



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS
ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE
RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL
EN LA CARRETERA LLALLI – CUPI 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS
ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE
RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN
LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024**

TESIS PRESENTADA POR:


Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:


PRESIDENTE

:


Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA


PRIMER MIEMBRO

:


Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

SEGUNDO MIEMBRO

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS

:


M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1649-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 02 de diciembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 12690 presentado por el (la) Bachiller: **BILL CLINTON CURRO QUISPE** 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. **BILL CLINTON CURRO QUISPE**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 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. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * **1er Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
- * **2do Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES

ARTICULO SEGUNDO. RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTICULO TERCERO. APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: **BILL CLINTON CURRO QUISPE**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : jueves 11 de diciembre del 2025
- * **HORA** : 09:30 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

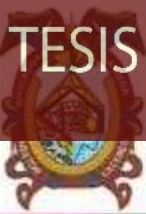
Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. César G. Camargo Najar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:
Archivo
interesado (u)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1114-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 19 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 8244, presentado por el señor (a) **BILL CLINTON CURRO QUISPE** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 560-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 291-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **BILL CLINTON CURRO QUISPE** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulada: **MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 560-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN RESOLUCIÓN DECANAL N° 291-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Fritz Willy Mamani Apaza** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulada: **MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 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 del Director de la Unidad 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, 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 **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACION**, designado al señor (a): **BILL CLINTON CURRO QUISPE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, se le asigna como:

ASESOR: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

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 ANDAHUAYLAS NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR Y. VIANÓNTE CALLA
DECANO (e)
CIP: 32730



UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:
Archivo 2025
Interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 002-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 06 de enero del 2025

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 15870 por el señor (a): **BILL CLINTON CURRO QUISPE** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1625- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 357- 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): **BILL CLINTON CURRO QUISPE**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 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° 357- 2024 **aproband**o el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 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): **BILL CLINTON CURRO QUISPE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la)**, **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 CIENCIAS PURAS

MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:
Archivo
interesado (s)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 560-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 03 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 7426, presentado el o (la) Bachiller BILL CLINTON CURRO QUISPE solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 588 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 174 -2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el o (la) Bachiller: BILL CLINTON CURRO QUISPE ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 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° 174 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 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 merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: BILL CLINTON CURRO QUISPE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 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.


UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS "NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790


UNIVERSIDAD ANDAHUAYLAS "NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
Dr. Eirain Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



19% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 11% Fuentes de Internet
- 3% Publicaciones
- 18% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.


Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI – CUPU 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	BILL CLINTON CURRO QUISPE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74697544
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-5507-9699
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
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	País: Perú Departamento: Puno Provincia: Melgar Distrito: Llalli – Cupi Latitud: S 14° 56' 49" Longitud: O 70° 53' 05"  https://maps.app.goo.gl/ga254HG4jnPhdWxqcX9
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2024 - Diciembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.05.00 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03



 Germán G. Cordero Najjar
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo BILL CLINTON CURRO QUISPE, identificado con DNI Nro. 74697544, 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:

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE

CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL

EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

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.

Juliana 18 de diciembre del 2025


Firma del Asesor (obligatoria)


Firma del Estudiante (obligatoria)





DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre, la persona que ha sido mi mayor fuente de fortaleza, inspiración y amor. Gracias por tu apoyo incondicional, por ser mi guía en cada paso que he dado y por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia. Este logro es, en gran parte, gracias a ti. Te debo mucho más que este trabajo, te debo mi vida, mis sueños y todo lo que soy.



AGRADECIMIENTO

Agradezco profundamente a mi madre por ser mi roca, mi maestra y mi amiga. Tu amor y paciencia me han permitido llegar hasta aquí. No tengo palabras suficientes para expresar lo que significas para mí. Gracias por tu apoyo inquebrantable, por estar a mi lado en cada momento, por darme fuerza cuando pensé que no podía más y por siempre creer en mí, incluso cuando yo dudaba de mí misma.

Gracias por ser la razón de mi impulso y mi motor. Este logro es tan tuyo como mío, porque sin tu amor y dedicación, no estaría aquí.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTO ii

ÍNDICE GENERAL iii

ÍNDICE DE TABLAS vi

ÍNDICE DE FIGURAS vii

RESUMEN viii

ABSTRACT ix

INTRODUCCIÓN x

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Situación problemática. **12**

1.2 Planteamiento del problema. **14**

 1.2.1 Problema General..... 14

 1.2.2 Problemas Específicos. 14

1.3 Objetivos de la investigación...... **14**

 1.3.1 Objetivo General..... 14

 1.3.2 Objetivos Específicos. 14

1.4 Justificación de la investigación. **15**

 1.4.1 Justificación Teórica 15

 1.4.2 Justificación Práctica 15

 1.4.3 Justificación Social 16

 1.4.4 Justificación Económica 16

 1.4.5 Justificación Ambiental 17

1.5 Hipótesis de la Investigación...... **17**

 1.5.1 Hipótesis General. 17

 1.5.2 Hipótesis Específicas..... 17

1.6 Variables e indicadores...... **18**

 1.6.1 Variable Independiente 18

 1.6.2 Variable Dependiente 18

1.7 Operacionalización de Variables...... **18**



CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación..... 20
2.1.1 Antecedentes Internacionales..... 20
2.1.2 Antecedente Nacionales..... 23
2.1.3 Antecedentes locales..... 27
2.2 Bases teóricas..... 31
2.2.1 Suelos arcillosos..... 31
2.2.2 Importancia de la Subrasante en Carreteras..... 33
2.2.3 Estabilización de Suelos..... 35
2.2.4 Resina de pino..... 37
2.2.5 Mucilago de nopal..... 39
2.3 Marco conceptual..... 41

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de la investigación..... 44
3.2 Tipo de la investigación..... 44
3.3 Nivel de la Investigación..... 45
3.4 Diseño de la Investigación..... 45
3.5 Método de la Investigación..... 46
3.6 Población y Muestra..... 46
3.6.1 Población..... 46
3.6.2 Muestra..... 46
3.7 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos..... 47
3.7.1 Técnicas de recolección de datos..... 47
3.7.2 Instrumentos de recolección de datos..... 48
3.8 Procedimiento para la recolección de datos..... 49
3.8.1 Desarrollo de plan de investigación..... 52
3.9 Procesamiento de datos..... 62

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados..... 63
4.1.1 Propiedades físicas y mecánicas de la subrasante..... 64



4.1.2 Empleo de resina de pino y mucílago de nopal en sobre el índice plástico de suelos arcillosos de subrasante.....	69
4.1.2.1 Límites atterberg con resina de pino (NTP 339.130/131).....	69
4.1.2.2 Límites Atterberg con mucílago de nopal (NTP 339.130/131).....	71
4.1.3 Empleo de resina de pino y mucílago de nopal en suelos arcillosos de subrasante en grado de compactación.	73
4.1.3.1 Grado Compactación con Resina de Pino (Proctor Modificado)	73
4.1.3.2 Grado Compactación con MN (Proctor Modificado).....	75
4.1.4 Empleo de resina de pino y mucílago de nopal en suelos arcillosos de subrasante en capacidad de soporte.	77
4.1.4.1 CBR – Suelo natural con Resina de Pino	77
4.1.4.2 CBR – Suelo natural con Mucílago de Nopal.....	79
4.2 Discusión de resultados.	81
CONCLUSIONES	84
RECOMENDACIONES.....	86
REFERENCIAS	88
ANEXOS.....	93



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cuadro de Operación de variables.	19
Tabla 2 Cantidad de resina de pino	60
Tabla 3 Cantidad de Mucílago de nopal	62
Tabla 4 Granulometría de las muestras.....	64
Tabla 5 Humedad Natural de las calicatas.	64
Tabla 6 Límites de consistencia suelo natural.	65
Tabla 7 Grado de compactación del suelo natural.	66
Tabla 8 Capacidad de soporte del suelo natural.....	67
Tabla 9 Resumen Clasificación Subrasante.	68
Tabla 10 Límites de consistencia del suelo + resina de pino.	69
Tabla 11 Límites de consistencia del suelo + mucílago de nopal.....	71
Tabla 12 Comparativa IP (Patrón vs Tratamientos).	72
Tabla 13 Grado Compactación del suelo natural + Resina de Pino.	73
Tabla 14 Grado Compactación del suelo natural + Mucílago de Nopal.....	75
Tabla 15 Comparativa Compactación (Patrón vs Tratamientos).....	76
Tabla 16 CBR del suelo natural + Resina de Pino.	77
Tabla 17 CBR del suelo natural + Mucílago de Nopal.	79
Tabla 18 Comparativa CBR (Patrón vs Tratamientos, Clasificación MTC).....	80
Tabla 19 Comparación de resultados con antecedentes.	83



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Resina de pino	39
Figura 2	Nopal.....	41
Figura 3	Ubicación del tramo estudiado.	49
Figura 4	Ubicación de las calicatas.	52
Figura 5	Ensayo de granulometría.	54
Figura 6	Ensayo de limite líquido.	55
Figura 7	Ensayo de Proctor modificado.....	56
Figura 8	Ensayo de CBR.	57
Figura 9	Resina de pino.	58
Figura 10	Mucílago de nopal.....	59
Figura 11	Aplicación de la resina de pino en suelo natural.....	61
Figura 12	Contenido de agua de las muestras.	65
Figura 13	Comportamiento de límites de consistencia.	66
Figura 14	Contenido Óptimo de Humedad.	67
Figura 15	CBR al 95% del suelo natural.....	68
Figura 16	Comportamiento del índice de plasticidad del suelo + resina de pino.....	70
Figura 17	Comportamiento del índice de plasticidad del suelo + mucílago de nopal.	72
Figura 18	Comportamiento de máxima densidad seca del suelo + resina de pino.	74
Figura 19	Comportamiento de máxima densidad seca del suelo + mucílago de nopal..	76
Figura 20	Comportamiento del CBR al 95% del suelo + Resina de Pino.....	78
Figura 21	Comportamiento del CBR al 95% del suelo + Mucílago de Nopal.	80



RESUMEN

La presente tesis, titulada "Mejoramiento de las propiedades de suelos arcillosos de subrasante con empleo de resina de pino y mucílago de nopal en la carretera Llalli – Cupi 2024", el objetivo principal de este estudio fue mejorar las propiedades de suelos arcillosos de subrasante con empleo de resina de pino y mucílago de nopal en la carretera Llalli – Cupi. Se desarrolló una investigación de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, nivel explicativo y diseño experimental de laboratorio. El suelo natural se clasificó como ML/CL, con 59.77% de finos, índice de plasticidad de 15.07%, máxima densidad seca de 1.722 g/cm³ y CBR 95% de 2.39%, por lo que se considera de capacidad de soporte pobre. La adición de resina de pino y mucílago de nopal redujo el índice de plasticidad entre 8% y 15%, alcanzando valores mínimos de 12.87% (7.5% de resina) y 12.82% (12% de mucílago), cumpliendo en todos los casos el criterio $IP < 17$. En compactación, la resina de pino incrementó la MDS hasta 1.776 g/cm³ y redujo el contenido óptimo de humedad a alrededor de 12.9%, mientras que el mucílago disminuyó la MDS hasta 1.669 g/cm³ y elevó la humedad óptima cerca de 19.85%. En capacidad de soporte, el CBR 95% se incrementó de 2.39% a 11.30% con 7.5% de resina y a 10.39% con 12% de mucílago, clasificando los tratamientos desde "buena" hasta "excelente" según el MTC vecinal. Se concluye que la resina de pino y el mucílago de nopal constituyen aditivos naturales técnicamente viables para el mejoramiento de suelos arcillosos de subrasante en la carretera Llalli – Cupi, al reducir la plasticidad e incrementar de forma significativa el CBR respecto al suelo natural. Las dosificaciones de 5–7.5% de resina de pino y 8–12% de mucílago de nopal mostraron los mejores desempeños, permitiendo pasar de una subrasante con capacidad de soporte pobre a categorías buena y excelente.

Palabras clave: Mejoramiento de suelos, Subrasante, Suelos arcillosos, Estabilización de suelos, Aditivos naturales.



ABSTRACT

This thesis, entitled "Improvement of the Properties of Clay Subgrade Soils Using Pine Resin and Nopal Mucilage on the Llalli – Cupi Highway 2024," aimed to improve the properties of clay subgrade soils using pine resin and nopal mucilage on the Llalli – Cupi highway. A quantitative, applied, explanatory-level, experimental laboratory design was used in the research. The natural soil was classified as ML/CL, with 59.77% fines, a plasticity index of 15.07%, a maximum dry density of 1.722 g/cm³, and a 95% CBR of 2.39%, thus indicating poor bearing capacity. The addition of pine resin and nopal mucilage reduced the plasticity index between 8% and 15%, reaching minimum values of 12.87% (7.5% resin) and 12.82% (12% mucilage), meeting the criterion of $PI < 17$ in all cases. In terms of compaction, pine resin increased the dry density (DDS) to 1.776 g/cm³ and reduced the optimum moisture content to approximately 12.9%, while the mucilage decreased the DDS to 1.669 g/cm³ and raised the optimum moisture content to approximately 19.85%. Regarding bearing capacity, the 95% CBR increased from 2.39% to 11.30% with 7.5% resin and to 10.39% with 12% mucilage, classifying the treatments from "good" to "excellent" according to the local MTC (Methodological Construction Test). It is concluded that pine resin and nopal mucilage are technically viable natural additives for improving clay soils in the subgrade of the Llalli-Cupi highway, as they reduce plasticity and significantly increase the CBR compared to the natural soil. Dosages of 5–7.5% pine resin and 8–12% nopal mucilage showed the best performance, improving the subgrade from poor bearing capacity to good and excellent categories.

Keywords: Soil improvement, Subgrade, Clay soils, Soil stabilization, Natural additives.



INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial constituye uno de los pilares fundamentales para el desarrollo económico y social del Perú, especialmente en las zonas rurales andinas donde las carreteras son el principal medio de integración territorial, acceso a servicios básicos y articulación de la producción agropecuaria con los mercados. En regiones como Puno, las condiciones geográficas, climáticas y geotécnicas adversas incrementan la vulnerabilidad de la red vial, generando elevados costos de mantenimiento, frecuentes interrupciones del tránsito y un impacto negativo en la calidad de vida de la población.

La carretera Llalli – Cupi, ubicada en la provincia de Melgar, departamento de Puno, es una vía de importancia estratégica para la comunicación entre centros poblados rurales y la articulación con corredores viales de mayor jerarquía. Sin embargo, la presencia predominante de suelos arcillosos en la subrasante, sumada a un clima de heladas, lluvias estacionales intensas y deficiente drenaje superficial y subterráneo, favorece la aparición de deformaciones, baches, pérdida de nivel de servicio y reducción de la seguridad vial. Estas condiciones se traducen en mayores tiempos de viaje, incremento de costos de operación vehicular y mayor riesgo de accidentes, afectando directamente a las comunidades de la zona.

Desde el punto de vista geotécnico, los suelos arcillosos de subrasante suelen presentar alta plasticidad, baja capacidad de soporte y marcada sensibilidad a los cambios de humedad. Esto se refleja en valores reducidos de CBR, índices de plasticidad elevados y dificultades para alcanzar grados de compactación adecuados, lo que limita su desempeño como capa de fundación de los pavimentos. Tradicionalmente se ha recurrido a métodos de estabilización química con cal o cemento; sin embargo, estas alternativas implican costos elevados, dependencia de insumos industriales y un impacto ambiental significativo por las altas emisiones asociadas a su producción.



En ese contexto, surge la necesidad de explorar alternativas de estabilización más sostenibles, económicamente viables y adaptadas a la realidad rural andina. El empleo de aditivos naturales como la resina de pino y el mucílago de nopal se presenta como una opción innovadora para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de suelos arcillosos de subrasante, aprovechando recursos de origen vegetal de potencial disponibilidad regional y reduciendo el impacto ambiental frente a estabilizantes tradicionales. Estas sustancias, por su composición y comportamiento, pueden contribuir a modificar la plasticidad, la compactación y la capacidad de soporte del suelo.

La tesis consta por 4 capítulos:

Capítulo I: Se presenta el problema central de la investigación, el entorno del estudio, las cuestiones clave a tratar y los objetivos que guiarán el proceso. Además, se justifica su relevancia académica e impacto en la investigación.

Capítulo II: Se definen los conceptos esenciales para el análisis, basados en diversas fuentes académicas y profesionales, asegurando coherencia en su uso a lo largo del estudio.

Capítulo III: Se describe el diseño metodológico, incluyendo los pasos para recopilar y analizar los datos, el enfoque adoptado, y las herramientas y técnicas para garantizar resultados fiables.

Capítulo IV: Se presentan y analizan los resultados obtenidos, interpretándolos según los objetivos del estudio, para establecer conclusiones y reflexionar sobre su impacto.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Situación problemática.

A nivel internacional se reconoce que los caminos rurales construidos sobre suelos arcillosos presentan alta tasa de deterioro por su baja capacidad portante, elevada plasticidad y gran sensibilidad a la humedad, lo que genera deformaciones, baches y pérdida prematura de servicio (CAF, 2020). Diversos estudios en redes rurales de América Latina señalan que la saturación de la subrasante, la deficiente compactación y la ausencia de soluciones adecuadas de estabilización en suelos finos son factores clave que incrementan los costos de mantenimiento y el riesgo de interrupción del tránsito, sobre todo en temporada de lluvias (CAF, 2020; López & Salazar, 2021). En este contexto, si bien se ha avanzado en la estabilización de suelos con cal y cemento, todavía existe una brecha de investigaciones aplicadas sobre el uso de aditivos naturales que mejoren el CBR y la resistencia de subrasantes arcillosas con menor impacto ambiental (García-Ynoñán, 2021; Torres & Medina, 2022).

