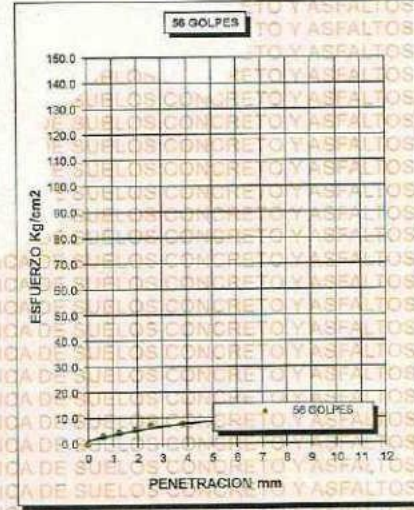
PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) : 1.992
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%) : 9.08%
MUESTRA :	CALICATA 1 + 3% PUZOLANA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : 9.78
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : 7.59
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



CBR 5.47



CBR 7.91



CBR 10.05



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024.
SOLICITANTE	: BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN	: CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA
MUESTRA	: CALICATA 2 + 3% PUZOLANA
FECHA	: 27 DE AGOSTO DEL 2024

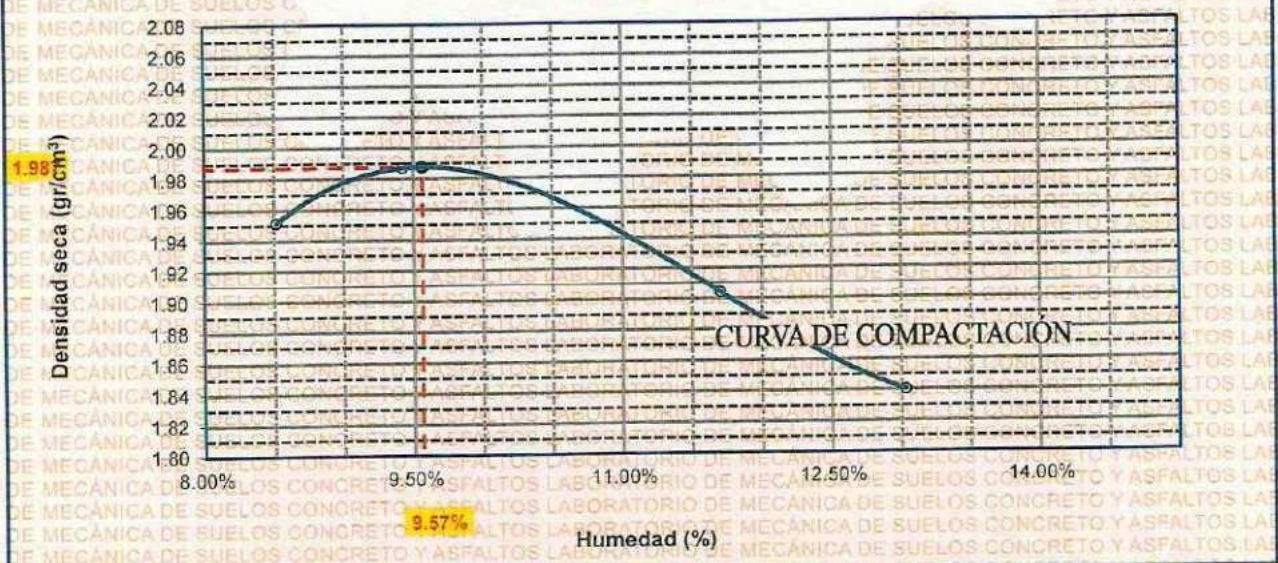
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2124 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10480	10600	10500	10400
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4498	4618	4518	4418
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.118	2.174	2.127	2.080

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	336.00	336.50	357.20	356.60	396.50	398.40	241.60	243.50
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	314.89	314.95	331.65	331.72	361.54	363.63	221.57	222.38
Peso del Agua	gr.	21.11	21.55	25.55	24.88	34.96	34.77	20.03	21.12
Peso de la Capsula	gr.	63.90	65.00	64.30	64.00	64.30	65.00	64.20	64.00
Peso del Suelo Seco	gr.	250.99	249.95	267.35	267.72	297.24	298.63	157.37	158.38
% de Humedad	%	8.41%	8.62%	9.56%	9.29%	11.76%	11.64%	12.73%	13.34%
Promedio de Humedad	%	8.52%		9.43%		11.70%		13.03%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.952		1.987		1.904		1.840	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.987 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.57%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



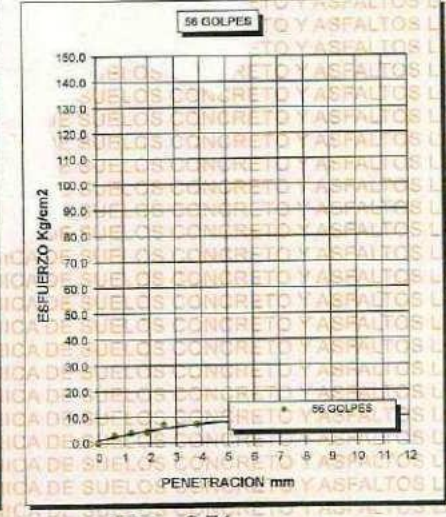
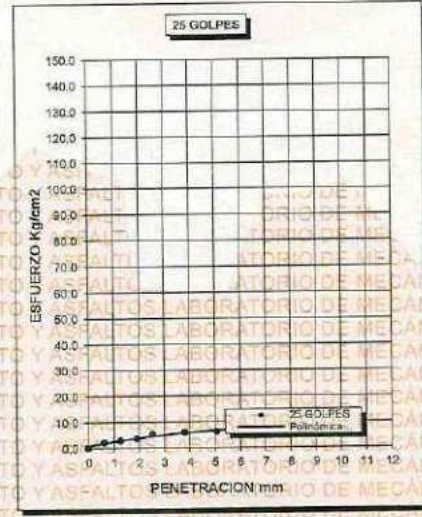
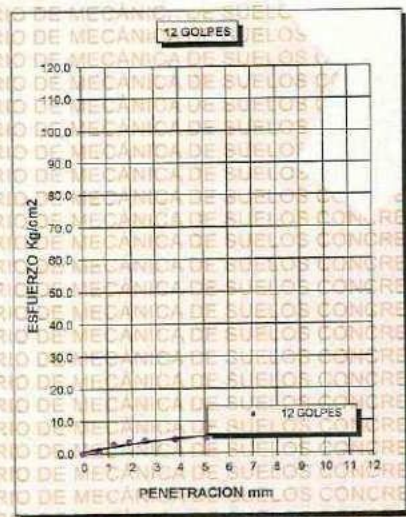
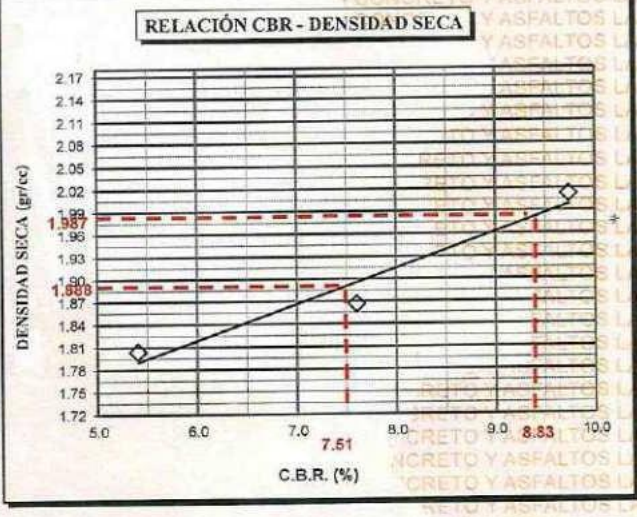
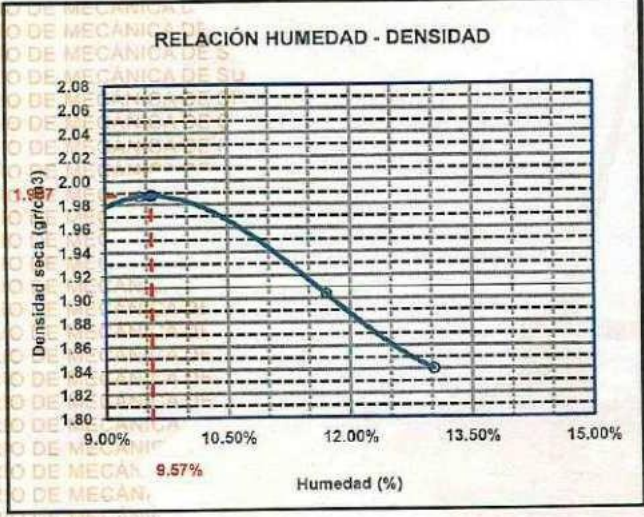
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL



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



PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMACO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.987
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%) 9.57%
MUESTRA :	CALICATA 2 + 3% PUZOLANA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 8.83
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 7.51
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



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



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

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024
SOLICITANTE	: BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN	: CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA
MUESTRA	: CALICATA 3 + 3% PUZOLANA
FECHA	: 27-DE AGOSTO DEL 2024

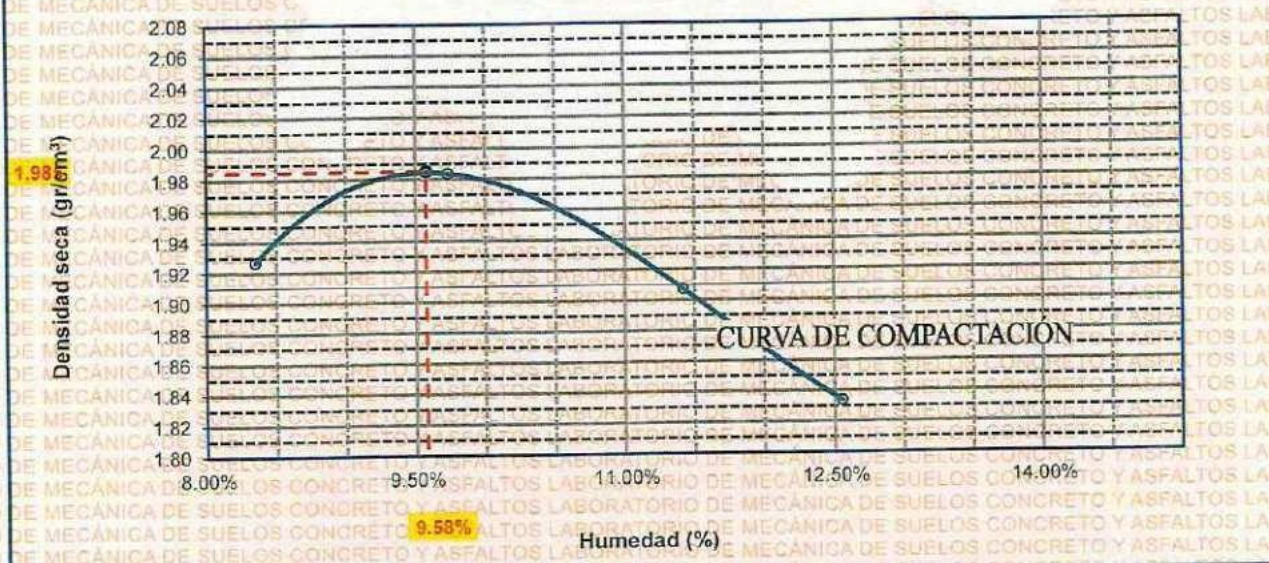
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2126 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10420	10610	10500	10370
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4438	4628	4518	4388
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.087	2.177	2.125	2.064

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	341.60	342.60	365.40	364.70	403.50	404.70	245.60	247.40
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	320.40	321.20	339.20	337.50	368.90	368.80	226.30	226.10
Peso del Agua	gr.	21.20	21.60	26.20	27.20	34.60	34.90	19.30	21.30
Peso de la Capsula	gr.	64.00	65.00	64.00	64.00	65.00	65.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	256.40	256.20	275.20	273.50	303.90	304.80	162.30	161.10
% de Humedad	%	8.27%	8.43%	9.52%	9.95%	11.39%	11.45%	11.89%	13.22%
Promedio de Humedad	%	8.35%		9.73%		11.42%		12.56%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.927		1.984		1.907		1.834	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.985 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.58%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



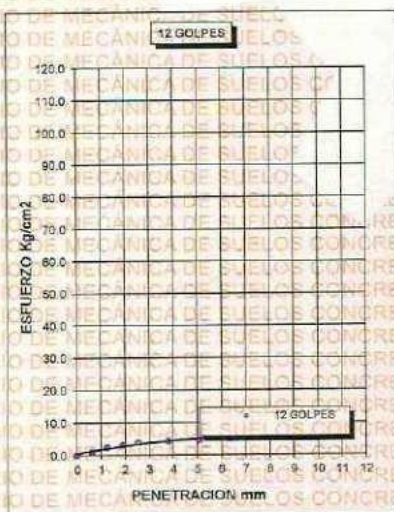
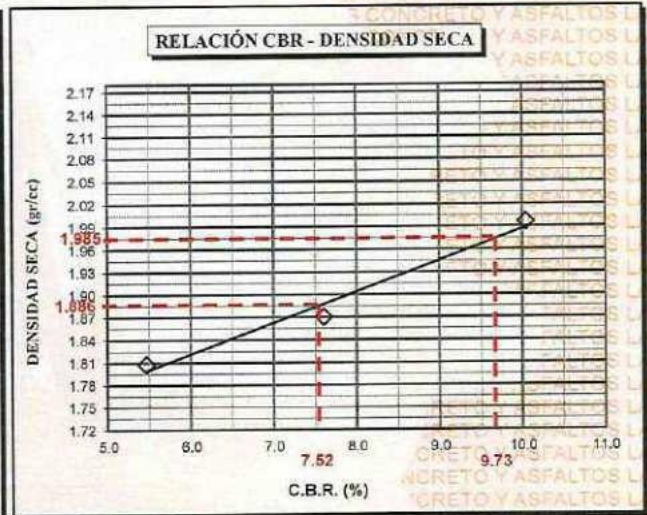
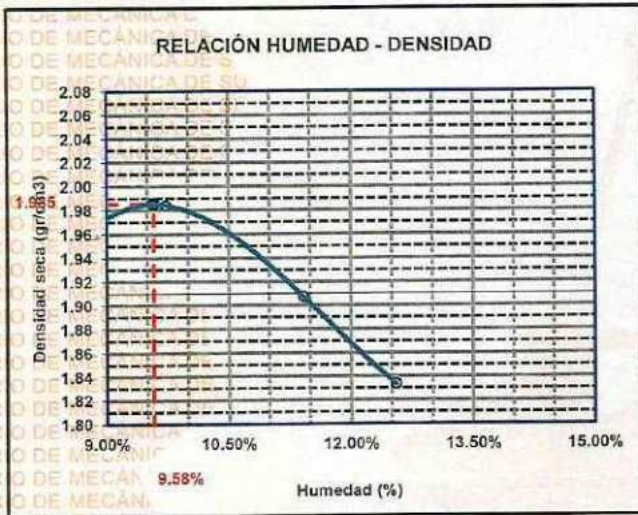
LABORATORIO M.S.C.A. INVESTIGACIÓN
 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 Msc. Arnaldo Yana Torres