En el Perú persiste una importante brecha en la calidad de la red vial departamental y vecinal, especialmente en zonas andinas donde predominan caminos no pavimentados sobre suelos arcillosos de baja capacidad de soporte (CEPLAN, 2021). El Manual de Carreteras del MTC reporta que muchos suelos de subrasante evaluados en vías



departamentales y vecinales alcanzan valores de CBR menores al 6%, por lo que se consideran subrasantes blandas o inadecuadas para el soporte de pavimentos si no se someten a procesos de estabilización (MTC, 2014). Investigaciones recientes en distintas regiones del país confirman que estos suelos presentan alta plasticidad, dificultades para lograr densidades secas máximas adecuadas y CBR por debajo de lo exigido, por lo que se han ensayado métodos de estabilización con cal, cemento y otros aditivos químicos, con resultados favorables, pero con costos altos y significativa huella de carbono (Ayala Guevara, 2025; García-Ynoñán, 2021; Romero Villajuan, 2022).

En la región Puno, el diagnóstico de brechas de infraestructura indica que una parte importante de la red vial departamental y vecinal se encuentra en estado regular o malo, con limitaciones de transitabilidad que afectan la integración de comunidades rurales (Gobierno Regional de Puno, 2023). La Contraloría ha identificado deficiencias en el mantenimiento de carreteras, como falta de bacheo oportuno y drenaje deficiente, que aceleran el deterioro estructural y aumentan el riesgo para los usuarios (Contraloría General de la República, 2022).

En este contexto se ubica la carretera Llalli–Cupi, en la provincia de Melgar, donde predominan suelos finos arcillosos en la subrasante que, por su alta plasticidad y baja capacidad de soporte, favorecen la aparición de deformaciones, encharcamientos y daños recurrentes, elevando los costos de mantenimiento y afectando la conectividad local (Gobierno Regional de Puno, 2023). Si bien en otras regiones del país se ha demostrado que aditivos naturales como la resina de pino y el mucílago de nopal pueden incrementar significativamente el CBR y mejorar la resistencia de suelos arcillosos (Tanta Prado, 2022; Bautista Rafaele, 2023), en la carretera Llalli–Cupi aún no se han evaluado estas alternativas. Esta ausencia de estudios locales mantiene la dependencia de métodos de estabilización más costosos y menos sostenibles, y plantea la necesidad de investigar el potencial de estos aditivos naturales para el mejoramiento de la subrasante de dicho tramo vial.



1.2 Planteamiento del problema.

1.2.1 *Problema General.*

¿Cómo mejorar las propiedades de suelos arcillosos de subrasante con empleo de resina de pino y mucílago de nopal en la carretera Llalli – Cupi 2024?

1.2.2 *Problemas Específicos.*

- 1) ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupi 2024?
- 2) ¿Cuál es el impacto del empleo de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas sobre el índice plástico de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupi 2024?
- 3) ¿Cuál es el efecto de la incorporación de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas sobre el grado de compactación de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupi 2024?
- 4) ¿Cuál es la incidencia de la aplicación de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas sobre el CBR de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupi 2024?

1.3 Objetivos de la investigación.

1.3.1 *Objetivo General*

Mejorar las propiedades de suelos arcillosos de subrasante con empleo de resina de pino y mucílago de nopal en la carretera Llalli – Cupi 2024.

1.3.2 *Objetivos Específicos.*

1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupi 2024.



2. Determinar el impacto del empleo de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas sobre el índice plástico de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupi 2024.
3. Determinar el efecto de la incorporación de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas sobre el grado de compactación de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupi 2024.
4. Determinar la incidencia de la aplicación de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas sobre el CBR de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupi 2024.

1.4 Justificación de la investigación.

1.4.1 Justificación Teórica

La investigación se justifica teóricamente porque aporta al campo de la geotecnia vial evidencia sobre el comportamiento de suelos arcillosos de subrasante estabilizados con aditivos naturales, específicamente resina de pino y mucílago de nopal. Actualmente, la literatura se concentra mayoritariamente en estabilización con cal, cemento y otros aditivos químicos, existiendo menos desarrollos sistemáticos sobre biopolímeros y materiales de origen vegetal aplicados a carreteras. El estudio permitirá generar datos experimentales sobre variaciones del índice de plasticidad, grado de compactación y CBR al incorporar estos aditivos en distintas dosificaciones, lo que contribuirá a ampliar los modelos conceptuales de estabilización de suelos finos y a validar, en condiciones altoandinas, enfoques alternativos de mejoramiento de subrasantes.

1.4.2 Justificación Práctica

Desde la perspectiva práctica, el trabajo busca entregar un procedimiento claro y verificable para mejorar las propiedades de suelos arcillosos de subrasante en la carretera Llalli–Cupi mediante el empleo de resina de pino y mucílago de nopal. Los resultados de



laboratorio sobre límites de Atterberg, compactación Proctor y CBR permitirán definir dosificaciones óptimas y recomendaciones técnicas aplicables en campo, que pueden ser utilizadas por municipalidades, gobiernos regionales y profesionales de la ingeniería civil en proyectos de mejoramiento o mantenimiento vial. La metodología propuesta (toma de muestras, preparación de aditivos, mezclado, compactación y evaluación mecánica) servirá como guía replicable en otros tramos con condiciones geotécnicas similares, facilitando decisiones de diseño y construcción de subrasantes más resistentes y durables.

1.4.3 Justificación Social

La justificación social radica en que la carretera Llalli–Cupi constituye un eje de articulación fundamental para comunidades rurales del distrito de Llalli y Cupi, que dependen de esta vía para acceder a servicios de salud, educación, mercados y centros administrativos. El deterioro prematuro de la carretera, asociado a subrasantes arcillosas de baja capacidad de soporte, se traduce en mayores tiempos de viaje, dificultad de transporte de productos agropecuarios y aumento del riesgo de accidentes, afectando directamente la calidad de vida de la población. Al proponer una alternativa de mejoramiento de subrasante técnica y económicamente viable, la investigación contribuye a que, en el mediano plazo, se puedan reducir las interrupciones del servicio, facilitar la movilidad y fortalecer la integración social y económica de las comunidades beneficiarias.

1.4.4 Justificación Económica

En el plano económico, la investigación es pertinente porque la estabilización tradicional con cal o cemento implica costos elevados de adquisición y transporte, especialmente en zonas altoandinas alejadas de centros de producción. El uso de resina de pino y mucílago de nopal se plantea como una alternativa potencialmente más accesible y con posibilidad de aprovechar recursos locales o regionales, lo que podría disminuir los costos directos de materiales y la dependencia de insumos industriales. Además, al incrementar el CBR y mejorar el comportamiento de la subrasante, se espera reducir la

frecuencia y magnitud de intervenciones de mantenimiento correctivo, generando ahorros a lo largo del ciclo de vida de la carretera. Los resultados del estudio ofrecerán información para comparar, a nivel de costos relativos, la viabilidad de esta solución frente a métodos convencionales.

1.4.5 Justificación Ambiental

Finalmente, la justificación ambiental se sustenta en la necesidad de reducir el impacto ecológico asociado a las obras viales. La producción de cemento y cal está ligada a un alto consumo energético y a la emisión significativa de gases de efecto invernadero, mientras que los aditivos naturales como la resina de pino y el mucílago de nopal proceden de fuentes renovables y no requieren procesos industriales intensivos. El empleo de estos materiales como estabilizantes contribuye a disminuir la huella de carbono de los proyectos de mejoramiento vial y favorece el enfoque de infraestructura sostenible.

1.5 Hipótesis de la Investigación.

1.5.1 Hipótesis General.

Las propiedades de suelos arcillosos de subrasante con empleo de resina de pino y mucílago de nopal en la carretera Llalli – Cupi 2024, mejorarán según el porcentaje de incorporación de los materiales estudiados.

1.5.2 Hipótesis Específicas.

1. Las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupi 2024, serán de plasticidad alta y baja resistencia.
2. El impacto del empleo de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas disminuirá el índice plástico de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupi 2024.



3. El efecto de la incorporación de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas optimizará el grado de compactación de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupi 2024.
4. La incidencia de la aplicación de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas aumentará considerablemente el CBR de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupi 2024.

1.6 Variables e indicadores.

1.6.1 Variable Independiente.

VI: 1 Resina de pino

VI: 2 Mucilago de nopal.

Dimensiones:

- % de Resina de pino: 0%, 2.5%, 5%, 7.5%
- % de Mucilago de nopal: 0%, 4%, 8%, 12%

1.6.2 Variable Dependiente

Propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso de subrasante.

Dimensiones:

- Plasticidad
- Grado de compactación
- Capacidad de soporte

1.7 Operacionalización de Variables.



Tabla 1

Cuadro de Operación de variables.

Variable Independiente	Definición	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Inst. Medición	Tipo
Resina de pino	Proporción en porcentaje de resina de pino y mucílago de nopal incorporados al suelo arcilloso de subrasante de la carretera Llalli – Cupi para modificar sus propiedades físicas y mecánicas.	% de Resina de pino	% peso total sobre el suelo natural	2.5% - 7.5%	Balanza, dosificación	Numérico discreto
Mucílago de nopal		% de Mucilago de nopal		4% - 12%	Balanza, dosificación	Numérico discreto
Variable Dependiente	Definición	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Inst. Medición	Tipo
Propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso de subrasante	Comportamiento del suelo arcilloso de subrasante frente a cambios de humedad, compactación y carga, expresado mediante índice de plasticidad, grado de compactación y CBR, antes y después del tratamiento con resina de pino y mucílago de nopal.	a) Plasticidad	%	- IP de 15.07% a ≈12.8%	Ensayos de límites de Atterberg, Proctor modificado y CBR según NTP/MTC.	Numérico continua
		b) Grado de compactación	g/cm ³ mm	- MDS de 1.722 a 1.776 g/cm ³		Numérico continua
		c) Capacidad de soporte	%	- CBR 95% de 2.39% hasta ≈11% y ≈10%		Numérico continua



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación.

2.1.1 *Antecedentes Internacionales.*

Según, Rodríguez (2019) su estudio "Análisis comparativo de la compactación y humedad de la subrasante natural y la subrasante utilizando productos químicos biodegradables (terrasil), de la vía ecológica del cantón Quevedo, provincia de los ríos". El proyecto consistió en utilizar TerraSil, una sustancia biodegradable, para mejorar la subrasante de una carretera ecológica. La selección de este material se basó en su capacidad para mejorar la compactación del suelo y reducir los niveles de humedad, creando así una capa impermeable que no afecta las cualidades físicas ni el índice del suelo. La aplicación de TerraSil no solo pretendía mejorar las propiedades mecánicas del suelo, sino también contribuir a un método de construcción de carreteras más responsable con el medio ambiente. A intervalos regulares de 500 metros a lo largo de la ruta de 3822 metros, se excavaron pozos de sondeo para recolectar muestras representativas. Estas muestras se sometieron a una serie de experimentos para analizar sus características. Se realizaron varias pruebas fundamentales en las muestras extraídas. Estas pruebas incluyeron los límites de Atterberg, el contenido óptimo de humedad, la densidad máxima, la prueba de compactación (Proctor Modificado) y el CBR (Ratio de Carga de California).



La prueba Proctor modificada se realizó para evaluar el rendimiento de TerraSil en comparación con el suelo natural y el suelo pedregoso enriquecido, que suele utilizarse en cimentaciones y subbases. Específicamente, se aplicaron varios porcentajes de TerraSil, incluyendo 2%, 4%, 6% y 8%. Con base en los hallazgos, se determinó que el suelo tratado con TerraSil mostró mejores características de compactación, mayor capacidad portante y un rendimiento superior en comparación con el suelo natural y el suelo suplementado con minerales. Después de siete días, los estudios concluyeron que la aplicación de TerraSil resultó en una mejora del 14% en la capacidad portante del suelo. Además, se observó una disminución notable en la cantidad de humedad presente en el suelo, que fue un 27,86% menor durante el mismo período. Estos hallazgos demuestran las ventajas económicas y de eficiencia de utilizar TerraSil en lugar de material pedregoso. El producto biodegradable reduce la necesidad de transportar grandes cantidades de material, lo que se traduce en una reducción considerable de los gastos de transporte. Este método no solo mejora la calidad del suelo, sino que también ofrece una alternativa más económica y ecológica para el desarrollo de infraestructura vial.

Según, Badillo y Guachamín (2023) su estudio "Estabilización de suelos arcillosos mediante la utilización de cal viva y caucho reciclado de neumáticos, para mejoramiento de la subrasante en estructuras de pavimento flexible, en la urbanización 21 de enero (Ciudad: Tena)". El propósito de este proyecto de investigación es mejorar las propiedades de la subrasante de pavimentos flexibles en la Urbanización 21 de Enero de la ciudad de Tena mediante la estabilización de suelos arcillosos con cal viva y caucho reciclado. Para investigar cómo la incorporación de estos materiales afecta la capacidad portante, la densidad y el contenido de humedad del suelo, el objetivo de este estudio es realizar una evaluación comparativa técnica y económica. Como resultado de los experimentos de laboratorio realizados con muestras de suelo natural, suelo estabilizado con cal viva y suelo mejorado con caucho reciclado, fue posible detectar las variaciones en las cualidades físicas de cada tipo de suelo. En concreto, se utilizaron tres niveles de mezcla diferentes



en los experimentos, y los porcentajes de cal viva y caucho reciclado utilizados variaron. Los resultados de estas pruebas proporcionaron información relevante sobre el aumento de la capacidad portante y la densidad del suelo, así como la disminución de la humedad, características esenciales para mantener la estabilidad y durabilidad de la infraestructura vial. Los datos obtenidos en los experimentos de laboratorio se examinaron y recopilamos meticulosamente, lo que permitió evaluar con precisión el rendimiento de cada combinación en comparación con el suelo natural sin tratamiento. Tras la recopilación de datos, se dimensionó la estructura del pavimento flexible utilizando los distintos suelos mejorados. Este estudio permitió comparar los espesores necesarios para cada opción y calcular el presupuesto previsto para cada una. Finalmente, se realizó un análisis exhaustivo que consideró los espesores necesarios de la capa de pavimento, así como los gastos asociados a cada una de las posibilidades. Para la estabilización de suelos arcillosos para pavimentos flexibles, el análisis de estos factores proporcionó una visión clara de las ventajas y desventajas económicas del uso de cal viva y caucho reciclado. Se concluyó cuál es la opción más rentable y eficaz para su implementación en la región en este momento.

Según, Lozano et al (2017) su tesis "Análisis del mejoramiento de un suelo de subrasante con un aditivo orgánico". La red vial terciaria de Colombia, compuesta principalmente por material pavimentado, atraviesa actualmente una grave crisis debido a la falta de mantenimiento continuo. Esta situación se agrava por los limitados recursos asignados a la infraestructura vial en estas regiones. Esta investigación se llevó a cabo con el objetivo de determinar si una sustancia orgánica derivada de la melaza de caña de azúcar puede utilizarse como estabilizador alternativo para la red vial terciaria. Al ser una formulación líquida natural y no tóxica que contiene enzimas capaces de mejorar las cualidades del suelo, este producto ofrece una alternativa sostenible y económica para su aplicación en la construcción de infraestructura vial. Está basado en materiales orgánicos. En el contexto actual, donde las tecnologías respetuosas con el medio ambiente cobran



importancia, el uso de estabilizadores orgánicos representa una alternativa viable a los productos químicos convencionales disponibles. El propósito de esta investigación fue evaluar y determinar el comportamiento mecánico de este estabilizador orgánico, conocido como Terrazyme, para mejorar la calidad del suelo e investigar su capacidad para soportar cargas vehiculares. Se realizaron diversas pruebas de laboratorio, como la distribución granulométrica, los límites de Atterberg, la prueba Proctor estándar, la prueba de expansión CBR, el contenido de materia orgánica por ignición y la prueba de compresión libre, en una muestra obtenida de una carretera ubicada en el barrio Chenche Asoleados del municipio de Purificación. Para determinar el efecto de la adición en las propiedades del suelo, especialmente en su resistencia y durabilidad bajo carga, se compararon cuidadosamente los datos obtenidos en los experimentos de laboratorio. Los resultados de esta comparación permitieron extraer conclusiones importantes sobre la eficacia de Terrazyme como estabilizador para mejorar la capacidad portante del suelo y sus propiedades mecánicas. En conclusión, se formularon recomendaciones sobre el uso de este estabilizador orgánico en la red vial terciaria. Estas recomendaciones resaltaron las ventajas de este tipo particular de estabilizador orgánico en comparación con las técnicas convencionales de estabilización del suelo, incluyendo su costo, accesibilidad y sostenibilidad.

2.1.2 Antecedente Nacionales.

Según, Tanta (2022) su tesis "Influencia del mucílago de nopal en el mejoramiento de la subrasante de suelo arcilloso de la carretera Rosario-Sivia, Ayacucho, 2022". El propósito principal de este estudio fue investigar el efecto que la incorporación de mucílago de cactus en la subrasante de una carretera tendría sobre su calidad general. En este estudio, se utilizó una técnica cuantitativa, un diseño cuasiexperimental y un enfoque explicativo. La subrasante de la autopista Rosario-Sivia fue la población que se investigó para este estudio. Más precisamente, la subrasante se ubicó en los kilómetros 14+750, 15+250, 16+500 y 17+750. La extracción de muestras de suelo se realizó en cada uno de



estos lugares mediante zanjas de 1,5 metros de profundidad. Se realizaron varias pruebas de laboratorio en las muestras que se recolectaron. Estas pruebas incluyeron distribución del tamaño de partícula, límites de consistencia, Proctor modificado, resistencia a la compresión simple y resistencia a la compresión simple. Se utilizaron cuatro grupos de control, cada uno con una cantidad diferente de mucílago de cactus agregado al suelo: 0%, 3%, 6% y 9%. Esto se realizó para evaluar la influencia del mucílago de cactus en los parámetros del suelo. El aumento de la cantidad de mucílago de cactus añadido al suelo produjo un aumento considerable en sus propiedades mecánicas, como lo demuestran los hallazgos de la investigación. En concreto, la resistencia a la compresión simple del material aumentó gradualmente al aumentar la dosis de mucílago de cactus, alcanzando valores de 3,4 kg/cm², 8,5 kg/cm², 18,2 kg/cm² y 25,9 kg/cm², respectivamente. Asimismo, el índice CBR a una densidad del 95% mostró aumentos del 3,6%, 7,4%, 10,1% y 14,3%, respectivamente, en función de la cantidad de mucílago añadido. Según estos hallazgos, el mucílago de cactus tiene un efecto beneficioso en la capacidad portante del suelo, lo que resulta en un aumento de su resistencia a la compresión y cambios en su comportamiento al ser sometido a cargas de vehículos. Por otro lado, a medida que se incrementó la dosis de mucílago de cactus, también se detectaron algunos efectos adversos. A medida que aumentó la cantidad de mucílago de cactus, hubo un aumento correspondiente en el nivel ideal de humedad, que pasó del 24,1% al 29,7%. Además, se observó que la densidad seca máxima del suelo disminuyó algo con el aumento de aditivo, fluctuando entre 1.655 toneladas/m³ y 1.566 toneladas/m³ durante el transcurso del experimento. Una adición ideal de nueve por ciento de mucílago de cactus demostró ser el método más eficaz para lograr la mejora deseada en las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante, a pesar de que la densidad había disminuido. Se encontró que esta dosis en particular fue la más eficiente para mejorar las cualidades del suelo, lo que sugiere que el mucílago de cactus puede ser una opción viable y ecológicamente amigable para la estabilización del suelo en el desarrollo de infraestructura vial.



Según, Callo y Yapu (2022) su tesis, "Influencia de la resina de pino con óxido de cal en las propiedades de la subrasante, vía Vilcapaza – Ayrampuni, Puno, 2022". Este proyecto busca determinar los efectos de una mezcla de resina de pino y óxido de cal (2022) en las características de la subrasante de la carretera Vilcapaza-Ayrampuni en Puno. Esta investigación se basó en un nivel explicativo, una técnica aplicada, un enfoque cuantitativo y un diseño cuasiexperimental. Según la muestra de referencia, las muestras C-1, C-2 y C-3 presentaron valores iniciales de limitación de consistencia (CL) de 17,54 %, 17,54 % y 19,47 %, respectivamente. Asimismo, se obtuvieron densidades secas máximas (DMS) de 1,790, 1,768 y 1,756 g/cc mediante la prueba de Proctor modificada. Se calcularon los siguientes valores para la Tasa de Carga de California (CBR): 5,13%, 5,39% y 5,37% para el contenido de humedad ideal (OMC), respectivamente: 21,43%, 20,39% y 22,41%. La adición de 3% de óxido de cal (LCO) y 8% de resina de pino (PR) mejoró significativamente las propiedades del suelo, lo que indica que esta combinación afectó significativamente la calidad del suelo, como se muestra en análisis de muestras posteriores. Los límites de consistencia (CL) más actuales para las muestras C-1, C-2 y C-3 fueron 12,24%, 14,87% y 17,83%, respectivamente. A partir de estos hallazgos, parece que el suelo tratado ahora es menos flexible que antes. Cada muestra documentó una densidad seca máxima (MDD) de 1813 g/cc, 1825 g/cc y 1818 g/cc, lo que indica un aumento. Durante el período de monitoreo, parece que la compactación del suelo ha mejorado. Se observó una mayor resistencia a la humedad del suelo en valores de OMC de 15.02%, 16.27% y 19.09%, respectivamente. Las pruebas que miden la resistencia a la compresión (CBR) indicaron que el suelo tratado con óxido de cal y resina de pino tuvo una mayor capacidad de carga. Las muestras C-1, C-2 y C-3 tuvieron valores coincidentes de 7.50%, 7.60% y 7.10%, respectivamente. Los resultados mostraron que la inclusión de 3% de OM y 8% de RR en la subrasante investigada mejoró sus cualidades mecánicas y físicas, lo que a su vez aumentó su resistencia y estabilidad. Cuando se utiliza como estabilizador de suelos, esta combinación mejora las cualidades de la subrasante de la



Carretera Vilcapaza-Ayrampuni, según los resultados. La red vial de la región podría volverse más fuerte y eficiente como resultado de esto.

Según, Rimachi y Sánchez (2022) su tesis "Incorporación de mucílago de tuna para el mejoramiento de las propiedades de la subrasante en Av. Los Olivos, Arequipa-2022". Durante el año 2022, se incorporó mucílago de tuna a la subrasante de la avenida Los Olivos en Arequipa. El objetivo de la investigación fue determinar su influencia en dichas propiedades. Para lograr este objetivo, se empleó una técnica con un diseño experimental, un enfoque cuantitativo y un nivel explicativo. Para este estudio, la población consistió en una sección de 430 metros de la subrasante de la avenida, y la muestra utilizada fueron calicatas de referencia. El objetivo de los experimentos fue estudiar los efectos de diferentes concentraciones de mucílago de tuna (5%, 6%, 7% y 8%) en las propiedades del suelo, específicamente en cuanto a su plasticidad, contenido de humedad, densidad seca máxima y capacidad portante. A diferentes dosis, la adición de mucílago de tuna demostró tener beneficios, como lo demuestran los hallazgos obtenidos. En particular, el índice de plasticidad (IP) disminuyó un 2,34 %, un 6,25 %, un 7,18 % y un 8,59 % a medida que aumentaba gradualmente la dosis de mucílago de tuna. Es posible que esta alteración indique una disminución de la flexibilidad del suelo, lo que indicaría una mayor estabilidad y una menor propensión a la deformación. Además, el contenido óptimo de humedad (COH) aumentó un 1,44 %, un 5,53 %, un 6,20 % y un 9,13 %, lo que indica una mejora en la capacidad del suelo para retener agua sin sacrificar su resistencia. De igual manera, la densidad seca máxima (DMS) aumentó un 0,06 %, un 0,79 %, un 0,90 % y un 1,02 %, lo que indica una mejora en la compactación del material, lo que se tradujo en un aumento de la estabilidad de la subrasante. Se observó un aumento considerable en los valores de resistencia a la carga a medida que aumentaba la concentración de mucílago de tuna. Estos valores fueron 1,72 %, 3,45 %, 6,90 % y 13,79 %. La capacidad de carga del suelo se evaluó mediante el Índice de Carga de California (CBR) a una densidad seca del 100 %. Los hallazgos de este estudio indican que el mucílago de tuna tiene un efecto positivo



en la capacidad del suelo para soportar peso, especialmente cuando se administra en una dosis ideal del 8 %. En conclusión, la incorporación de mucílago de tuna a la subrasante tiene un impacto favorable en las características físicas y mecánicas del suelo. Esto resulta en un aumento de la resistencia, compactación y estabilidad del suelo, lo que puede contribuir a la mejora de la infraestructura vial en la Avenida Los Olivos.

2.1.3 Antecedentes locales.

Según, Jara (2024) su tesis "Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera (aserrín), en su comportamiento mecánico – deformacional para el mejoramiento de la subrasante, de las vías de la urbanización las gardenias de la ciudad de Juliaca". Los suelos arcillosos en carreteras presentan un problema común debido a su deficiente estado, especialmente cuando no cumplen los criterios de calidad necesarios para su uso como subrasantes. El objetivo de esta investigación fue mejorar la estabilidad de los suelos arcillosos en carreteras. Al ser sometidos a cargas, los suelos arcillosos, caracterizados por su alta plasticidad y baja resistencia, presentan dificultades de deformación. Esto compromete la longevidad y la utilidad de la infraestructura vial. Se sugirió el uso de ceniza de madera, especialmente aserrín, como estabilizador de suelos como solución a este problema. Esto se debe a las propiedades puzolánicas que pueden atribuirse a la presencia de sílice y aluminatos en la ceniza de madera. La pregunta principal que se investigó fue: ¿en qué medida la incorporación de ceniza de madera afecta la estabilidad de los suelos arcillosos? El objetivo principal de esta investigación fue investigar el efecto de la incorporación de ceniza de madera, también conocida como aserrín, en el comportamiento mecánico y deformativo de suelos arcillosos, con el fin de mejorar las características de la subrasante. Esto se logró mediante una técnica cuantitativa, junto con un diseño de investigación correlacional que empleó una estrategia hipotético-deductiva. Las muestras de suelo utilizadas en la investigación se obtuvieron de dos pozos de sondeo representativos del conjunto. Se realizaron experimentos en los que se añadió ceniza de madera a suelos arcillosos en diversas cantidades (5 %, 12 %, 18 %



y 25 %) para determinar en qué medida esta combinación alteraba las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arcillosos, en concreto su resistencia y comportamiento ante cargas. Los resultados de la investigación sugirieron que la incorporación de ceniza de madera al suelo en diversas concentraciones produjo cambios considerables en sus cualidades. La plasticidad del suelo se redujo en un 31 %, lo que indica un aumento de su trabajabilidad y estabilidad. Además, se observó un aumento en la capacidad portante del suelo, según lo determinado por el Índice de Portabilidad de California (CBR), con aumentos que oscilaron entre el 3,36 % y el 17,26 %. Según estos valores, el suelo estabilizado con ceniza de madera es capaz de cumplir con las condiciones necesarias para ser utilizado como subrasante en infraestructura vial. Además, hubo una disminución notable en la cantidad de deformación del suelo experimentada, que pasó del 29,82 % al 21,75 %. En conclusión, el uso de ceniza de madera como estabilizador no solo mejora las cualidades mecánicas de los suelos arcillosos, sino que también sirve como una opción rentable y respetuosa con el medio ambiente, lo que resulta en un buen impacto en el medio ambiente. Esto hace que el uso de ceniza de madera sea práctico para el propósito de la estabilización del suelo en la construcción de carreteras.

Según, Iquira (2022) su tesis "Estabilidad de suelos arcillosos con cenizas cisco de café para el mejoramiento de subrasante". El objetivo principal de este estudio fue investigar los efectos de la incorporación de ceniza de café molido (CBA) en suelos arcillosos para mejorar las cualidades de la subrasante y estabilizarlos. Los suelos arcillosos fueron el enfoque principal de este proyecto de investigación, realizado en la avenida Circunvalación, en el barrio San Pedro de Putina Punco de Sandia, Puno. Para mejorar las propiedades mecánicas del suelo y cumplir con los criterios de construcción de carreteras, se utilizaron tres concentraciones diferentes de ceniza de café molido: cinco por ciento, siete por ciento y nueve por ciento. Se realizaron pruebas de CBR (Índice de Carga de California) in situ y en laboratorio a una densidad seca máxima del 95 % para estimar el aumento de la capacidad de carga del suelo. Estas pruebas se realizaron



específicamente para evaluar el comportamiento del suelo. Los resultados obtenidos de las pruebas de CBR in situ revelaron que los valores promedio de CBR para los pozos C-1, C-2 y C-3 fueron de 6,59, 5,2 y 5,63, respectivamente. Estos valores indican que la capacidad portante del suelo es bastante baja. Por otro lado, las pruebas de CBR de laboratorio realizadas al 95 % de la densidad seca máxima revelaron valores comparables. El CBR para el pozo C-1 fue de 5,0, mientras que para el pozo C-2 fue de 4,6 y para el pozo C-3 fue de 4,8. Con base en los resultados presentados, parece que los suelos arcillosos en su forma natural no cumplen con los estándares establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) para su uso como subrasante. En cuanto a las recomendaciones del MTC, los suelos con un CBR inferior al 6 % deben estabilizarse o reemplazarse con materiales más adecuados. Sin embargo, cuando se introdujo ceniza de cascarilla de café en el suelo en concentraciones variables (5%, 7% y 9%), se notó una mejora notable en la capacidad del suelo para soportar peso. Se observó que el valor de CBR aumentó gradualmente a medida que aumentó el porcentaje de ceniza. El CBR en el tajo C-1 subió de 5.0% (suelo natural) a 6.7% con 5% de ceniza, 8.2% con 7% de ceniza y 10.1% con 9% de ceniza antes de alcanzar su punto más alto de 10.1%. El CBR también aumentó en los tajos C-2 y C-3, alcanzándose los mayores valores con una dosis de 9% de ceniza. Además, el CBR continuó creciendo. Según las sugerencias realizadas por el MTC, los hallazgos obtenidos indican que un CBR mayor de 6% se logra agregando 9% de ceniza de poso de café. Esto satisface los criterios de calidad que una subrasante debe cumplir para ser considerada aceptable. Esta opción es una alternativa práctica, económica y sostenible para la estabilización de suelos en la construcción de carreteras. En conclusión, se considera que un 9 % de ceniza de posos de café es la dosis óptima para mejorar las características mecánicas de los suelos arcillosos. Esto la convierte en una opción viable.

Según, Gonzales (2018) su Tesis "Comportamiento de las propiedades mecánicas del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada, en



la provincia de San Román, Puno". Este estudio de investigación se realizó en la carretera Juliaca-Mañazo, ubicada en la provincia de San Román, Puno. El objetivo principal fue examinar las propiedades mecánicas del suelo a lo largo de esta importante ruta. El objetivo principal del proyecto de investigación, llevado a cabo en 2017, fue investigar cómo la absorción de residuos de ladrillos de arcilla cocida triturados (también conocidos como ladrillo mecanizado) podría afectar las propiedades del suelo, en particular su integridad estructural y capacidad portante. La carretera en cuestión tiene una longitud de 22.097 kilómetros, y la investigación se centra en identificar el impacto de estos residuos en importantes cualidades del suelo. Estos valores incluyen el índice Proctor modificado, la humedad ideal y el índice de carga de California (CBR), factores vitales para la construcción y el mantenimiento del pavimento. La investigación se realizó mediante una técnica basada en pruebas de laboratorio realizadas de acuerdo con estándares internacionales. Esto garantizó la fiabilidad de los resultados. ASTM D-698, ASTM D-1557, AASHTO T-99 y T-180 son algunas de las normas utilizadas. Estas normas incluyen criterios para el examen Proctor modificado, así como para el Examen del Colegio de Abogados de California (CBR). Estas pruebas fueron necesarias para determinar la humedad y la capacidad portante ideales del suelo. Esta investigación permitió evaluar la eficacia de la incorporación de ladrillo triturado para mejorar las cualidades del suelo. Para garantizar la precisión de los resultados de las pruebas y que reflejaran las condiciones del terreno en la carretera Juliaca-Mañazo, las pruebas se realizaron de acuerdo con protocolos rigurosos. Los resultados de las pruebas de laboratorio proporcionaron información útil sobre las características del suelo tras la incorporación de la tecnología automatizada de fabricación de ladrillos. En el caso de la prueba Proctor modificada, el contenido ideal de humedad del suelo se determinó en 10,96 % tras la adición de residuos de ladrillo de arcilla cocida triturados. Esto indica que el suelo tiene suficiente capacidad para retener agua para su uso en la construcción de la subrasante. Además, la densidad seca máxima alcanzada fue de 2150 g/cm^3 , lo que demuestra que el suelo mejorado con este material posee una importante capacidad de compactación. Asimismo, la prueba CBR



reveló una capacidad portante del 13,2% del suelo mejorado, un resultado sustancial que indica una mejora significativa en la resiliencia del suelo a las cargas vehiculares. En conclusión, se puede afirmar que la inserción de residuos de ladrillo triturado en la subrasante de la carretera Juliaca-Mañazo es una opción viable para mejorar las propiedades mecánicas del suelo. Esto podría contribuir a la longevidad y estabilidad de la infraestructura vial de la región.

2.2 Bases teóricas.

2.2.1 Suelos arcillosos

Los suelos arcillosos constituyen uno de los tipos de suelo más complejos y críticos para la ingeniería civil debido a su composición mineralógica y propiedades físicas particulares. Se definen principalmente por estar formados por partículas minerales muy finas, con tamaños inferiores a 0.002 mm, lo que implica que su superficie específica es muy elevada (Das, 2020). Esta característica microscópica es responsable directa de su alta capacidad para retener agua y adsorber iones, factores que inciden en la plasticidad, cohesión y comportamiento higroscópico del suelo. En términos físicos, los suelos arcillosos exhiben una cohesión considerable y baja permeabilidad, condiciones que afectan el movimiento del agua y la respuesta mecánica del suelo bajo condiciones naturales y de carga (Benson, Daniel & Constantz, 2019).

La plasticidad, uno de los rasgos más importantes en estos suelos, es la capacidad que tiene el suelo para experimentar deformaciones permanentes sin fracturarse. Esta propiedad está estrechamente vinculada con los límites de Atterberg (límites líquido, plástico y de contracción), que definen la transición entre los estados sólido, plástico y líquido del suelo, y son indicadores clave del comportamiento mecánico frente a variaciones de humedad (Zhang, Liu & Wu, 2020). La alta plasticidad está asociada a un índice plástico elevado, lo cual implica que el suelo puede absorber grandes cantidades de agua, expandirse y volverse plástico, perdiendo resistencia y aumentando su



susceptibilidad a deformaciones y asentamientos diferenciales. Esta característica representa un desafío fundamental para la construcción de infraestructuras, pues compromete la estabilidad y durabilidad de las obras realizadas sobre estos suelos.

El comportamiento volumétrico de los suelos arcillosos —la capacidad para expandirse y contraerse con los ciclos de humedad y sequedad— genera esfuerzos internos y desplazamientos que pueden superar la capacidad resistente del suelo, originando problemas como grietas, deformaciones y fallas estructurales en pavimentos y cimentaciones (Khan, Ahmad & Tariq, 2021). Estos movimientos volumétricos no solo afectan la integridad física del suelo, sino que también alteran la distribución y magnitud de las tensiones transmitidas a las estructuras, haciendo que su diseño y mantenimiento sean complejos y costosos. Por lo tanto, la comprensión y mitigación de estos fenómenos es una prioridad en la ingeniería geotécnica.