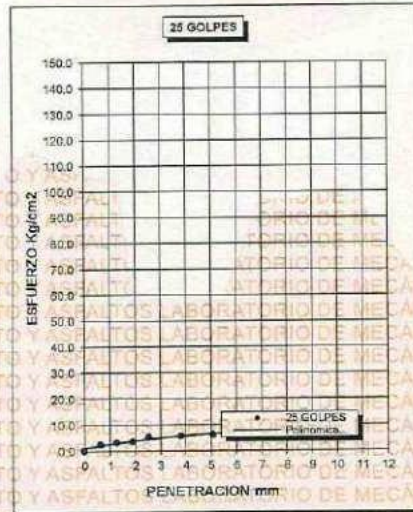
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



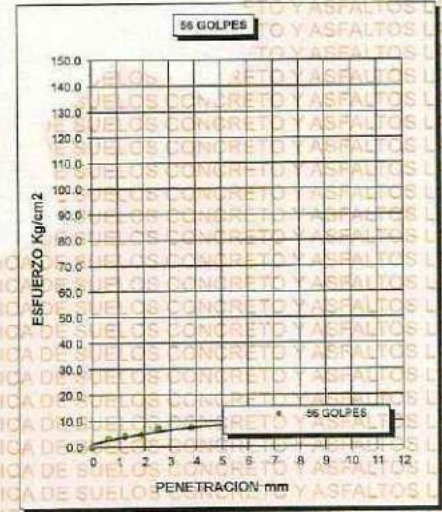
PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 1.985
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%) 9.58%
MUESTRA :	CALICATA 3 + 3% PUZOLANA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 9.73
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 7.52
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



CBR 5.47



CBR 7.60



CBR 10.05

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

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024
SOLICITANTE	: BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN	: CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA
MUESTRA	: CALICATA 4 + 3% PUZOLANA
FECHA	: 27 DE AGOSTO DEL 2024

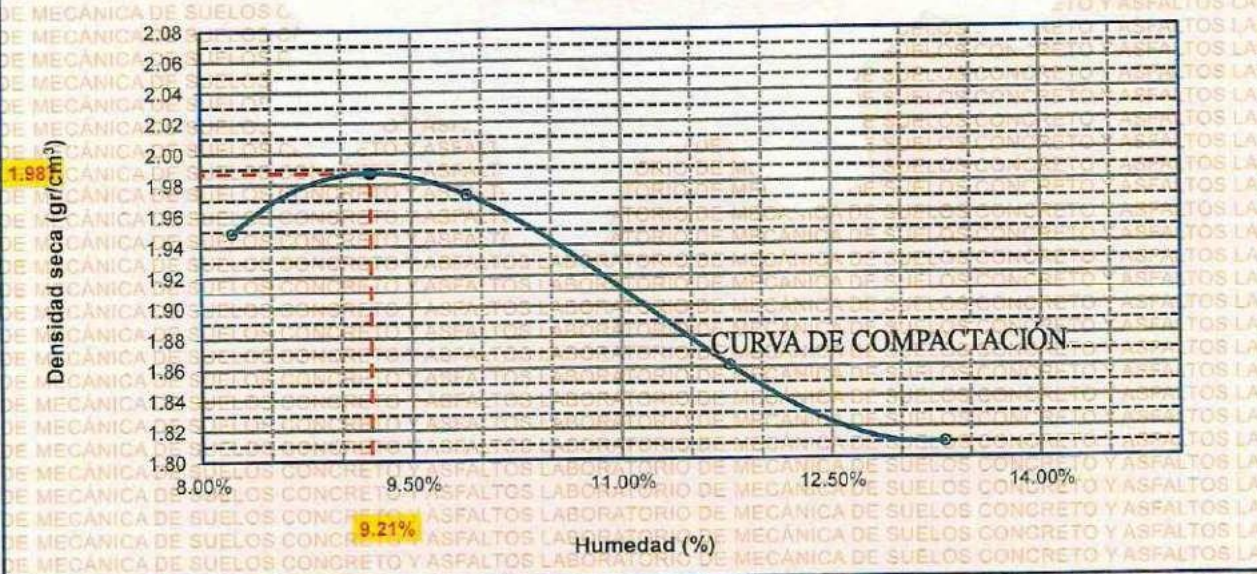
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2125 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10463	10590	10402	10341
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4481	4608	4420	4359
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.109	2.168	2.080	2.051

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	317.78	317.36	387.78	338.86	378.45	383.62	239.65	239.32
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	298.24	298.45	313.36	313.87	345.32	350.45	218.99	218.87
Peso del Agua	gr.	19.54	18.91	24.42	24.99	33.13	33.47	20.67	20.45
Peso de la Capsula	gr.	64.00	65.00	64.00	64.00	65.00	65.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	234.24	233.45	249.36	249.87	280.32	285.45	154.98	153.87
% de Humedad	%	8.34%	8.10%	9.79%	10.00%	11.82%	11.73%	13.34%	13.29%
Promedio de Humedad	%	8.22%		9.90%		11.77%		13.31%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.949		1.973		1.861		1.810	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.987 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 9.21%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



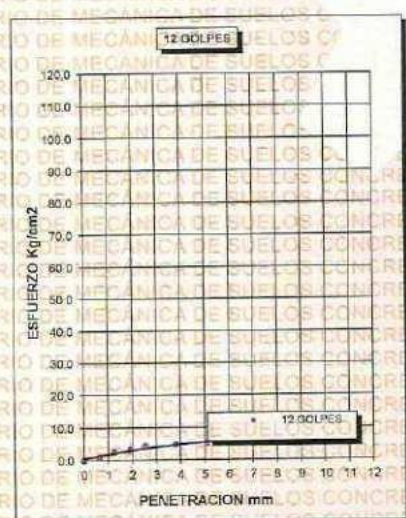
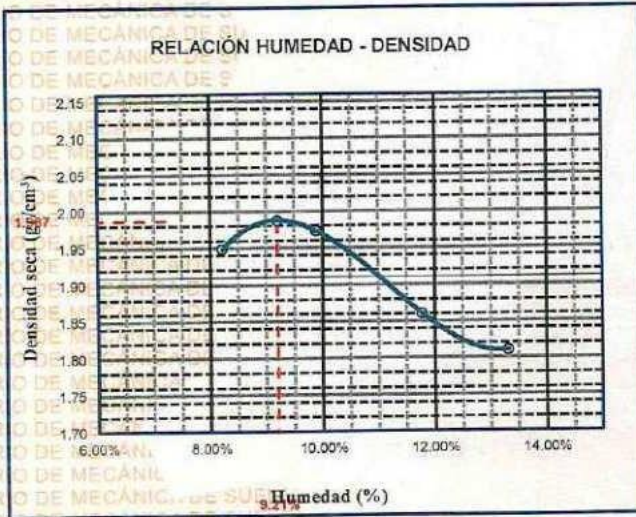
LABORATORIO M.S.C.A.
 JEFE TURNO
 Mag. Arnaldo Yano Torres