La mineralogía de la arcilla juega un rol determinante en la magnitud de estos comportamientos. Diferentes tipos de minerales arcillosos, como la montmorillonita, caolinita o illita, tienen capacidades variables de absorción de agua y expansión (Gómez, Martínez & Salinas, 2021). Por ejemplo, la montmorillonita es reconocida por su gran capacidad de hinchamiento, lo que la convierte en un componente crítico en suelos expansivos. La identificación mineralógica y el análisis químico son, por tanto, imprescindibles para una adecuada caracterización del suelo y la selección de tratamientos de estabilización que mitiguen sus efectos adversos.

Para mejorar las propiedades mecánicas y reducir la sensibilidad a la humedad, se aplican diferentes técnicas de estabilización, como la incorporación de cal, cemento, aditivos químicos y materiales orgánicos que modifican las características del suelo (Ramírez, Silva & Torres, 2019). Estas técnicas actúan mediante procesos químicos que reducen la plasticidad, aumentan la cohesión y mejoran la resistencia a la compresión y capacidad portante del suelo. La elección del método adecuado depende de las condiciones específicas del suelo y los requisitos del proyecto, buscando un balance entre efectividad técnica, sostenibilidad ambiental y costos.



Los avances recientes en estabilización de suelos incluyen la utilización de materiales reciclados y productos naturales que ofrecen alternativas ecológicas a los estabilizantes convencionales (Benson et al., 2019). Esto responde a la creciente preocupación por minimizar el impacto ambiental en las obras civiles, promoviendo el uso responsable de recursos y la reducción de emisiones contaminantes asociadas a procesos industriales. Además, la modelación numérica y el análisis geotécnico avanzado permiten predecir con mayor precisión el comportamiento a largo plazo de los suelos tratados, optimizando los diseños y garantizando la seguridad estructural.

En conclusión, los suelos arcillosos presentan un conjunto de características físico-químicas y mecánicas complejas que requieren un análisis exhaustivo para su manejo en ingeniería. La correcta caracterización y aplicación de técnicas de estabilización son fundamentales para garantizar la estabilidad, durabilidad y funcionalidad de las infraestructuras construidas sobre estos suelos, especialmente en regiones donde la presencia de arcillas expansivas es predominante. Este conocimiento es crucial para minimizar riesgos, optimizar recursos y promover obras sostenibles y resilientes frente a las condiciones ambientales y de carga.

2.2.2 Importancia de la Subrasante en Carreteras

La subrasante es la capa natural del suelo que se encuentra directamente debajo de las capas de base y sub-base en la estructura del pavimento de una carretera. Esta capa actúa como soporte fundamental para toda la estructura vial, ya que es la encargada de recibir y distribuir las cargas que provienen del tránsito vehicular y otras cargas ambientales, como la presión hidrostática y variaciones térmicas (Torres, Ramírez & Mendoza, 2020). La función principal de la subrasante es proporcionar una base estable que garantice la integridad, durabilidad y funcionalidad del pavimento, evitando deformaciones excesivas y fallas prematuras. Su calidad, medida a través de parámetros físicos y mecánicos, como la resistencia al corte, densidad, contenido de humedad y capacidad portante, influye decisivamente en el comportamiento estructural de la vía.



Una subrasante de baja calidad, especialmente cuando está compuesta por suelos expansivos, arcillosos o con alta plasticidad, puede ocasionar graves problemas estructurales en la carretera (Gómez & Rodríguez, 2021). Estos suelos suelen presentar alta susceptibilidad a cambios volumétricos debido a variaciones en el contenido de humedad, lo que provoca movimientos de hinchamiento y retracción que generan tensiones internas y deformaciones no uniformes en el pavimento. Como resultado, se observan daños como grietas transversales y longitudinales, hundimientos localizados, fisuras y fallas en la capa de rodadura que comprometen la seguridad y confort del tránsito, además de aumentar los costos operativos y de mantenimiento. Por esta razón, la evaluación detallada y el mejoramiento de la subrasante son indispensables para garantizar la sostenibilidad de la infraestructura vial.

Los parámetros geotécnicos más relevantes para evaluar la subrasante incluyen el índice CBR (California Bearing Ratio), la densidad máxima seca, el contenido óptimo de humedad y la resistencia al corte (López, Vargas & Salazar, 2019). El CBR es un indicador clave que mide la capacidad del suelo para soportar cargas y es utilizado como referencia para el diseño de espesores de pavimentos flexibles y rígidos. Valores bajos de CBR en la subrasante sugieren la necesidad de técnicas de mejoramiento o sustitución del suelo para alcanzar los estándares de resistencia requeridos. Además, el control adecuado del contenido de humedad es fundamental para mantener la estabilidad de la subrasante, ya que el exceso de humedad puede reducir significativamente la resistencia y favorecer la aparición de deformaciones plásticas.

En la ingeniería civil, para mitigar las deficiencias de la subrasante, se emplean diversas técnicas de estabilización y mejoramiento del suelo. Estas incluyen la incorporación de aditivos químicos como cal, cemento, o cenizas, el uso de geosintéticos para reforzamiento, y la compactación mecánica controlada para alcanzar densidades óptimas (Pérez, Sánchez & Morales, 2021). La estabilización química modifica la composición mineralógica del suelo, disminuyendo su plasticidad y aumentando su resistencia y durabilidad, mientras que los geosintéticos distribuyen cargas y reducen el



movimiento del suelo. La selección del método más adecuado depende del tipo de suelo, condiciones climáticas, disponibilidad de materiales y costos asociados. El mejoramiento eficaz de la subrasante se traduce en una mayor vida útil del pavimento, menores costos de mantenimiento y mejor desempeño estructural a largo plazo.

Por último, la planificación y diseño de carreteras deben considerar cuidadosamente el análisis geotécnico de la subrasante desde las etapas iniciales del proyecto para evitar problemas futuros (Huang, 2004). Esto implica realizar estudios de campo y laboratorio que permitan caracterizar exhaustivamente el suelo, evaluar su capacidad portante y definir las estrategias de mejoramiento necesarias. Una subrasante correctamente diseñada y estabilizada contribuye no solo a la seguridad vial y confort del usuario, sino también a la sostenibilidad económica y ambiental del proyecto, al reducir la necesidad de reparaciones frecuentes y minimizar el impacto ambiental asociado a la construcción y mantenimiento vial.

2.2.3 Estabilización de Suelos

La estabilización de suelos es un proceso técnico y estratégico en ingeniería geotécnica que tiene como finalidad modificar y mejorar las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo natural para aumentar su capacidad portante, resistencia, durabilidad y estabilidad, con el objetivo de adecuarlo para su uso en la construcción de infraestructuras civiles, especialmente en pavimentos, carreteras, terraplenes y cimentaciones (Bashir, Khan & Ahmad, 2017). Este proceso es fundamental cuando se trabaja con suelos problemáticos, tales como suelos arcillosos expansivos, suelos limosos de baja cohesión o suelos granulares con baja densidad, que por sí solos no cumplen con los requisitos mínimos para soportar cargas estructurales o resistir condiciones ambientales adversas.

Tradicionalmente, la estabilización de suelos se ha realizado mediante la incorporación de aditivos químicos inorgánicos, principalmente cemento Portland, cal hidratada, bitumen y polímeros sintéticos (Oliveira, Silva & Pereira, 2019). Estos



estabilizantes funcionan mediante mecanismos químicos y físicos: por ejemplo, la cal reacciona con los compuestos de arcilla para reducir la plasticidad y mejorar la estructura granular; el cemento genera productos cementantes que aumentan la rigidez y resistencia; mientras que el bitumen proporciona impermeabilización y flexibilidad. Estos tratamientos permiten mejorar la resistencia al corte, disminuir la deformabilidad y controlar la humedad del suelo, aumentando la vida útil y funcionalidad de las estructuras viales. No obstante, el uso extensivo de estos materiales presenta desventajas ambientales y económicas significativas, tales como la alta emisión de dióxido de carbono durante la producción del cemento y la explotación intensiva de recursos naturales (Ramírez & Vásquez, 2021).

En respuesta a estas limitaciones, la investigación actual ha impulsado el desarrollo y aplicación de estabilizadores naturales o ecoamigables, que provienen de fuentes renovables, materiales orgánicos o residuos agrícolas y forestales, buscando soluciones sostenibles para la estabilización del suelo (Bashir et al., 2017). Ejemplos comunes incluyen el uso de mucílago de nopal, cenizas de biomasa, fibras vegetales, resinas naturales y otros polímeros biológicos que, además de ser abundantes y económicos, presentan un bajo impacto ambiental y pueden mejorar la estructura física y la resistencia mecánica del suelo. La incorporación de estos estabilizadores naturales puede modificar la plasticidad y granulometría del suelo, reducir la permeabilidad y mejorar la cohesión, haciendo que su uso sea viable en suelos problemáticos (Martínez & López, 2020).

Desde un punto de vista físico-mecánico, los estabilizadores naturales facilitan la formación de enlaces y puentes entre las partículas del suelo, mejorando la compacidad y aumentando la resistencia al corte y capacidad de carga (Oliveira et al., 2019). Algunos estudios demuestran que la adición de mucílago vegetal puede aumentar significativamente el CBR y la resistencia a la compresión simple, mientras que la aplicación de fibras naturales mejora la ductilidad y la resistencia al agrietamiento. Además, estos materiales pueden contribuir a la reducción de la contracción y expansión volumétrica en suelos arcillosos, mitigando los daños derivados de ciclos de humedad (Gómez et al., 2021). La combinación de métodos físicos (compactación adecuada) con la aplicación de



estabilizadores naturales potencia la eficiencia del mejoramiento del suelo, ofreciendo alternativas versátiles y adaptables a diferentes contextos geotécnicos.

Finalmente, el uso de estabilizadores naturales no solo mejora la calidad técnica del suelo sino que también ofrece beneficios sociales y ambientales, al promover la economía circular mediante el aprovechamiento de residuos agrícolas y forestales, disminuir la huella de carbono y minimizar la contaminación en los sitios de obra (Ramírez & Vásquez, 2021). La integración de estas prácticas en la ingeniería civil representa un avance hacia modelos constructivos más sostenibles y responsables, que responden a las demandas actuales de protección ambiental y eficiencia económica. Por tanto, la estabilización de suelos con aditivos naturales constituye una línea de investigación y aplicación clave para la mejora de la infraestructura vial y otras obras civiles, siendo necesario continuar con estudios que optimicen su dosificación, mecanismos de acción y comportamiento a largo plazo.

2.2.4 Resina de pino.

La resina de pino es una sustancia viscosa y compleja producida por árboles del género *Pinus*, cuya composición química incluye una mezcla de ácidos resínicos, terpenos, alcoholes y otros compuestos orgánicos que le confieren propiedades únicas de adhesión, aglutinación y resistencia química (Wang, Li & Chen, 2019). Tradicionalmente, esta resina ha sido utilizada en industrias como la farmacéutica, la fabricación de barnices, adhesivos y productos aromáticos. Sin embargo, en los últimos años, su aplicación en ingeniería civil ha cobrado relevancia debido a su potencial como estabilizante natural de suelos, aportando una alternativa sostenible frente a los materiales químicos convencionales (Singh & Singh, 2015).

Desde un enfoque geotécnico, la resina de pino mejora la cohesión entre las partículas minerales del suelo al formar una película aglutinante que une las partículas individuales, lo que resulta en una reducción significativa de la plasticidad y un incremento notable en la resistencia mecánica, especialmente en suelos arcillosos y otros suelos



problemáticos (Martínez, Pérez & Rodríguez, 2021). Esta capacidad aglutinante no solo incrementa la resistencia al corte, sino que también disminuye la permeabilidad del suelo, limitando la penetración y retención de agua, un factor crítico en la prevención de deformaciones volumétricas y daños estructurales causados por ciclos de humedad y sequedad. La mejora en estas propiedades contribuye a prolongar la vida útil de las infraestructuras viales y a reducir los costos de mantenimiento asociados a fallas prematuras.

Un aspecto crucial de la resina de pino como estabilizante es su biodegradabilidad y bajo impacto ambiental, características que contrastan favorablemente con estabilizantes tradicionales como el cemento o la cal, cuyos procesos de producción y aplicación generan una significativa huella de carbono y posibles contaminaciones del suelo y aguas subterráneas (Ramírez & López, 2020). La naturaleza orgánica y renovable de la resina de pino permite su integración en estrategias de construcción sostenible, alineándose con las políticas ambientales globales y las demandas de una ingeniería responsable. Asimismo, estudios recientes han demostrado que la incorporación de resinas naturales puede mejorar no solo las propiedades mecánicas, sino también la resistencia del suelo frente a agentes biológicos y químicos, aportando una mayor durabilidad a largo plazo (Gómez et al., 2021).

La investigación sobre la aplicación de resina de pino en la estabilización de suelos ha avanzado en la caracterización de sus propiedades químicas, su interacción con diferentes tipos de suelo y la optimización de las dosis para maximizar su efectividad. Experimentos de laboratorio han mostrado incrementos en el índice de resistencia a la compresión simple, capacidad portante medida por el CBR (California Bearing Ratio) y una disminución del índice plástico en suelos tratados con porcentajes controlados de resina (Martínez et al., 2021). Además, la combinación de resina de pino con otros estabilizantes, como el óxido de calcio, ha demostrado sinergias positivas que potencian las mejoras en la estabilidad y resistencia del suelo (Wang et al., 2019). Estos avances sugieren que la

resina de pino no solo es viable técnicamente, sino también económicamente competitiva, especialmente en regiones donde este recurso natural está disponible localmente.

Figura 1

Resina de pino



Nota. (Galego, 2022)

2.2.5 Mucilago de nopal

El mucílago de nopal es una sustancia gelatinosa y natural extraída del cactus *Opuntia ficus-indica*, que se caracteriza por su elevado contenido de polisacáridos, compuestos bioactivos que poseen propiedades modificadoras sobre las características físico-químicas del suelo (Rodríguez, Pérez & Silva, 2019). Estos polisacáridos actúan como agentes cohesivos y gelificantes, permitiendo que el mucílago se adhiera a las partículas minerales del suelo, lo que mejora la cohesión y reduce la plasticidad, aspectos esenciales para estabilizar suelos problemáticos. Su capacidad para retener agua y controlar la humedad dentro del perfil del suelo contribuye a mejorar la estabilidad volumétrica y la resistencia mecánica del terreno, especialmente en suelos arcillosos y



arenosos, que presentan desafíos para la ingeniería vial debido a su comportamiento deformable y sensibilidad a los cambios de humedad.

Desde una perspectiva química y estructural, el mucílago de nopal funciona formando una red polimérica que envuelve las partículas del suelo, modificando la matriz del suelo y sus interacciones internas (González & Martínez, 2020). Esta red crea puentes adhesivos que incrementan la cohesión interna y limitan el movimiento de las partículas, disminuyendo la susceptibilidad del suelo a la erosión, asentamientos diferenciales y deformaciones volumétricas. Además, el mucílago actúa regulando el contenido óptimo de humedad, facilitando una mejor compactación durante la construcción y manteniendo condiciones higrométricas estables bajo cargas dinámicas y condiciones climáticas cambiantes. Estas propiedades hacen del mucílago un estabilizante natural eficaz para mejorar la capacidad portante y la durabilidad de la subrasante en pavimentos flexibles y otras infraestructuras civiles.

En términos ambientales y de sostenibilidad, el mucílago de nopal se presenta como una alternativa ecológica y económica frente a estabilizantes convencionales como la cal, el cemento o los polímeros sintéticos, cuyos procesos de producción y aplicación conllevan altos costos energéticos y emisiones contaminantes (Rodríguez et al., 2019). La biodegradabilidad del mucílago, junto con su abundancia en regiones semiáridas y áridas, permite su utilización sin causar impactos negativos significativos sobre el ecosistema, promoviendo prácticas de construcción más responsables y adaptadas a la realidad local. Además, su uso fomenta la valorización de recursos naturales autóctonos, lo que puede impulsar el desarrollo de tecnologías apropiadas y la generación de empleo en comunidades rurales donde crece el nopal.

Diversos estudios experimentales recientes han validado la eficacia del mucílago de nopal en la estabilización de suelos. Por ejemplo, investigaciones han reportado incrementos significativos en el índice de resistencia al corte, la capacidad portante medida mediante el CBR, y una reducción importante del índice plástico, indicadores clave del mejoramiento del suelo tratado (González & Martínez, 2020). Estos resultados se han

obtenido mediante ensayos de laboratorio y pruebas in situ, que muestran la mejora del comportamiento mecánico y volumétrico del suelo tratado con diferentes concentraciones de mucílago. Asimismo, se han evidenciado efectos positivos en la durabilidad del suelo frente a ciclos repetidos de humedad y sequedad, lo que es fundamental para garantizar la vida útil de la infraestructura vial.