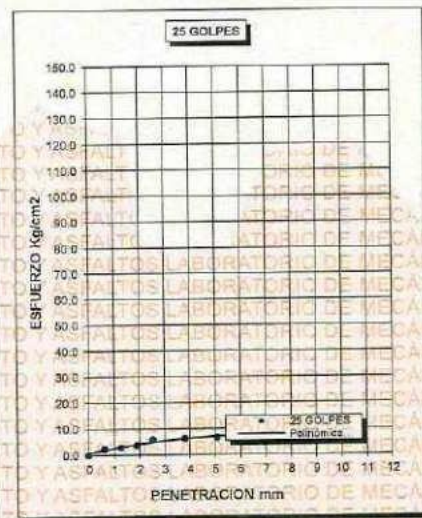
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



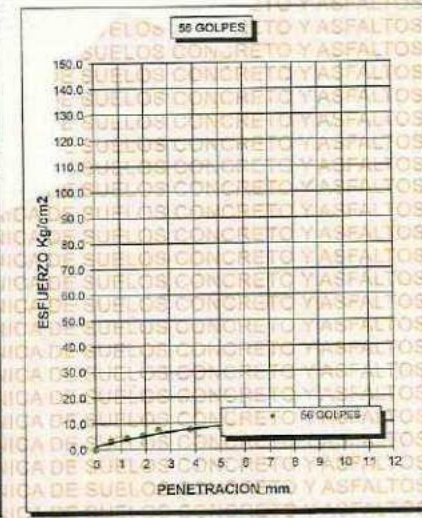
PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.987
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%) 9.21%
MUESTRA :	CALICATA 4 + 3% PUZOLANA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 10.10
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 8.23
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



CBR 6.08



CBR 8.52



CBR 10.35

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

Metr. Arnaldo Yana Torres

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA



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

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024
SOLICITANTE	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN	CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA
MUESTRA	CALICATA 1 + 6% PUZOLANA
FECHA	27 DE AGOSTO DEL 2024

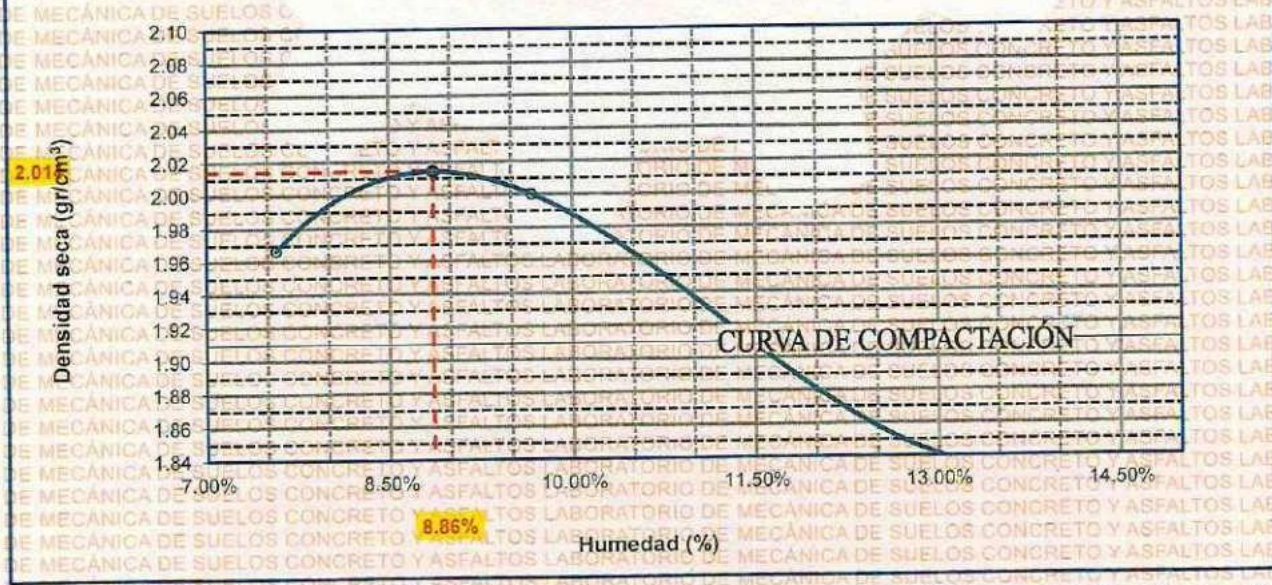
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2124 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10475	10641	10517	10400
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4493	4659	4535	4418
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.115	2.194	2.135	2.080

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	335.20	335.30	352.30	353.60	402.10	403.30	247.20	247.80
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	315.90	316.50	327.00	328.00	387.80	368.90	228.10	226.50
Peso del Agua	gr.	19.30	18.80	25.30	25.60	34.30	34.40	21.10	21.30
Peso de la Capsula	gr.	64.20	65.10	64.30	64.30	65.10	65.20	64.40	65.20
Peso del Suelo Seco	gr.	251.70	251.40	262.70	263.70	302.70	303.70	161.70	161.30
% de Humedad	%	7.67%	7.48%	9.63%	9.71%	11.33%	11.33%	13.05%	13.05%
Promedio de Humedad	%	7.57%		9.67%		11.33%		13.07%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.966		2.000		1.918		1.840	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.014 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.86%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