Figura 2

Nopal



2.3 Marco conceptual

a) Suelos arcillosos

Los suelos arcillosos están formados por partículas minerales muy finas, menores a 0.002 mm, lo que les confiere una alta superficie específica. Presentan alta plasticidad, lo que significa que pueden deformarse considerablemente sin fracturarse. Además, tienen baja permeabilidad y tienden a sufrir expansiones y contracciones volumétricas con cambios de humedad.

b) Subrasante

La capa natural de suelo situada directamente debajo de las capas de base y sub-base del pavimento. Su función principal es soportar y repartir las cargas provenientes del



tránsito y otros factores ambientales. La calidad de esta capa es crucial para evitar deformaciones y fallas prematuras en la carretera. Una subrasante bien preparada mejora la durabilidad y desempeño del pavimento.

c) Estabilización de suelos

La estabilización de suelos es un proceso mediante el cual se modifican las propiedades físicas y mecánicas del suelo para mejorar su resistencia, durabilidad y capacidad de carga. Se emplean aditivos químicos, como cemento o cal, o materiales naturales, para optimizar la cohesión y reducir la plasticidad.

d) Resina de pino

Sustancia viscosa natural producida por árboles del género *Pinus*. Se utiliza como estabilizante debido a sus propiedades adhesivas y aglutinantes que mejoran la cohesión del suelo. Su uso reduce la plasticidad y aumenta la resistencia mecánica del suelo tratado. Además, la resina es biodegradable y presenta bajo impacto ambiental, constituyendo una alternativa sostenible frente a estabilizantes químicos convencionales. Esto la convierte en una opción prometedora para la ingeniería vial.

e) Mucílago de nopal

El mucílago de nopal es una sustancia gelatinosa extraída del cactus *Opuntia ficus-indica*, rica en polisacáridos naturales. Se emplea como estabilizante para mejorar la cohesión y reducir la plasticidad de suelos arcillosos y arenosos. Además, aumenta la capacidad de retención de humedad, ayudando a controlar las variaciones volumétricas. Su origen natural y biodegradabilidad lo hacen una alternativa ecológica frente a aditivos químicos. Estudios recientes confirman su efectividad en estabilización de suelos.

f) Índice plástico

Una medida de la capacidad del suelo para conservar sus características plásticas a diferentes niveles de humedad es el índice de plasticidad. El límite plástico del suelo se resta de su límite líquido para obtener este valor. Una propiedad mecánica importante del suelo es su resistencia a la compresión, que se refleja en este índice. Los suelos



expansivos y problemáticos suelen tener un índice de plasticidad alto. Las evaluaciones de idoneidad del suelo para proyectos de construcción se basan en él.

g) Ensayo Proctor

El ensayo Proctor es una prueba de laboratorio que determina la humedad óptima y la densidad máxima seca con la que un suelo puede ser compactado. Esto permite identificar las condiciones ideales para alcanzar la máxima resistencia y estabilidad del suelo en obra. El método ayuda a optimizar la compactación durante la construcción de carreteras y otras infraestructuras.

h) CBR (California Bearing Ratio)

El ensayo CBR mide la capacidad portante del suelo evaluando su resistencia a la penetración bajo condiciones controladas. Compara la resistencia del suelo compactado con un estándar para determinar su aptitud como base o subrasante en pavimentos flexibles. Un valor alto de CBR indica un suelo con buena capacidad para soportar cargas de tránsito.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de la investigación

La investigación presenta un enfoque cuantitativo, porque se basa en la medición numérica de propiedades físicas y mecánicas del suelo (índice de plasticidad, grado de compactación y CBR) antes y después de la aplicación de resina de pino y mucílago de nopal, para analizarlas mediante procedimientos estadísticos.

Según Hernandez et al., (2020), el enfoque cuantitativo se basa en la recolección y análisis de datos numéricos sobre variables claramente definidas, utilizando procedimientos estadísticos para describir, explicar y, en algunos casos, predecir fenómenos. Este enfoque exige medición objetiva y permite establecer relaciones entre variables mediante técnicas como análisis descriptivo e inferencial.

3.2 Tipo de la investigación

El estudio es de tipo aplicado, ya que busca generar conocimiento útil para resolver un problema concreto de ingeniería: el mejoramiento de los suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupi mediante el empleo de aditivos naturales.

Según Hernandez et al., (2020), la investigación aplicada utiliza conocimientos teóricos previos para dar solución a problemas concretos de la realidad, buscando



resultados útiles y transferibles a contextos específicos. Se orienta a mejorar situaciones prácticas mediante el diseño, implementación y evaluación de intervenciones o estrategias basadas en evidencia científica.

3.3 Nivel de la Investigación

El nivel de la investigación es explicativo, porque no solo describe las características del suelo, sino que analiza el efecto causado por diferentes dosificaciones de resina de pino y mucílago de nopal sobre sus propiedades físicas y mecánicas, explicando en qué medida estos aditivos modifican el comportamiento del material de subrasante.

De acuerdo con Arias (2021, p. 72), el nivel explicativo pretende identificar las causas de un fenómeno, estableciendo relaciones de causa–efecto entre variables más allá de una simple descripción. Este nivel exige formulación y contraste de hipótesis, alta rigurosidad teórica y uso de diseños (como los experimentales) que permitan inferencias causales.

3.4 Diseño de la Investigación

Se utiliza un diseño experimental de laboratorio, con grupos sometidos a tratamientos. El suelo arcilloso de subrasante se ensaya en su condición natural (muestra patrón) y luego con diferentes porcentajes de resina de pino y mucílago de nopal, comparando los resultados obtenidos. Las dosificaciones se aplican en probetas preparadas y compactadas bajo condiciones controladas, manteniendo constantes las demás variables (tipo de suelo, energía de compactación, procedimientos de ensayo).

Según Hernández et al., (2020), el diseño experimental implica la manipulación deliberada de una variable independiente para observar sus efectos sobre una o más variables dependientes, en condiciones controladas. Generalmente se trabaja con grupos



de comparación y asignación aleatoria, lo que fortalece la validez interna y la posibilidad de atribuir cambios observados a la intervención aplicada.

3.5 Método de la Investigación

El método de la investigación es el método científico con enfoque inductivo, porque a partir de la observación y medición experimental de las propiedades físicas y mecánicas del suelo (en diferentes tratamientos con resina de pino y mucílago de nopal) se formulan generalizaciones y conclusiones sobre el comportamiento de los suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupi.

Según Hernandez et al., (2020), el método científico–inductivo señalan que el método científico organiza la investigación en etapas lógicas (planteamiento del problema, formulación de hipótesis, recolección y análisis de datos, contrastación y conclusiones) y que, cuando se utiliza de manera inductiva, permite derivar proposiciones generales a partir de evidencias específicas observadas en la realidad.

3.6 Población y Muestra

3.6.1 Población

Según Hernandez et al., (2020, pág. 165) La población constituye el conjunto total de elementos o individuos que comparten características comunes y que son objeto de estudio en una investigación. Es a partir de esta población que se pretende generalizar los resultados obtenidos.

La población es la totalidad de suelos de subrasante de la carretera Llalli – Cupi, tramo evaluado, considerados como el universo de suelos susceptibles de estabilización.

3.6.2 Muestra

Según Hernandez et al., (2020, pág. 173). La muestra se define como un subconjunto de la población, elegido de tal forma que sus características reflejan las de la



población total, lo que permite generalizar los resultados con un grado adecuado de confianza.

La muestra: tres calicatas de 1.50 m de profundidad excavadas en puntos representativos del tramo, de las cuales se obtuvieron muestras disturbadas para los ensayos (granulometría, límites, Proctor, CBR) y luego se prepararon muestras. Estas muestras serán tratadas con resina de pino en concentraciones del 2.5 %, 5 % y 7.5 %, y con mucílago de nopal en proporciones del 4 %, 8 % y 12 %.

3.7 Técnicas e instrumentos para la recolección de datos

3.7.1 Técnicas de recolección de datos

Muestreo de suelos en campo

Consistió en la excavación de calicatas en la subrasante de la carretera Llalli – Cupi, hasta una profundidad aproximada de 1.50 m, para obtener muestras disturbadas representativas del suelo arcilloso existente. Durante el muestreo se registró la ubicación de cada calicata, la profundidad de extracción, las condiciones de humedad y el ambiente geológico, asegurando la trazabilidad de las muestras para los ensayos de laboratorio.

Ensayos de laboratorio geotécnico

Se realizaron ensayos normalizados para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural y del suelo estabilizado con resina de pino y mucílago de nopal. En la parte física se efectuaron análisis granulométricos, determinación de humedad natural y límites de Atterberg (límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad). En la parte mecánica se aplicaron los ensayos de compactación Proctor Modificado para obtener la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad, así como el ensayo CBR para evaluar la capacidad de soporte del suelo bajo diferentes dosificaciones de aditivos.

Observación y registro sistemático

Durante todas las etapas de campo y laboratorio se realizó una observación directa y continua de los procedimientos, anotando en fichas de control las condiciones iniciales



del suelo, las cantidades de aditivos empleados. Esta técnica permitió garantizar la consistencia del proceso experimental y la confiabilidad de los datos obtenidos.

3.7.2 Instrumentos de recolección de datos.

Para la obtención y medición de los datos se utilizaron los siguientes instrumentos y equipos:

- Juego de tamices normalizados y balanza electrónica de precisión, empleados en el análisis granulométrico para determinar la distribución de tamaños de partículas y la proporción de material fino en las muestras de suelo.
- Horno eléctrico, cápsulas metálicas y balanza, utilizados para la determinación del contenido de humedad natural del suelo mediante el secado controlado de las muestras a temperatura constante.
- Equipo completo de límites de Atterberg (aparato de Casagrande, cuchara, vidrio esmerilado, espátulas y recipientes), con el cual se obtuvieron el límite líquido, límite plástico y, por diferencia, el índice de plasticidad de cada muestra.
- Molde Proctor, pisón estándar, martillo de compactación y accesorios, empleados en el ensayo Proctor Modificado para establecer la relación humedad–densidad y determinar la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad del suelo natural y del suelo con aditivos.
- Máquina CBR, moldes cilíndricos, pistón de penetración, reloj comparador y equipo de carga, utilizados para el ensayo de capacidad de soporte CBR al 95% y 100% de la máxima densidad seca, tanto en muestras sin estabilizar como en muestras estabilizadas con diferentes porcentajes de resina de pino y mucílago de nopal.
- Herramientas de campo (pala, pico, brochas, bolsas plásticas etiquetadas y cintas métricas), necesarias para la excavación de calicatas, extracción, acondicionamiento y transporte de las muestras desde la carretera hasta el laboratorio.
- Hojas de registro, planillas de cálculo y software de hoja de cálculo, empleados para la anotación ordenada de las lecturas de laboratorio, el procesamiento numérico de los

datos, la obtención de promedios y porcentajes, y la elaboración de tablas y gráficos que sustentan los resultados de la investigación.

3.8 Procedimiento para la recolección de datos.

Figura 3

Ubicación del tramo estudiado.



Caracterización y selección del material

Para el desarrollo de la investigación se seleccionó el suelo arcilloso de la subrasante de la carretera Llalli – Cupi, por ser el material que actualmente presenta baja capacidad de soporte e índices de plasticidad que afectan el desempeño estructural del pavimento. La caracterización inicial se realizó mediante ensayos de granulometría, contenido de humedad natural, límites de Atterberg, compactación Proctor Modificado y CBR, ejecutados conforme a la normativa peruana vigente para suelos de carreteras. Los resultados mostraron que se trata de un suelo predominantemente fino, con elevado porcentaje de material pasante el tamiz N.º 200, índice de plasticidad medio y valores de



CBR inferiores al 3% al 95% de la densidad máxima seca, lo que permite clasificarlo como subrasante deficiente y justifica su selección como material base para el estudio de mejoramiento.

En cuanto a los aditivos, se eligió la resina de pino por sus propiedades adhesivas e hidrofóbicas, que pueden disminuir la absorción de agua y aumentar la cohesión entre partículas; y el mucílago de nopal por su naturaleza polimérica y su capacidad de formar una matriz continua que incrementa la resistencia del suelo tratado. La resina de pino se empleó en tres dosificaciones respecto al peso seco de suelo: 2.5%, 5% y 7.5%. De manera análoga, el mucílago de nopal se utilizó en porcentajes de 4%, 8% y 12%. Los rangos seleccionados corresponden a dosificaciones bajas, medias y altas, definidos a partir de antecedentes técnicos y ajustados a las características del suelo de la zona, con el propósito de observar una tendencia clara en el comportamiento sin recurrir a contenidos excesivos de aditivo.

Proceso de tratamiento y acondicionamiento del material

El tratamiento del material se realizó en laboratorio siguiendo una secuencia estandarizada. En primer lugar, el suelo extraído de las calicatas se secó al aire, se desmenuzó y se tamizó por el tamiz N.º 4, a fin de obtener una fracción homogénea adecuada para los ensayos. Con este material preparado se conformaron los lotes necesarios para cada tratamiento, pesando la cantidad de suelo seco correspondiente a cada dosificación.

Para la resina de pino, el material sólido se trituró y se preparó una solución líquida que facilitó su incorporación uniforme al suelo. El mucílago de nopal se obtuvo mediante el troceado y maceración de las pencas, seguido de un proceso de filtrado hasta conseguir una solución viscosa utilizable en la mezcla. Antes del mezclado, ambos aditivos se acondicionaron hasta alcanzar una consistencia adecuada que permitiera su distribución homogénea, evitando la formación de aglomeraciones o zonas con exceso de humedad.



Posteriormente, se procedió al mezclado del suelo con los aditivos. Para cada dosificación se pesó la cantidad de resina de pino (2.5%, 5% o 7.5%) o mucílago de nopal (4%, 8% o 12%), en función del peso seco de suelo. Las dosificaciones se evaluaron en forma independiente: por un lado, mezclas de suelo con resina de pino; y por otro lado, mezclas de suelo con mucílago de nopal, sin combinaciones simultáneas entre ambos aditivos. La mezcla se efectuó de manera gradual, distribuyendo el aditivo sobre el suelo seco y mezclando manual o mecánicamente hasta obtener una apariencia uniforme; luego se ajustó el contenido de agua hasta aproximarse al contenido óptimo de humedad determinado mediante el ensayo Proctor Modificado correspondiente a cada mezcla, asegurando que todas las partículas quedaran debidamente humedecidas.

Estado de aplicación en la mezcla y conformación de probetas

El estado de aplicación en la mezcla quedó definido por tres aspectos: el porcentaje de aditivo respecto al peso seco de suelo, la condición de humedad cercana al contenido óptimo para garantizar una buena compactación y la homogeneidad en la distribución del aditivo en todo el volumen de suelo. Una vez obtenida cada mezcla suelo–aditivo en el estado plástico adecuado, se procedió al moldeo de las probetas para los ensayos de límites de Atterberg, compactación Proctor Modificado y CBR.

En todos los tratamientos se utilizó el mismo procedimiento de compactación y la misma energía del Proctor Modificado, de modo que las variaciones observadas en la densidad máxima seca, el contenido óptimo de humedad y los valores de CBR fueran atribuibles exclusivamente al efecto de las diferentes dosificaciones de resina de pino y de mucílago de nopal, y no a cambios en la metodología de ejecución. Con esta base, se efectuaron los ensayos comparativos entre el suelo natural (patrón) y las mezclas tratadas, lo que permitió identificar las dosificaciones que proporcionan el mejor comportamiento para el mejoramiento de la subrasante de la carretera Llalli – Cupi.

3.8.1 *Desarrollo de plan de investigación.*

El procedimiento se estructuró en cuatro fases: trabajo de campo, caracterización del suelo natural, preparación de aditivos y ensayos con suelo tratado. Cada fase se desarrolló siguiendo las normas del MTC, ASTM y AASHTO aplicables a suelos para sustratos.

Figura 4

Ubicación de las calicatas.



FASE 1: TRABAJO DE CAMPO

Ubicación y reconocimiento del tramo de estudio.

- Se identificó el tramo de la carretera Llalli – Cupi objeto de estudio, verificando su accesibilidad, estado actual y condiciones geomorfológicas.
- Se realizó un reconocimiento visual preliminar para localizar zonas representativas de la subrasante arcillosa (sectores con baches, deformaciones y encharcamientos).



Replanteo de puntos de muestreo

- Se definieron tres puntos de muestreo distribuidos a lo largo del tramo, considerando la homogeneidad del terreno y la seguridad para la ejecución de calicatas.
- Cada punto fue georreferenciado mediante GPS portátil para su registro y futura localización.

Excavación de calicatas y extracción de muestras.

- En cada punto se excavó una calicata de aproximadamente 1,50 m de profundidad o hasta interceptar el nivel de subrasante estable, siguiendo las recomendaciones del Manual de Carreteras para estudios geotécnicos de suelos.
- Se extrajeron muestras perturbadas de cada horizonte identificado, priorizando el estrato correspondiente a la subrasante.

Etiquetado, conservación y transporte

- Las muestras se colocaron en sacos rotulados con código de calicata, profundidad, fecha y ubicación.
- Se sellaron adecuadamente para evitar pérdida de humedad y se trasladaron al laboratorio de suelos para su análisis.

FASE 2: CARACTERIZACIÓN DEL SUELO NATURAL

Preparación de las muestras

- En laboratorio, las muestras se secaron al aire, se desmenuzaron manualmente y se tamizaron por malla N°4 para eliminar gravas o elementos horribles no representativos.

Ensayo granulométrico

- Se realizó el análisis granulométrico, determinando el porcentaje de material pasante por el tamiz N°200, conforme a las normas ASTM D422 y MTC E-107.

Determinación de la humedad natural.

- Se determine el contenido de humedad natural de cada calicata mediante secado en horno a 105–110 °C, siguiendo ASTM D2216 y MTC E-108, obteniendo el valor promedio del tramo.

Figura 5*Ensayo de granulometría.***Límites de Atterberg**

- Se realizaron los ensayos de límite líquido y límite plástico utilizando el aparato de Casagrande y el método de rollos, según ASTM D4318 y MTC E-110/E-111.
- A partir de estos resultados se calculó el índice de plasticidad (IP), clasificando el suelo según SUCS y AASHTO.

Figura 6

Ensayo de limite líquido.



Ensayo Proctor Modificado

- Se efectuó el ensayo de compactación Proctor Modificado (ASTM D1557, MTC E-115) para determinar la máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad (OCH) del suelo natural.

Figura 7

Ensayo de Proctor modificado.



Ensayo CBR del suelo natural

- Con la MDS y el OCH obtenidos, se compactaron especímenes al 95% y 100% de la MDS en moldes CBR, siguiendo ASTM D1883 y MTC E-132.
- Las muestras se sometieron a inmersión durante 96 horas y posteriormente al ensayo de penetración, determinando los valores de CBR para la condición natural del suelo subrasante.

Figura 8*Ensayo de CBR.*

FASE 3. PREPARACIÓN DE ADITIVOS

Preparación de la resina de pino.