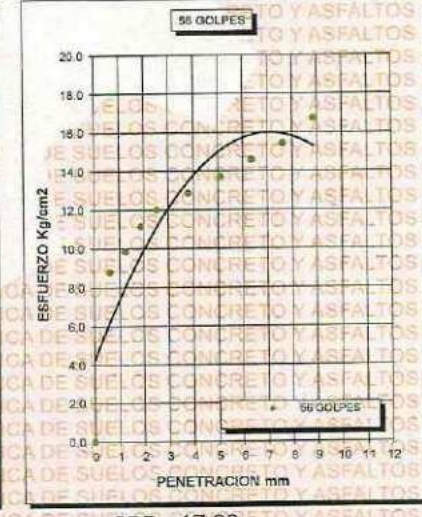
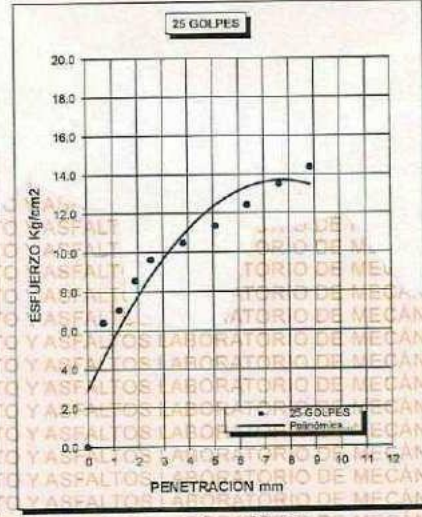
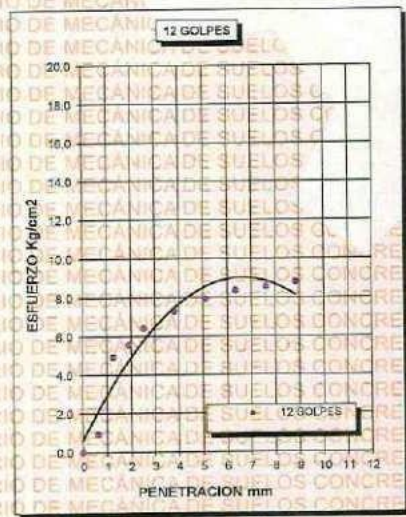
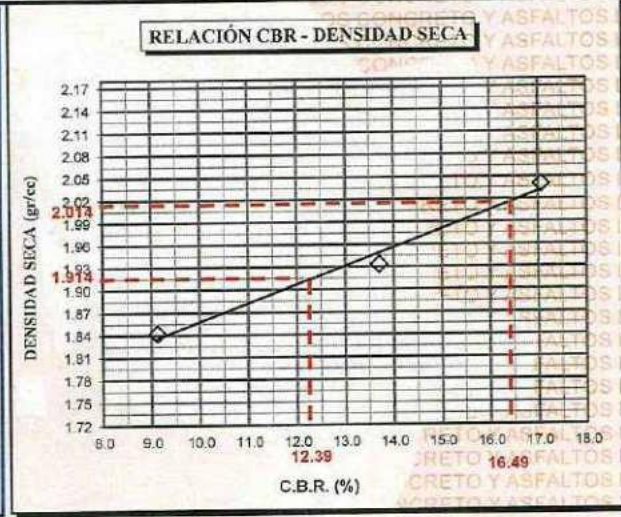
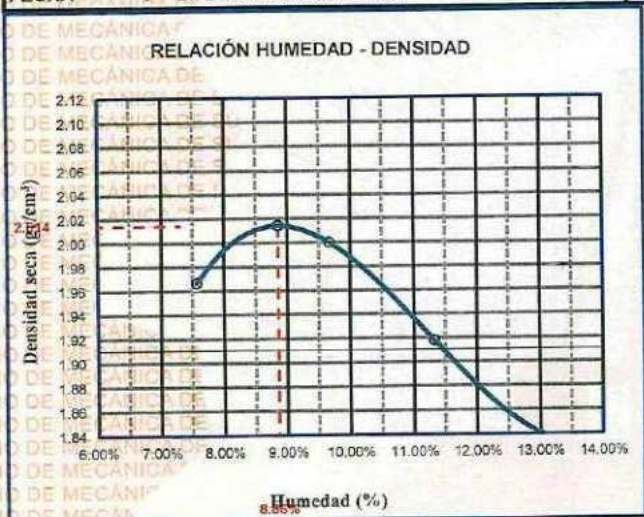
Alfredo Tiana Torres
 010 103257



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



PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³): 2.014
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%): 8.86%
MUESTRA :	CALICATA 1 + 6% PUZOLANA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%): 16.49
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%): 12.39
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEÍTE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024
SOLICITANTE	: BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN	: CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA
MUESTRA	: CALICATA 2 + 6% PUZOLANA
FECHA	: 27 DE AGOSTO DEL 2024

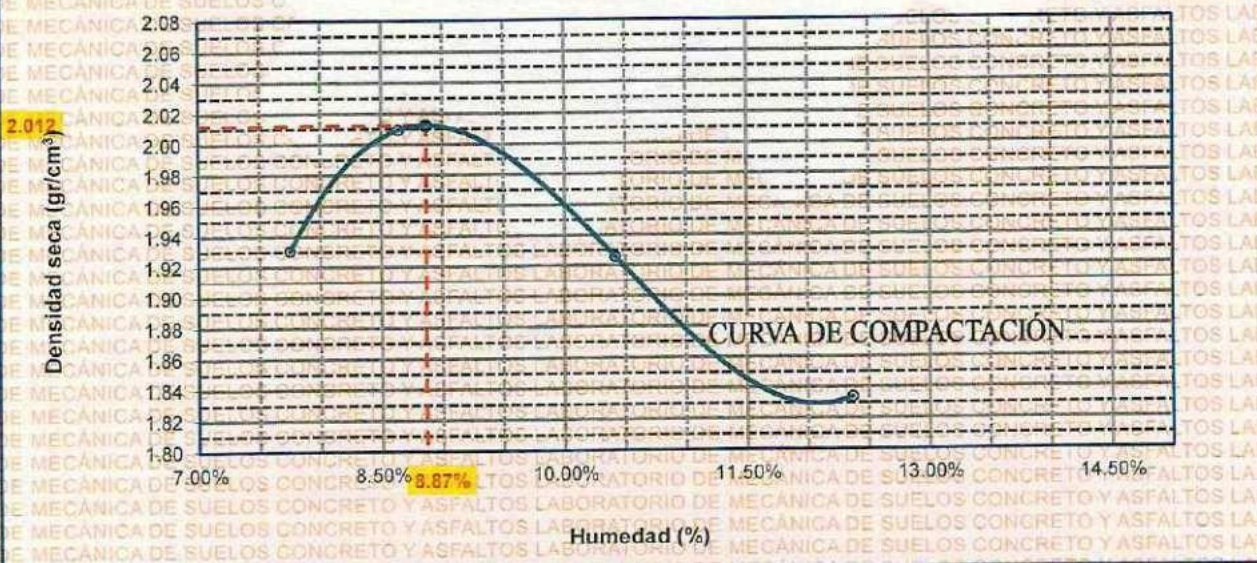
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2120 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10392	10610	10490	10350
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4410	4628	4508	4368
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.080	2.183	2.126	2.060

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	340.30	340.60	356.60	357.20	392.80	393.20	246.50	246.90
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	320.30	320.90	333.60	333.50	362.20	361.90	226.80	226.50
Peso del Agua	gr.	20.00	19.70	22.90	23.70	30.60	31.30	19.70	20.40
Peso de la Capsula	gr.	64.00	65.00	64.00	64.00	65.00	65.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	256.30	255.90	269.60	269.50	297.20	296.90	162.80	161.50
% de Humedad	%	7.80%	7.70%	8.49%	8.73%	10.30%	10.54%	12.10%	12.63%
Promedio de Humedad	%	7.75%		8.64%		10.42%		12.37%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.931		2.009		1.926		1.834	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.012 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.87%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



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

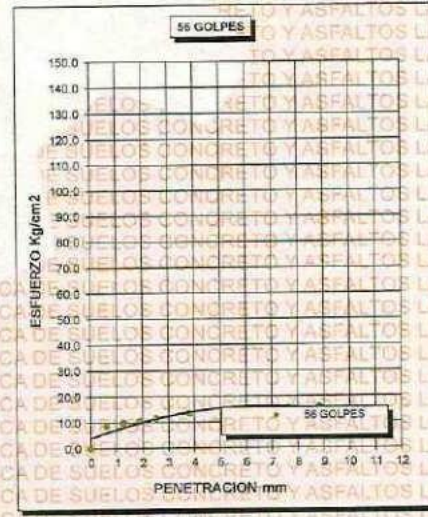
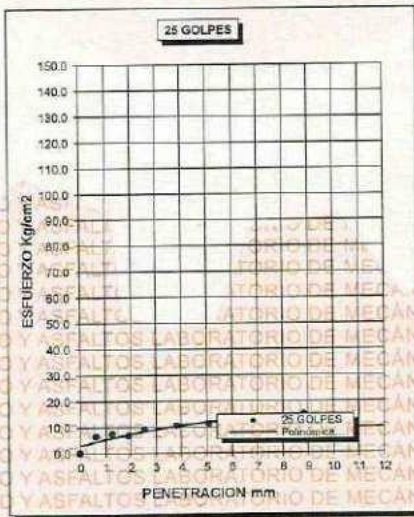
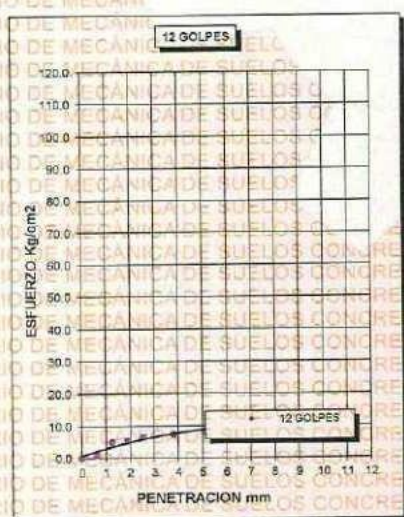
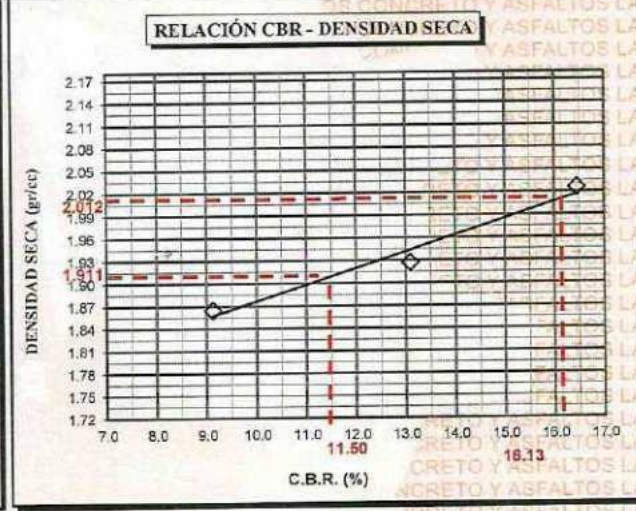
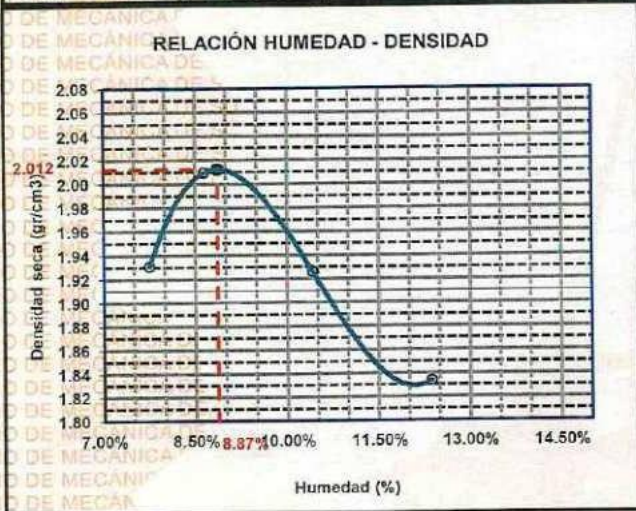
M.Sc. A. YANA TORRES
 INGENIERO CIVIL



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



PROYECTO	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.012
UBICACIÓN	CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.87%
MUESTRA	CALICATA 2+ 6% PUZOLANA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	16.13
FECHA	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	11.50
		AASHTO	:
		EMBEBIDO	:



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Mgtr. Arnoldo Yano Torres
C.I.A. 103257



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

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

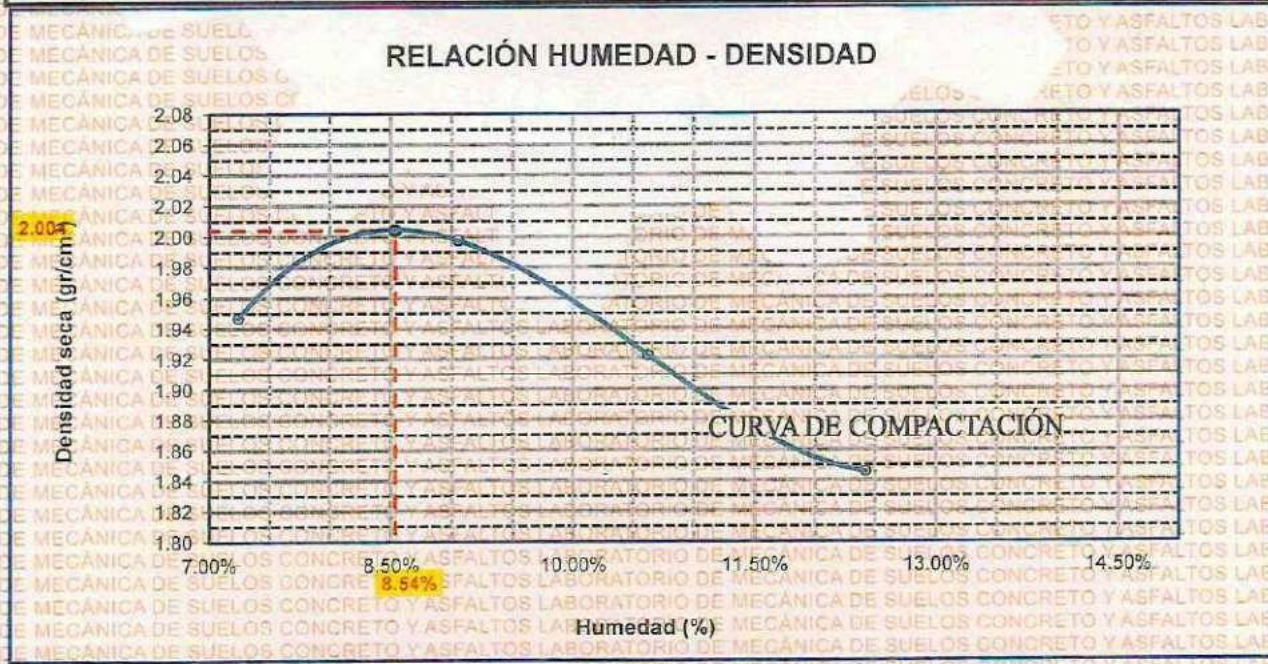
TESIS	: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024
SOLICITANTE	: BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS
UBICACIÓN	: CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA
MUESTRA	: CALICATA 3 + 6% PUZOLANA
FECHA	: 27 DE AGOSTO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2125 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10419	10611	10501	10391
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4437	4629	4519	4409
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.088	2.178	2.127	2.075