- Se adquirió resina de pino (colofonia) de procedencia controlada y se trituro hasta obtener partículas finas.
- La resina se disolvió en una solución adecuada (alcohol o agua caliente), en una proporción que permita su correcta dispersión y mezclada con el suelo, hasta lograr una consistencia homogénea.

Figura 9*Resina de pino.***Extracción y preparación del mucilago de nopal.**

- Se recolectaron cladodios de nopal frescos, se lavaron y se trocearon en fragmentos pequeños.
- Los trozos se sometieron a maceración en agua durante un tiempo determinado para extraer el mucilago, filtrando posteriormente la mezcla para obtener una solución viscosa lista para incorporar al suelo.

Figura 10*Mucílago de nopal.*

FASE 4. ENSAYOS CON SUELO TRATADO

Mezclado del suelo con aditivos

- Sobre el suelo previamente secado y tamizado se dosificaron las cantidades de resina de pino y mucílago de nopal según los % establecidos en el diseño experimental.
- Se realizó el mezclado manual o mecánico hasta asegurar una distribución uniforme de los aditivos en toda la masa del suelo, controlando el contenido de humedad cercano al OCH.

Determinación de límites de Atterberg tratados



- Con cada combinación de suelo + aditivo se repitió el ensayo de límites de Atterberg para obtener los nuevos valores de LL, LP e IP, y evaluar la variación del índice de plasticidad respecto al suelo natural.

Ensayo Proctor Modificado del suelo tratado

- Se efectuaron ensayos Proctor Modificado para cada dosificación, determinando la MDS y el OCH del suelo estabilizado con resina de pino y mucílago de nopal.

Ensayo CBR del suelo tratado

- Con los parámetros de compactación obtenidos, se prepararon especímenes compactados al 95% y 100% de la MDS para cada tratamiento y se ejecutó el ensayo CBR, bajo las mismas condiciones aplicadas al suelo natural (inmersión de 96 horas y penetración controlada).
- Los valores de CBR obtenidos se compararon con el patrón para determinar el porcentaje de mejora en la capacidad de soporte de la subrasante.

Registro y validación de datos

- Todos los resultados se registraron en planillas estandarizadas, verificando coherencia y repitiendo ensayos cuando se detectan variaciones anómalas.

Se trabajo con 5.00 kg de suelo seco por probeta, los pesos quedan así:

Tabla 2

Cantidad de resina de pino

Dosificación	Cálculo	Peso de resina
2,5%	$0,025 \times 5,00 \text{ kg}$	0,125 kg = 125 g
5.0%	$0,05 \times 5,00 \text{ kg}$	0,250 kg = 250 g
7,5%	$0,075 \times 5,00 \text{ kg}$	0,375 kg = 375 g

Para la preparación de las probetas se trabajó con 5.00 kg de suelo natural seco por mezcla. Este valor se definió en función de la capacidad del molde Proctor Modificado y del volumen requerido para los ensayos de compactación y CBR. En el ensayo Proctor, el volumen del molde y la energía de compactación determinan una masa aproximada de suelo necesaria para alcanzar la máxima densidad seca; en nuestro caso, las pruebas preliminares mostraron que alrededor de 5.00 kg de suelo permitían llenar completamente el molde con la altura especificada y realizar la compactación en las capas indicadas.

Figura 11

Aplicación de la resina de pino en suelo natural.



Tabla 3*Cantidad de Mucílago de nopal*

Dosificación	Cálculo	Peso de mucílago
4%	$0,04 \times 5,00 \text{ kg}$	0,200 kg = 200 g
8%	$0,08 \times 5,00 \text{ kg}$	0,400 kg = 400 g
12%	$0,12 \times 5,00 \text{ kg}$	0,600 kg = 600 g

Además, la elección de 5,00 kg garantiza una cantidad suficiente de material para preparar, con la misma mezcla, las sondas de compactación y CBR correspondientes a cada tratamiento, manteniendo la homogeneidad y repetibilidad de los ensayos. De este modo, los 5.00 kg de suelo seco representan un compromiso adecuado entre las exigencias volumétricas del equipo de laboratorio, la cantidad de muestras a ensayar y la disponibilidad de material, asegurando resultados representativos y comparables entre el suelo patrón y las mezclas estabilizadas.

3.9 Procesamiento de datos

Los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio se organizaron en tablas y figuras, agrupando los resultados de índice de plasticidad (IP), densidad máxima seca (MDS), contenido óptimo de humedad (OCH) y CBR para el suelo patrón y para cada dosificación de resina de pino y mucílago de nopal.

Posteriormente, se calcularon valores promedios y porcentajes de variación respecto al suelo natural, lo que permitió comparar de manera directa el comportamiento de la subrasante antes y después de la estabilización, así como identificar las dosificaciones que mostraron los mayores incrementos de capacidad de soporte y las reducciones más significativas en la plasticidad.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados.

El presente capítulo expone los resultados obtenidos en la evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupi, así como los efectos producidos por la incorporación de resina de pino y mucílago de nopal en distintas dosificaciones. Los datos se presentan de manera ordenada en tablas y figuras, con el propósito de analizar el comportamiento del suelo natural y compararlo con las mezclas tratadas en términos de índice de plasticidad, grado de compactación y capacidad de soporte (CBR). En la primera parte se describen las características iniciales del suelo de subrasante, determinadas mediante los ensayos de granulometría, límites de Atterberg, compactación Proctor modificado y CBR. Posteriormente, se presentan los resultados de los ensayos realizados sobre el suelo estabilizado con resina de pino y mucílago de nopal, analizando la variación del índice de plasticidad, la máxima densidad seca, el contenido óptimo de humedad y los valores de CBR para cada dosificación aplicada. Finalmente, se desarrolla la discusión de resultados, en la cual se interpretan las tendencias observadas y se contrastan los valores obtenidos con los criterios del MTC vecinal y con antecedentes de investigaciones afines, con el fin de determinar las dosificaciones más convenientes para el mejoramiento de la subrasante.

4.1.1 Propiedades físicas y mecánicas de la subrasante.

GRANULOMETRÍA (NTP 339.128)

Tabla 4

Granulometría de las muestras.

Malla	% Ret. Acumul. C1	% Ret. Acumul. C2	% Ret. Acumul. C3	% Pasa Promedio
#12	4.00	4.00	4.00	96.00
#200	40.23	41.48	40.84	59.77
Base	100.00	100.00	100.00	0.00

Clasificación: ML/CL (59-60% finos >#200, arena limo-arcilla). Curvas uniformes, bajo %grava (4%). Los datos se desglosan por tres condiciones de muestra (C1, C2 y C3), destacando un 96% de material que pasa por la malla #12 y un 59.77% por la malla #200. La clasificación del suelo es ML/CL, indicando que se trata de una mezcla de arena, limo y arcilla con una distribución uniforme de partículas.

HUMEDAD MTC E108

Tabla 5

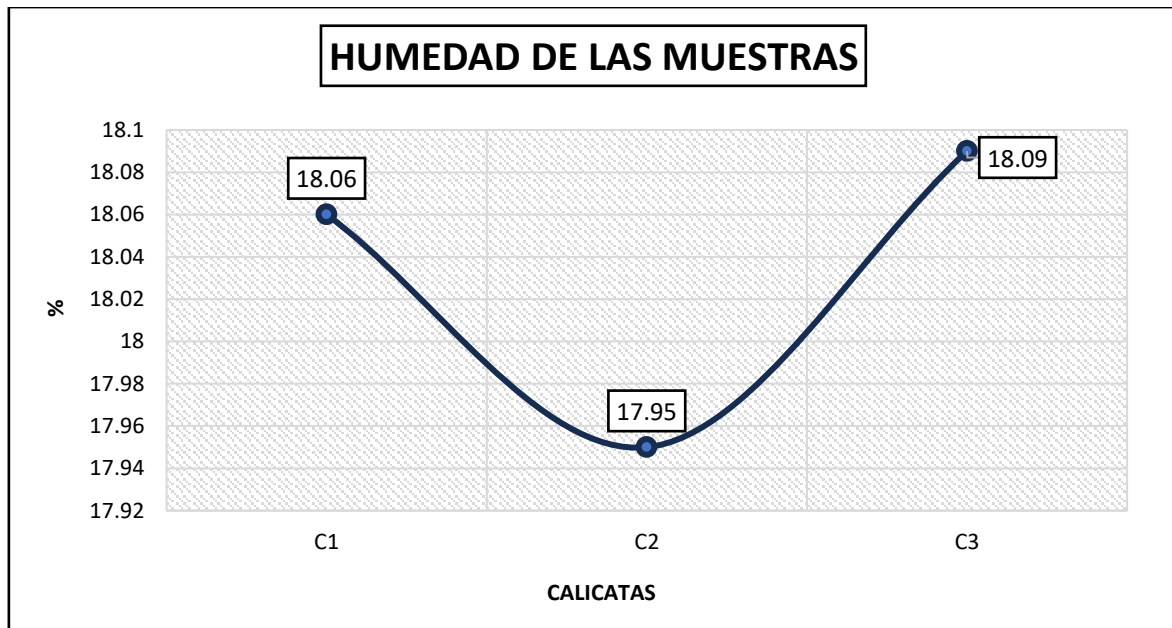
Humedad Natural de las calicatas.

Calicata	Humedad (%)
C1	18.06
C2	17.95
C3	18.09
Promedio	18.03

Los porcentajes de humedad son 18.06% para C1, 17.95% para C2 y 18.09% para C3. El promedio de humedad de las tres muestras es de 18.03%. Estos datos son importantes para determinar las características de retención de agua del suelo y su comportamiento en distintos contextos de ingeniería.

Figura 12

Contenido de agua de las muestras.



Los valores de humedad varían entre 17.95% en C2 y 18.06% en C1, con un promedio de 18.03% en C3.

LÍMITES ATTERBERG (NTP 339.130/131, MTC E110-E111)

Tabla 6

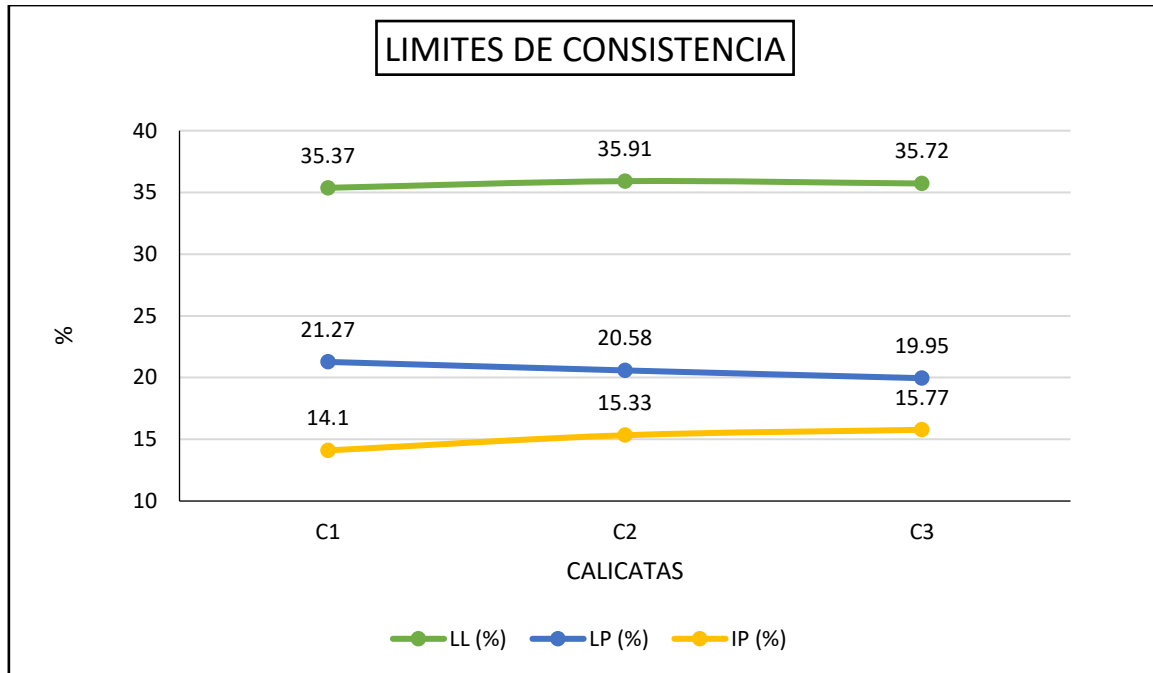
Límites de consistencia suelo natural.

Calicata	LL (%)	LP (%)	IP (%)
C1	35.37	21.27	14.10
C2	35.91	20.58	15.33
C3	35.72	19.95	15.77
Promedio	35.67	20.60	15.07

Se presenta los límites de Atterberg de tres muestras de calicata, especificando los valores de Límite Líquido (LL), Límite Plástico (LP) y Plástico Índice (IP) para cada una. Los valores de LL varían entre 35.37% y 35.91%, los de LP entre 20.58% y 21.27%, y los de IP entre 14.10% y 15.77%. El promedio de IP es 15.07%. La clasificación MTC indica que el IP se encuentra en el rango medio (12-17), lo que corresponde a un suelo subrasante regular.

Figura 13

Comportamiento de límites de consistencia.



Se observa que el Límite Líquido (LL) se mantiene relativamente constante, mientras que el Límite Plástico (LP) y el Índice Plástico (IP) presentan variaciones entre las muestras.

GRADO COMPACTACIÓN (NTP 339.143, MTC E115 PROCTOR MODIFICADO)

Tabla 7

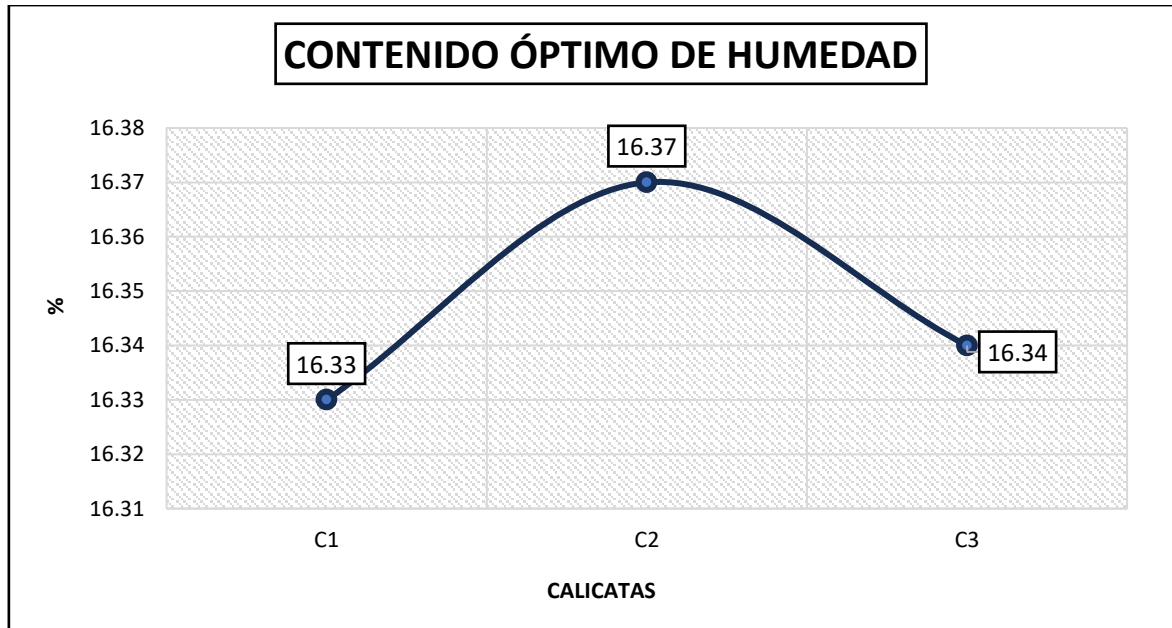
Grado de compactación del suelo natural.

Calicata	MDS (g/cm ³)	OCH (%)
C1	1.726	16.33
C2	1.718	16.37
C3	1.723	16.34
Promedio	1.722	16.35

Se presenta el grado de compactación de tres muestras de calicata, mostrando los valores de (MDS) en g/cm³ y el (OCH) en porcentaje. Los valores de MDS varían entre 1.718 g/cm³ y 1.726 g/cm³, con un promedio de 1.722 g/cm³, mientras que el OCH se encuentra entre 16.33% y 16.37%, con un promedio de 16.35%.

Figura 14

Contenido Óptimo de Humedad.



Se muestra el contenido óptimo de humedad en tres muestras de calicata, con un valor máximo de 16.37% en C2.

CBR LABORATORIO (NTP 339.145, MTC E132)

Tabla 8

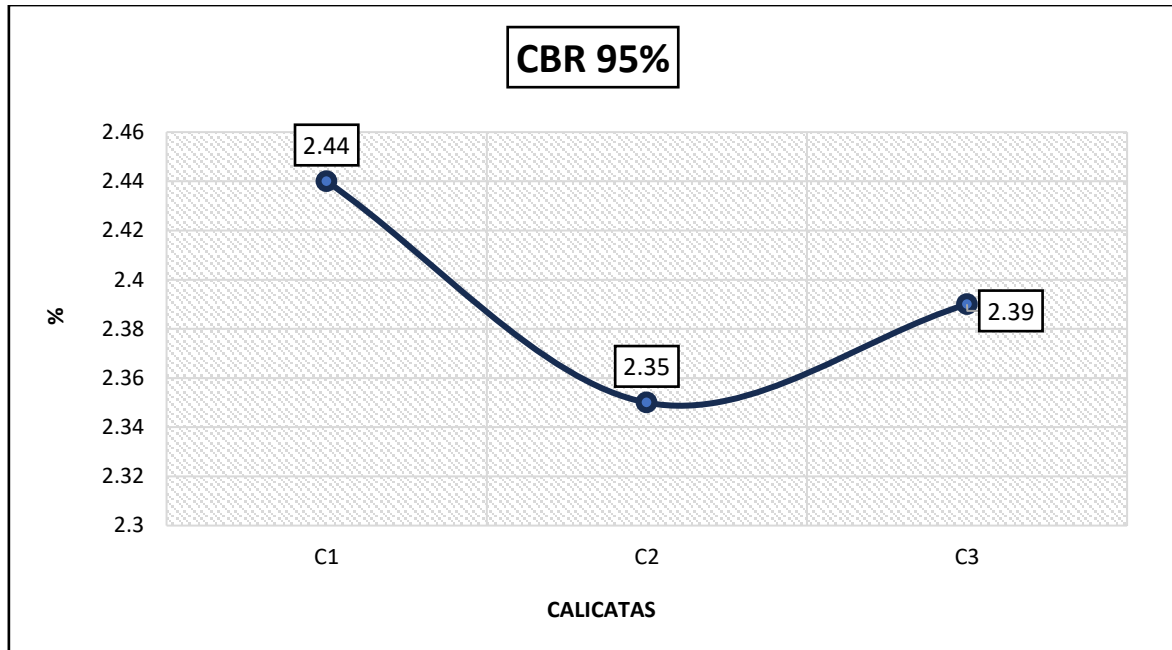
Capacidad de soporte del suelo natural.