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	343.20	343.60	363.90	364.50	403.60	403.20	247.50	247.20
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	324.50	324.60	339.10	339.50	370.10	371.50	227.10	227.20
Peso del Agua	gr.	18.70	19.00	24.80	25.00	33.50	31.70	20.40	20.00
Peso de la Capsula	gr.	64.20	64.50	54.50	64.20	64.00	64.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	260.30	260.10	274.60	275.30	306.10	307.50	163.10	162.20
% de Humedad	%	7.18%	7.30%	9.03%	9.08%	10.94%	10.31%	12.51%	12.33%
Promedio de Humedad	%	7.24%		9.08%		10.63%		12.42%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.947		1.997		1.922		1.845	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.004 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.54%



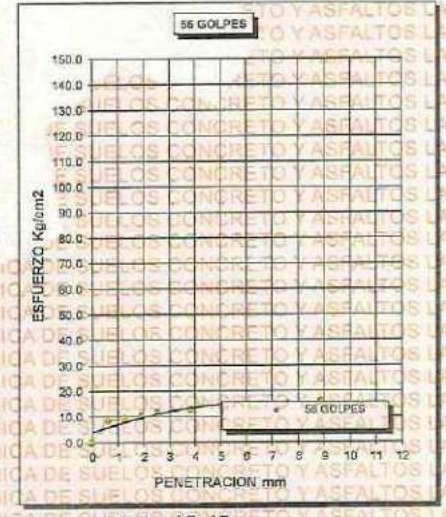
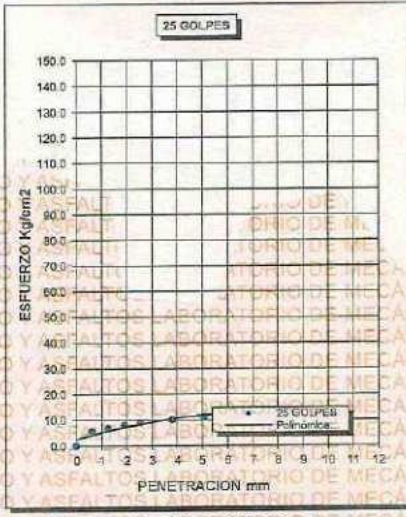
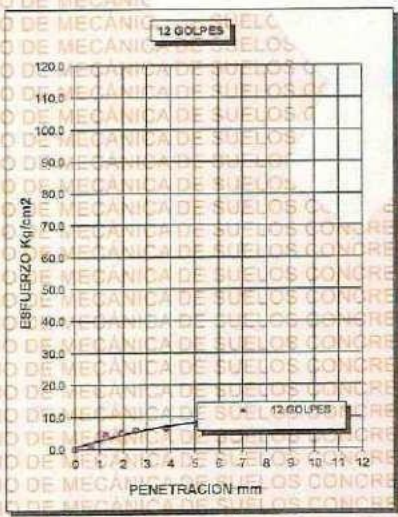
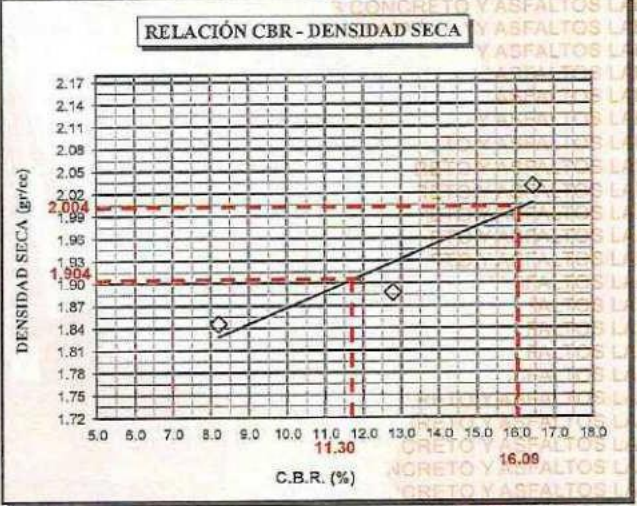
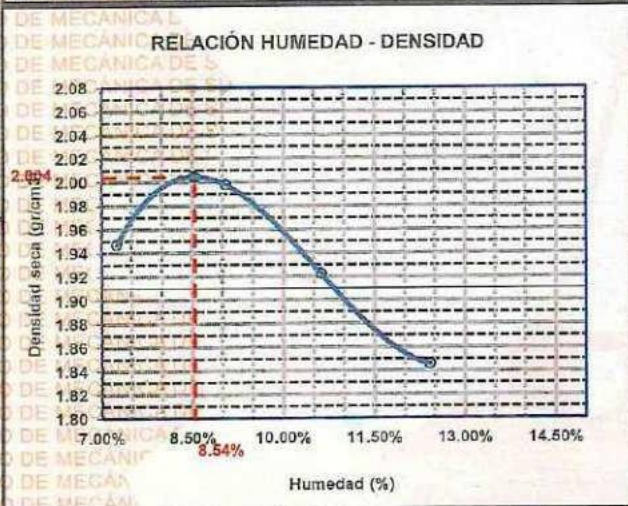
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 FICP - C.A. INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C.A. JEFATURA
 MSc. Arnaldo Yana Torres
 C.P. 103257



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



PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM-D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 2.004
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.54%
MUESTRA :	CALIGATA.3 + 6% PUZOLANA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 16.09
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 11.30
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL
Mtr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

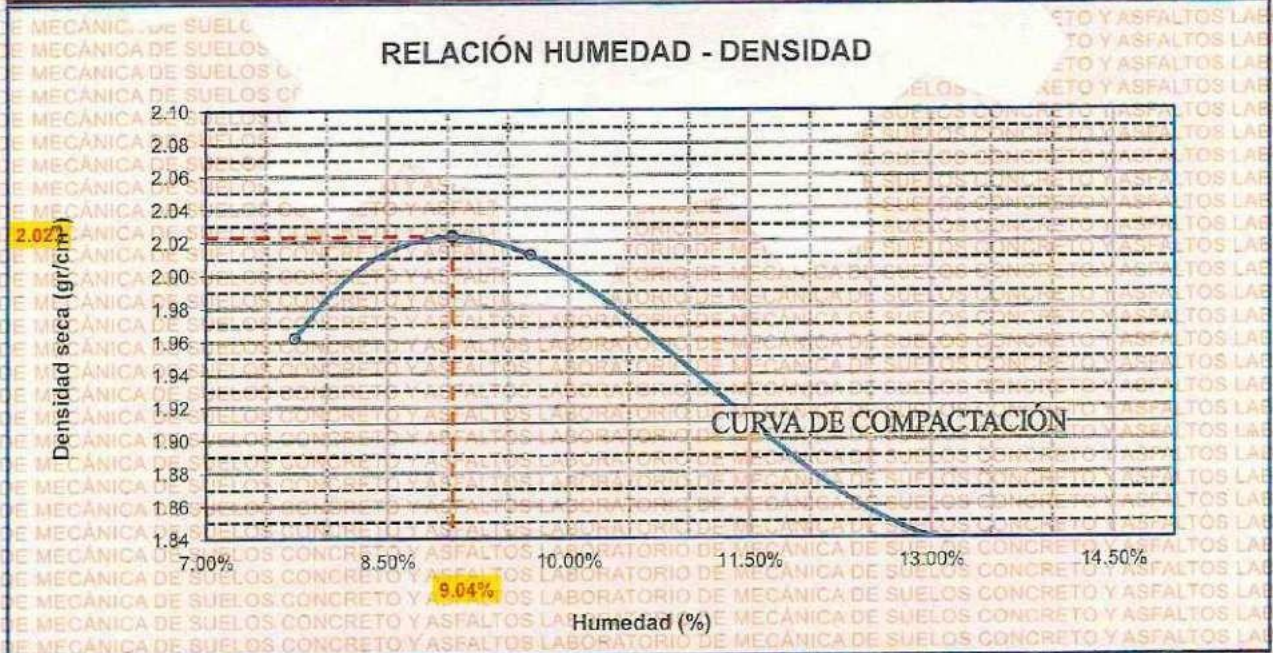
ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024		
SOLICITANTE	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS		
UBICACIÓN	CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA		
MUESTRA	CALICATA 4 + 6% PUZOLANA		
FECHA	27 DE AGOSTO DEL 2024		
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2124 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10472	10669	10517	10400
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4490	4687	4535	4418
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.114	2.207	2.135	2.080