Calicata	CBR 100% MDS (%)	CBR 95% MDS (%)
C1	3.03	2.44
C2	2.94	2.35
C3	2.89	2.39
Promedio	2.95	2.39

Los valores de CBR 100% MDS varían entre 2.89% y 3.03%, mientras que los de CBR 95% MDS están entre 2.35% y 2.44%. El promedio de CBR 100% MDS es 2.95%, y el de CBR 95% MDS es 2.39%. Según la clasificación MTC, el suelo se considera de capacidad de soporte "pobre" con un CBR menor al 3%.

Figura 15

CBR al 95% del suelo natural.



Se observa que el valor más alto es 2.44% en C1, disminuye a 2.35% en C2, y luego aumenta ligeramente a 2.39% en C3.

Tabla 9

Resumen Clasificación Subrasante.

Parámetro	Promedio	Requisito MTC Vecinal	Estado
%Finos #200	59.77%	>35% (CL/ML)	Adecuado
IP	15.07	<17	Regular
MDS	1.722 g/cm ³	Ref. ok	Adecuado
CBR 95% MDS	2.39%	≥6% buena	Pobre

Se resume la clasificación subrasante de las muestras de suelo, presentando los promedios de varios parámetros y su cumplimiento con los requisitos establecidos por el

MTC Vecinal. El porcentaje de finos #200 es adecuado (59.77%), el (IP) es regular con un valor de 15.07%, y la (MDS) es adecuada con un valor de 1.722 g/cm³. El CBR al 95% MDS es considerado pobre, con un valor de 2.39%, ya que no cumple con el requisito mínimo de 6% para ser clasificado como "bueno".

4.1.2 Empleo de resina de pino y mucílago de nopal en sobre el índice plástico de suelos arcillosos de subrasante.

4.1.2.1 Límites atterberg con resina de pino (NTP 339.130/131)

Tabla 10

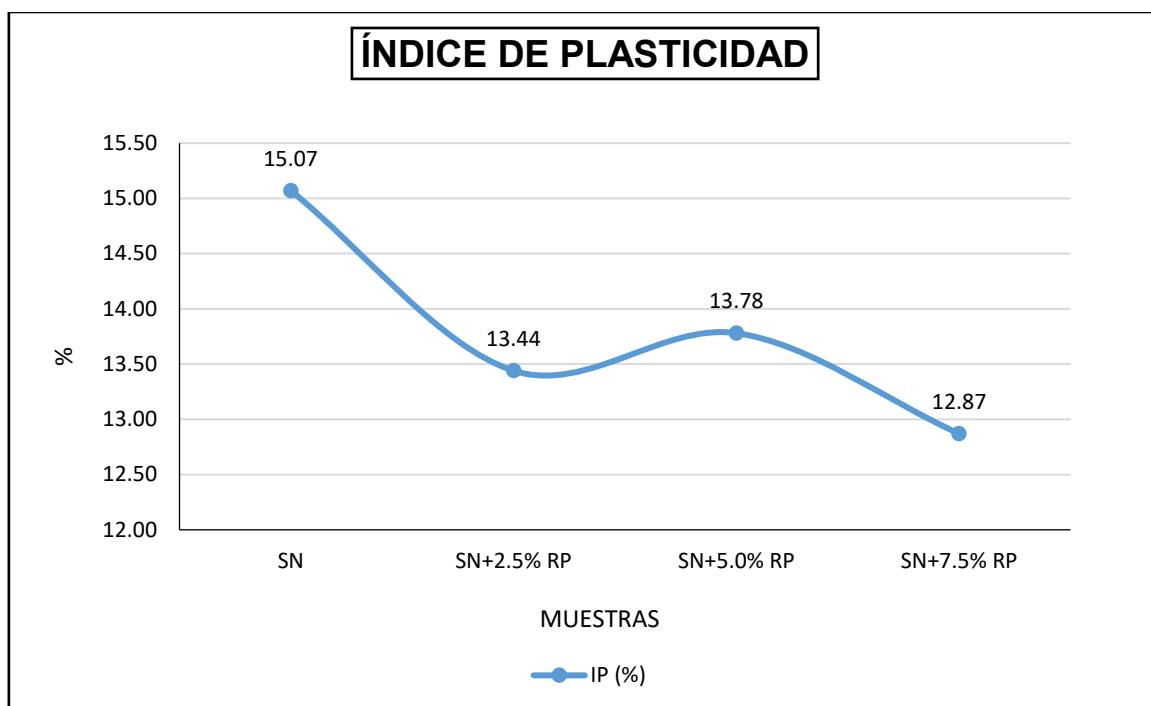
Límites de consistencia del suelo + resina de pino.

Dosis RP	Calicata	LL (%)	LP (%)	IP (%)
Patrón	Promedio	35.67	20.60	15.07
2.5%	C1	33.40	20.80	12.60
2.5%	C2	34.47	20.69	13.78
2.5%	C3	34.59	20.66	13.93
2.5% Promedio		34.15	20.72	13.44
5%	C1	34.66	20.52	14.14
5%	C2	34.59	20.96	13.63
5%	C3	34.30	20.73	13.57
5% Promedio		34.52	20.74	13.78
7.5%	C1	34.18	21.75	12.43
7.5%	C2	34.14	20.60	13.54
7.5%	C3	35.55	22.91	12.64
7.5% Promedio		34.62	21.75	12.87

Para las muestras con un 2.5% de resina, el promedio de LL es 34.15%, LP es 20.72%, y el IP es 13.44%. Con un 5% de resina, el promedio de LL es 34.52%, LP es 20.74%, y el IP es 13.78%. Finalmente, con un 7.5% de resina, el promedio de LL es 34.62%, LP es 21.75%, y el IP es 12.87%. Los resultados indican cómo las dosis de resina afectan las propiedades de consistencia del suelo.

Figura 16

Comportamiento del índice de plasticidad del suelo + resina de pino.



La figura presenta el comportamiento del Índice Plástico (IP) de muestras de suelo tratadas con diferentes concentraciones de resina de pino (RP). Se observa que, en comparación con la muestra sin tratamiento (SN), el IP disminuye de manera significativa a medida que se incrementa la dosis de RP. En la muestra sin tratamiento (SN), el IP es de 15.07%, mientras que con un 2.5% de RP, el IP disminuye a 13.44%. Con un 5% de RP, el valor del IP es 13.78%, y finalmente, con un 7.5% de RP, el IP alcanza su valor más bajo de 12.87%. Este comportamiento indica que la adición de resina de pino tiene un efecto reductor sobre la plasticidad del suelo, lo que mejora su capacidad de manejo y comportamiento en aplicaciones de ingeniería, como la estabilización de suelos.



4.1.2.2 Límites Atterberg con mucílago de nopal (NTP 339.130/131)

Tabla 11

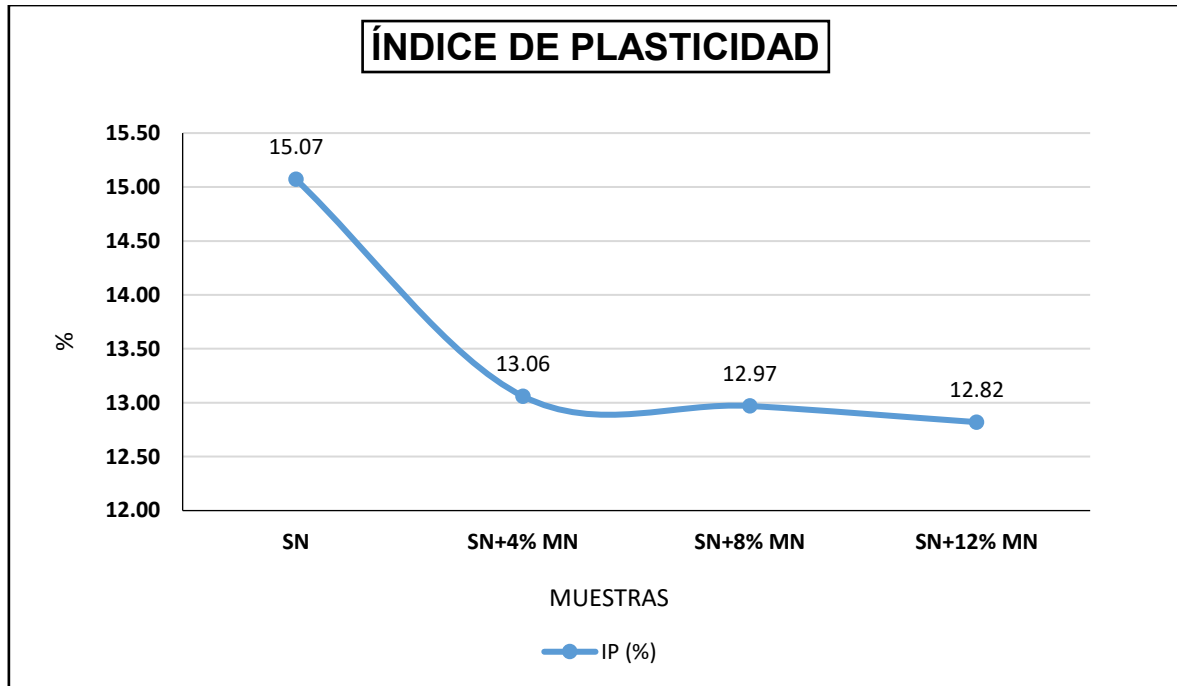
Límites de consistencia del suelo + mucílago de nopal.

Dosis MN	Calicata	LL (%)	LP (%)	IP (%)
Patrón	Promedio	35.67	20.60	15.07
4%	C1	33.58	20.69	12.89
4%	C2	33.72	20.42	13.30
4%	C3	33.47	20.48	12.99
4% Promedio		33.59	20.53	13.06
8%	C1	33.83	21.49	12.34
8%	C2	34.34	20.98	13.36
8%	C3	34.36	21.16	13.20
8% Promedio		34.18	21.21	12.97
12%	C1	34.37	21.27	13.10
12%	C2	34.32	21.35	12.97
12%	C3	34.30	21.91	12.39
12% Promedio		34.33	21.51	12.82

Para una dosis de 4%, los promedios obtenidos son: LL = 33.59%, LP = 20.53% e IP = 13.06%. Con una dosis del 8%, los promedios aumentan a LL = 34.18%, LP = 21.21% e IP = 12.97%. Finalmente, con una dosis del 12%, se registran los siguientes promedios: LL = 34.33%, LP = 21.51% e IP = 12.82%. Estos resultados evidencian cómo la variación en las dosis de MN influye directamente en las propiedades de consistencia del suelo, específicamente en su comportamiento frente a los límites de Atterberg.

Figura 17

Comportamiento del índice de plasticidad del suelo + mucílago de nopal.



Se observa una disminución progresiva del IP, desde 15.07% en la muestra sin tratamiento (SN) hasta 12.82% en la muestra con 12% de MN, indicando una reducción significativa de la plasticidad del suelo con el aumento de la dosis de mucílago de nopal.

Tabla 12

Comparativa IP (Patrón vs Tratamientos).

Tratamiento	IP Promedio	Reducción vs Patrón (%)	Cumple MTC (<17)
Patrón	15.07	-	Regular
RP 2.5%	13.44	10.8%	Sí
RP 5%	13.78	8.6%	Sí
RP 7.5%	12.87	14.6%	Sí (óptimo)
MN 4%	13.06	13.3%	Sí
MN 8%	12.97	13.9%	Sí
MN 12%	12.82	14.9%	Sí (óptimo)

Los tratamientos con RP (resina de pino) y MN (mucílago de nopal) muestran una reducción del IP en un rango de 8-15%, con el tratamiento RP 7.5% logrando una reducción



del 14.6%, mientras que MN 12% presenta una reducción del 14.9%. Todos los tratamientos cumplen con el estándar MTC (<17), lo que indica que el suelo se considera apto para la estabilización. Se concluye que el tratamiento óptimo para la estabilización del suelo es el RP 7.5% y MN 12%, debido a su reducción significativa del IP y cumplimiento de los requisitos.

4.1.3 Empleo de resina de pino y mucílago de nopal en suelos arcillosos de subrasante en grado de compactación.

4.1.3.1 Grado Compactación con Resina de Pino (Proctor Modificado)

Tabla 13

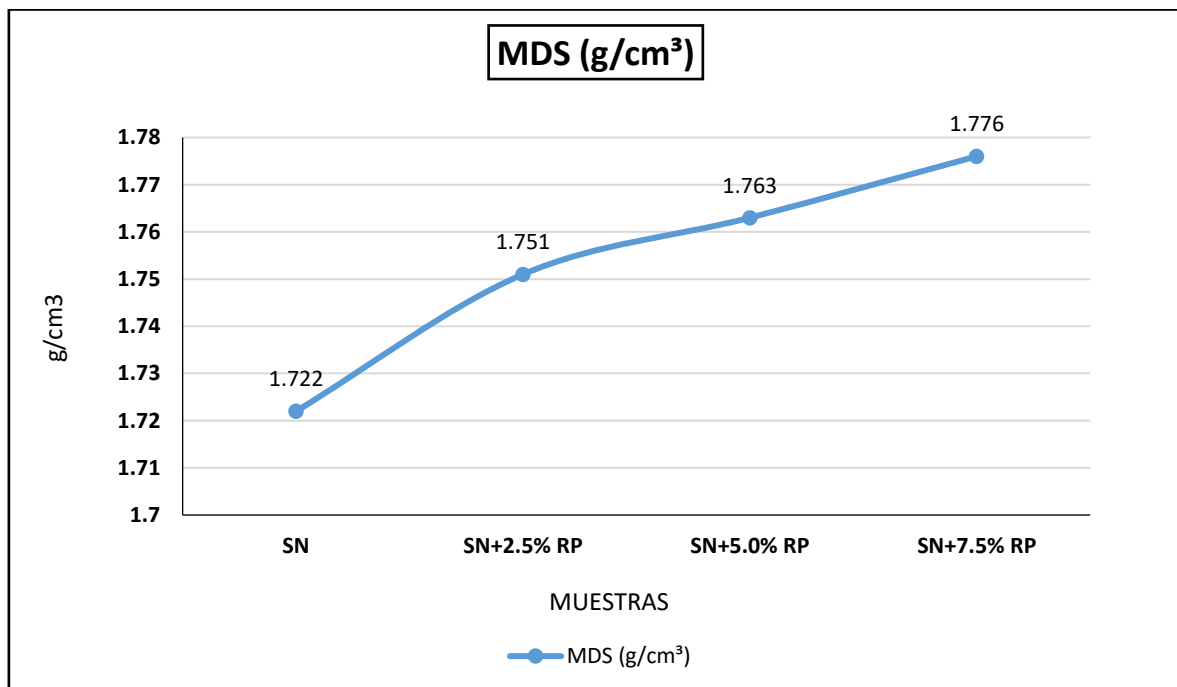
Grado Compactación del suelo natural + Resina de Pino.

Dosis RP	Calicata	MDS (g/cm³)	OCH (%)
Patrón	Promedio	1.722	16.35
2.5%	C1	1.749	15.68
2.5%	C2	1.750	15.70
2.5%	C3	1.753	15.61
2.5% Promedio		1.751	15.66
5%	C1	1.761	12.94
5%	C2	1.764	12.94
5%	C3	1.765	12.94
5% Promedio		1.763	12.94
7.5%	C1	1.771	12.94
7.5%	C2	1.779	12.91
7.5%	C3	1.778	12.89
7.5% Promedio		1.776	12.91

Para la dosis del 2.5% de RP, los valores de MDS varían entre 1.749 g/cm³ y 1.753 g/cm³, con un promedio de 1.751 g/cm³, y el OCH promedio es de 15.66%. En la dosis del 5%, el MDS promedio es de 1.763 g/cm³, con un OCH de 12.94%. Finalmente, con una dosis del 7.5%, el MDS promedio es de 1.776 g/cm³ y el OCH es de 12.91%. Los resultados indican que, a medida que aumenta la dosis de resina de pino, la densidad máxima secada también aumenta ligeramente, mientras que el contenido óptimo de humedad disminuye.

Figura 18

Comportamiento de máxima densidad seca del suelo + resina de pino.



Se observa una tendencia ascendente en la MDS a medida que aumenta la dosis de resina de pino, comenzando con un valor de 1.722 g/cm³ en la muestra sin tratamiento. Con un 2.5% de RP, la MDS aumenta a 1.751 g/cm³, y con un 5% de RP, alcanza 1.763 g/cm³. Finalmente, con un 7.5% de RP, la MDS alcanza su valor más alto de 1.776 g/cm³. Estos resultados sugieren que la incorporación de resina de pino al suelo incrementa su capacidad de compactación, lo que mejora su comportamiento en aplicaciones de ingeniería y estabilización del suelo, favoreciendo su densificación y reduciendo la capacidad de expansión o contracción.