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	335.87	335.68	352.79	353.87	402.56	403.51	247.74	247.92
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	315.95	316.58	327.35	328.27*	367.95	368.87	226.16	226.74
Peso del Agua	gr.	19.92	19.00	25.44	25.60	34.61	34.64	21.58	21.18
Peso de la Capsula	gr.	64.20	65.10	64.30	64.30	65.10	65.20	64.40	65.20
Peso del Suelo Seco	gr.	251.75	251.58	263.05	263.97	302.85	303.67	161.76	161.54
% de Humedad	%	7.91%	7.55%	9.67%	9.70%	11.43%	11.41%	13.34%	13.11%
Promedio de Humedad	%	7.73%		9.68%		11.42%		13.23%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.962		2.012		1.916		1.837	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	2.023 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	9.04%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIP INGENIERÍA CIVIL

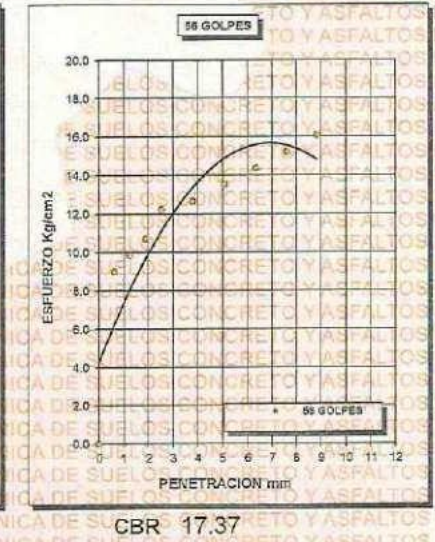
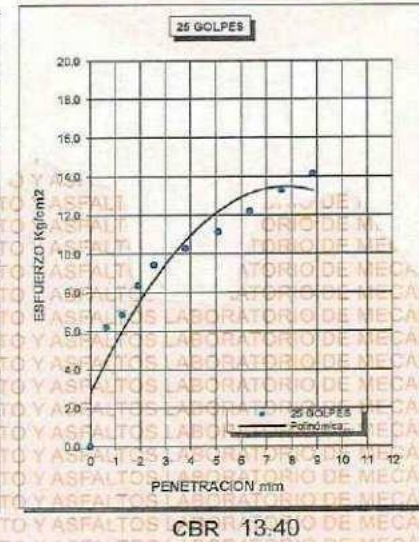
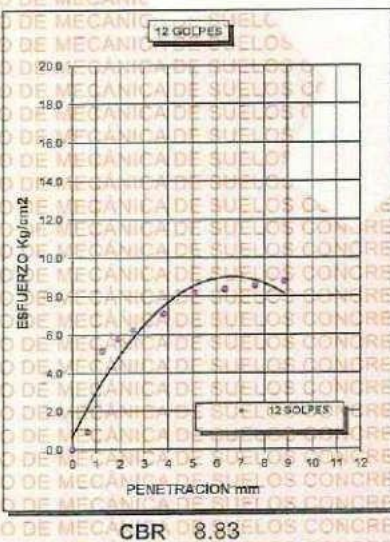
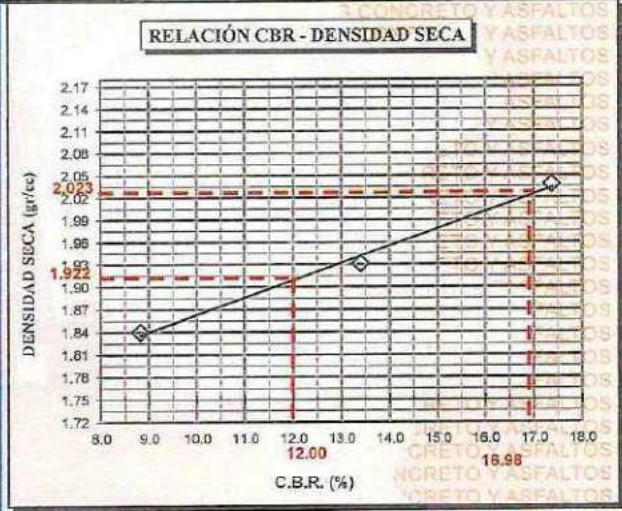
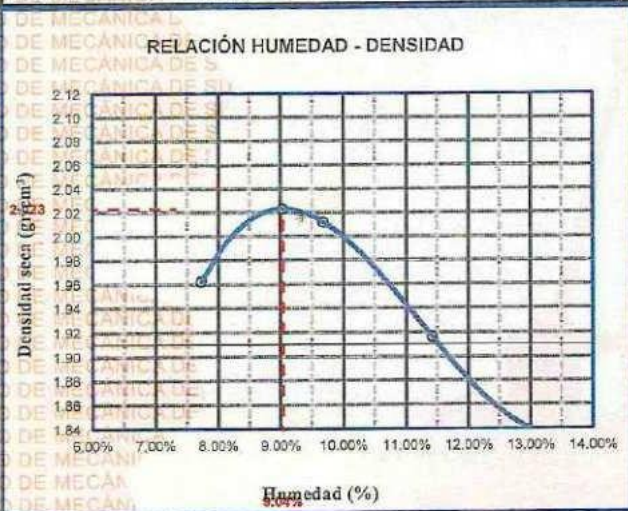
Mg. Arzaldo Yano Torres
CIP 103257



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



PROYECTO :	OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³): 2.023
UBICACIÓN :	CARRETERA ROSASPATA – HUAYRAPATA	HUMEDAD OPTIMA (%): 9.04%
MUESTRA :	CALICATA 4 + 6% PUZOLANA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%): 16.98
FECHA :	27 DE AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%): 12.00
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - C.A. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

Alfredo Arnaldo Yano Larrea
C.I.P. 103257



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 02-12-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: CRISTHIAN FRANCO CHOQUE RAMOS

Dirección: Jr. CAHUIDE 231

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70486981

Teléfono: 930 664 437 email: cristhianchoquermos2793@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: OPTIMIZACIÓN DEL ESPESOR DE AFIRMADO MEDIANTE MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE CON ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO Y ADITIVO PUZOLÁNICO EN LA CARRETERA ROSASPATA - HUAYRAPATA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): AFIRMADO, ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE, ACEITE SULFANADO, PUZOLANA VEGETAL

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

1

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

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



2. Referencia de tesis:

- Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

02-12-2024

Fecha