4.1.3.2 Grado Compactación con MN (Proctor Modificado)

Tabla 14

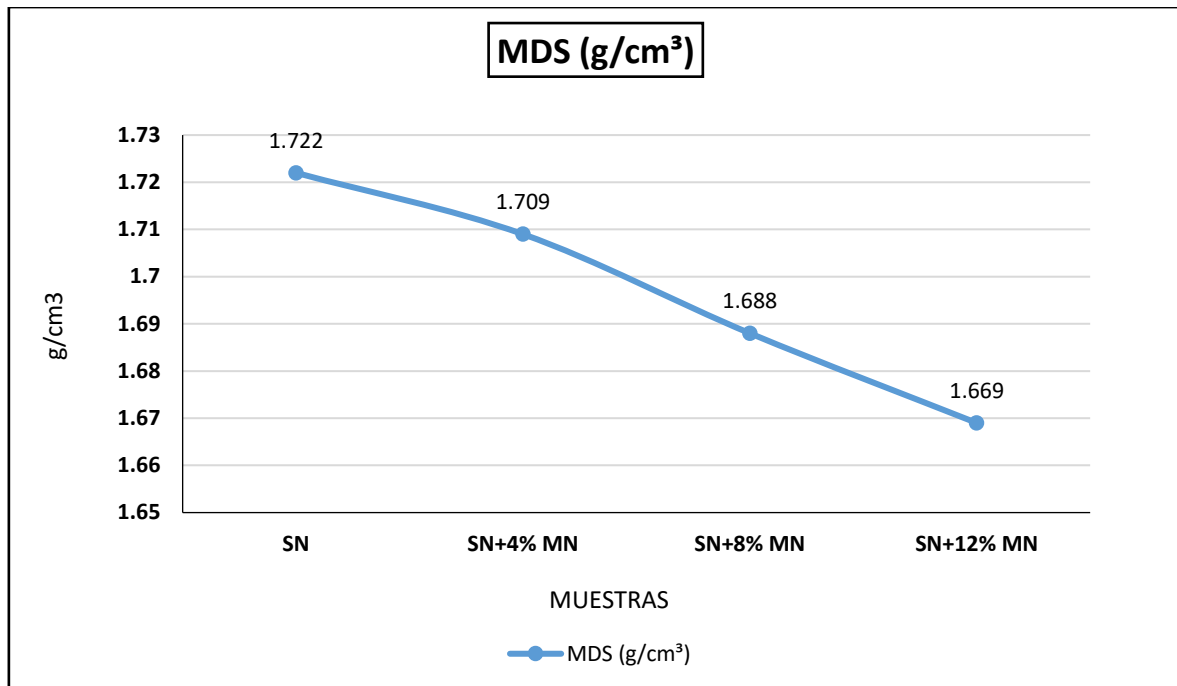
Grado Compactación del suelo natural + Mucilago de Nopal.

Dosis MN	Calicata	MDS (g/cm ³)	OCH (%)
Patrón	Promedio	1.722	16.35
4%	C1	1.714	18.18
4%	C2	1.706	18.30
4%	C3	1.707	18.21
4% Promedio		1.709	18.23
8%	C1	1.690	19.17
8%	C2	1.685	19.40
8%	C3	1.689	19.05
8% Promedio		1.688	19.21
12%	C1	1.675	20.42
12%	C2	1.669	19.31
12%	C3	1.664	19.81
12% Promedio		1.669	19.85

Se presenta los resultados del grado de compactación de suelo tratado con diferentes dosis de mucilago de nopal (MN) mediante el método Proctor modificado, mostrando los valores de Densidad Máxima Secada (MDS) en g/cm³ y el Contenido Óptimo de Humedad (OCH) en porcentaje. Para la dosis del 4%, el MDS promedio es de 1.709 g/cm³ y el OCH es de 18.22%. Con una dosis del 8%, el MDS promedio disminuye a 1.688 g/cm³, con un OCH de 19.21%. Finalmente, con un 12% de MN, el MDS es de 1.669 g/cm³ y el OCH es de 19.85%. Estos resultados muestran que, a medida que aumenta la dosis de mucilago de nopal, la densidad máxima secada del suelo disminuye, mientras que el contenido óptimo de humedad aumenta, indicando una tendencia a requerir mayor humedad para alcanzar una buena compactación.

Figura 19

Comportamiento de máxima densidad seca del suelo + mucílago de nopal.



Se observa una disminución progresiva en la MDS, desde 1.722 g/cm³ en la muestra sin tratamiento (SN) hasta 1.669 g/cm³ con un 12% de MN, indicando que mayores dosis de mucílago reducen la capacidad de compactación del suelo.

Tabla 15

Comparativa Compactación (Patrón vs Tratamientos).

Tratamiento	MDS (g/cm ³)	% Mejora MDS	OCH (%)	% Cambio OCH	Cumple MTC (≥95% MDS)
Patrón	1.722	-	16.35	-	Referencia
RP 2.5%	1.751	+1.7%	15.66	-4.2%	Sí
RP 5%	1.763	+2.4%	12.94	-20.8%	Sí
RP 7.5%	1.776	+3.1%	12.91	-21.1%	Sí (óptimo)
MN 4%	1.709	-0.8%	18.23	+11.5%	Parcial
MN 8%	1.688	-2.0%	19.21	+17.5%	No
MN 12%	1.669	-3.1%	19.85	+21.5%	No



Los tratamientos con resina de pino (RP) muestran una mejora en la MDS, con un incremento máximo del 3.1% en el tratamiento RP 7.5%, mientras que los tratamientos con mucílago de nopal (MN) resultan en una disminución de la MDS, especialmente en la dosis del 12%. Los tratamientos con RP cumplen con los requisitos de MTC, mientras que los tratamientos con MN no.

4.1.4 Empleo de resina de pino y mucílago de nopal en suelos arcillosos de subrasante en capacidad de soporte.

4.1.4.1 CBR – Suelo natural con Resina de Pino

Tabla 16

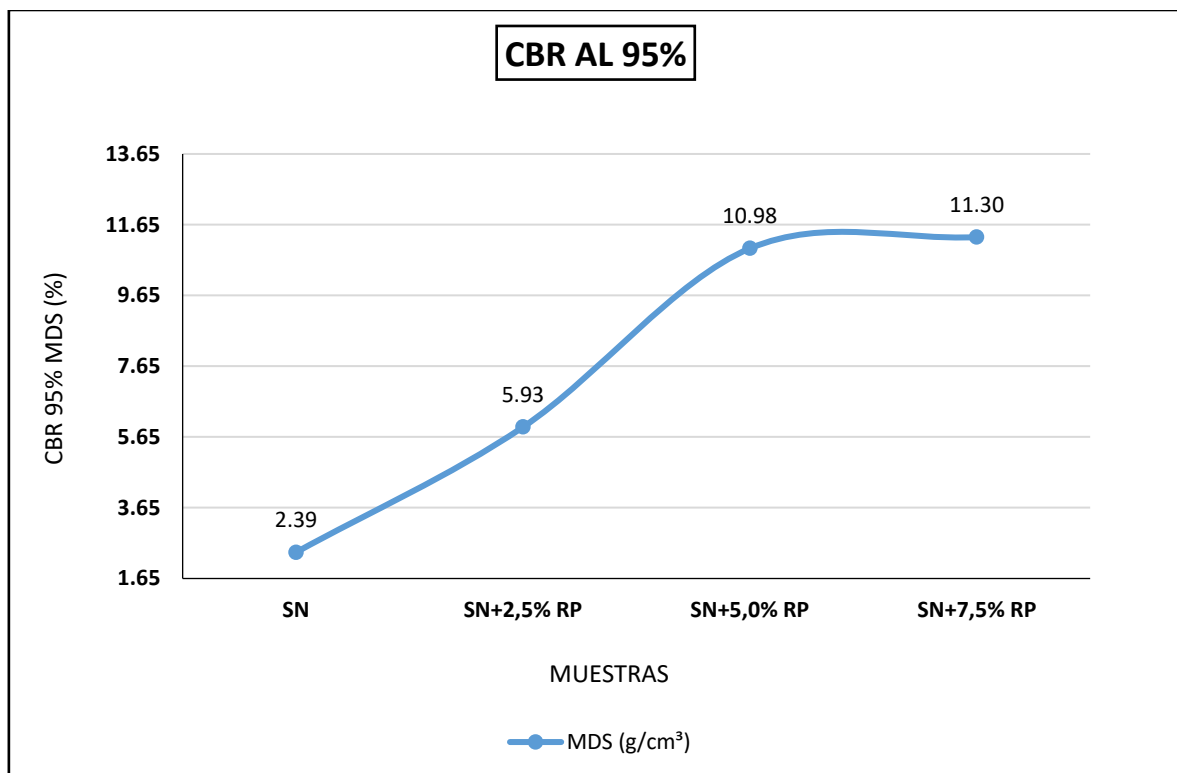
CBR del suelo natural + Resina de Pino.

Dosis RP	Calicata	CBR 100% MDS (%)	CBR 95% MDS (%)
Patrón	Promedio	2.95	2.39
2.5%	C1	6.89	6.08
2.5%	C2	6.50	5.92
2.5%	C3	6.17	5.79
2.5% Promedio		6.52	5.93
5%	C1	12.95	10.89
5%	C2	13.01	10.99
5%	C3	13.19	11.05
5% Promedio		13.05	10.98
7.5%	C1	13.33	11.42
7.5%	C2	13.05	11.49
7.5%	C3	12.68	11.00
7.5% Promedio		13.02	11.30

A dosis del 2.5%, el promedio de CBR 100% MDS es 6.52% y de CBR 95% MDS es 5.93%. Con una dosis del 5%, el promedio de CBR 100% MDS aumenta a 13.05% y el de CBR 95% MDS es 10.98%. Finalmente, con 7.5% de RP, el CBR promedio 100% MDS es 13.02% y el de CBR 95% MDS es 11.30%. Los resultados indican una mejora significativa en la capacidad de soporte con el aumento de la dosis de resina.

Figura 20

Comportamiento del CBR al 95% del suelo + Resina de Pino.



Se observa un incremento progresivo del CBR a medida que se aumenta la dosis de RP. En la muestra sin tratamiento (SN), el CBR al 95% es de 2.39%, lo que indica una capacidad de soporte baja. Con una dosis del 2.5% de RP, el CBR aumenta a 5.93%, y con el 5% de RP, llega a 10.98%. Finalmente, con el 7.5% de RP, el CBR alcanza su valor máximo de 11.30%, lo que indica una mejora significativa en la capacidad de carga del suelo. Estos resultados demuestran que la incorporación de resina de pino mejora sustancialmente las propiedades mecánicas del suelo, haciendo que sea más adecuado para aplicaciones de ingeniería, como la estabilización de suelos en construcción.



4.1.4.2 CBR – Suelo natural con Mucílago de Nopal

Tabla 17

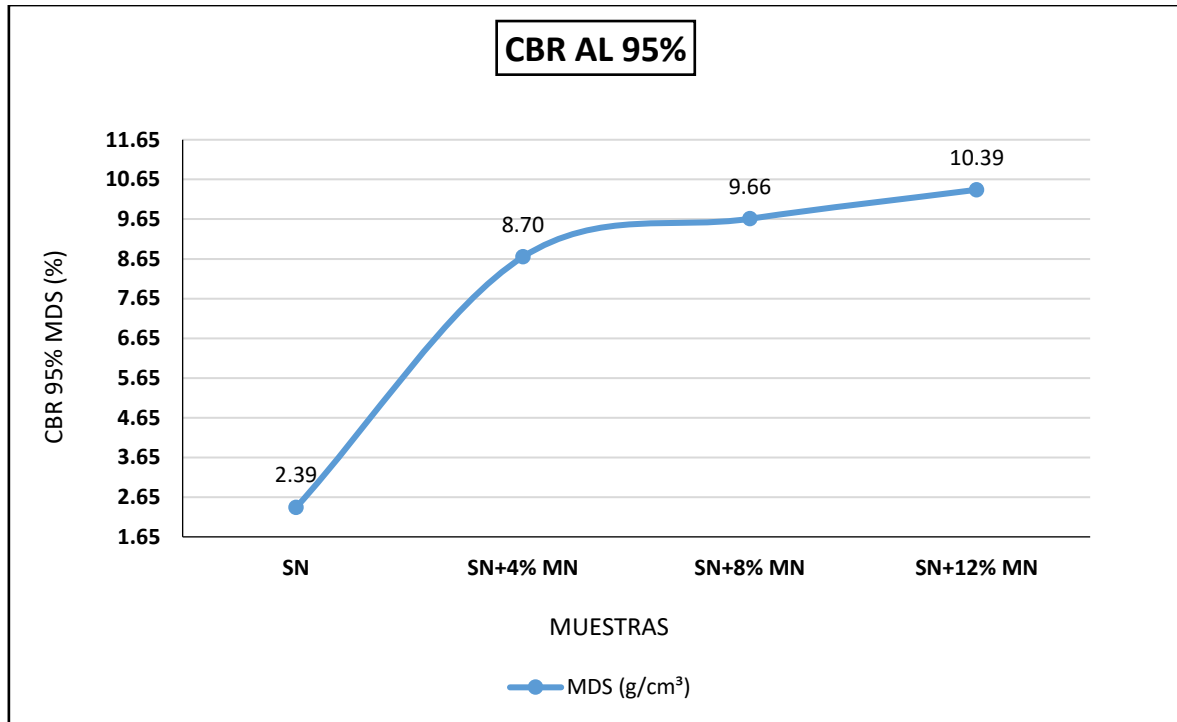
CBR del suelo natural + Mucílago de Nopal.

Dosis MN	Calicata	CBR 100% MDS (%)	CBR 95% MDS (%)
Patrón	Promedio	2.95	2.39
4%	C1	9.89	8.49
4%	C2	9.81	8.48
4%	C3	10.68	9.12
4% Promedio		10.13	8.70
8%	C1	11.92	9.13
8%	C2	12.00	9.89
8%	C3	12.29	9.97
8% Promedio		12.07	9.66
12%	C1	13.08	10.19
12%	C2	14.11	11.00
12%	C3	13.09	9.98
12% Promedio		13.43	10.39

Se muestra los resultados del Índice de Capacidad de Soporte del Suelo (CBR) para suelos tratados con diferentes dosis de mucílago de nopal (MN), tanto a 100% como a 95% de Densidad Máxima Secada (MDS). Con una dosis del 4%, el CBR promedio a 100% MDS es 9.18% y a 95% MDS es 8.49%. A una dosis del 8%, el CBR promedio aumenta a 12.08% a 100% MDS y 9.86% a 95% MDS. Finalmente, con una dosis del 12%, el CBR promedio alcanza 13.43% a 100% MDS y 10.55% a 95% MDS, indicando una mejora significativa en la capacidad de soporte con el aumento de la dosis de mucílago de nopal.

Figura 21

Comportamiento del CBR al 95% del suelo + Mucílago de Nopal.



Se observa un aumento significativo en el CBR, pasando de 2.39% en la muestra sin tratamiento (SN) a 10.39% con un 12% de MN, lo que indica una mejora considerable.

Tabla 18

Comparativa CBR (Patrón vs Tratamientos, Clasificación MTC).

Tratamiento	CBR 100% MDS	CBR 95% MDS	Mejora 100% (%)	Mejora 95% (%)	Clasif. MTC Vecinal
Patrón	2.95	2.39	-	-	Pobre (<3%)
RP 2.5%	6.52	5.93	+121%	+148%	Buena (6-12%)
RP 5%	13.05	10.98	+342%	+360%	Excelente (>12%)
RP 7.5%	13.02	11.30	+341%	+373%	Excelente
MN 4%	10.13	8.70	+243%	+264%	Buena
MN 8%	12.07	9.66	+309%	+305%	Buena
MN 12%	13.43	10.39	+355%	+335%	Excelente



Los resultados indican que todos los tratamientos mejoran significativamente el CBR, pasando de un valor inicial de 2.39% en el patrón a un máximo de 13.43% con 12% de mucílago de nopal (MN). Los tratamientos con resina de pino (RP) y mucílago de nopal cumplen con los requisitos establecidos por el MTC vecinal, clasificando en categorías que van de "Buena" a "Excelente" según la mejora en el CBR.

4.2 Discusión de resultados.

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian que la estabilización de suelos arcillosos de subrasante con aditivos alternativos permite mejorar de manera significativa su comportamiento mecánico, en coherencia con lo reportado en estudios internacionales y nacionales que emplean productos químicos biodegradables y estabilizantes orgánicos o residuos industriales. En el caso del tramo Llalli – Cupi, el suelo natural presentó una condición inicial de subrasante regular y de baja capacidad de soporte (CBR 95% \approx 2.39%), situación similar a la descrita por investigaciones que señalan la necesidad de estabilizar suelos finos para cumplir los criterios mínimos de diseño de pavimentos. Tras la incorporación de resina de pino y mucílago de nopal, los valores de CBR superan ampliamente el umbral de 6%, alcanzando categorías "buena" y "excelente", lo que confirma la eficacia de estos aditivos naturales para mejorar la capacidad portante del suelo.

En relación con la compactación y el contenido de humedad, los resultados con resina de pino muestran un comportamiento análogo al reportado por Rodríguez (2019), quien al utilizar TerraSil observó un incremento en la densidad y una reducción del contenido de humedad, asociada a la formación de una matriz más densa e impermeable en la subrasante. En esta tesis, la MDS aumenta desde 1.722 g/cm³ en el suelo natural hasta 1.776 g/cm³ con 7.5% de resina de pino, mientras que el contenido óptimo de humedad disminuye de 16.35% a valores cercanos a 13%, lo que indica una compactación más eficiente y una menor sensibilidad a la humedad. Este comportamiento coincide



conceptualmente con los resultados de Badillo y Guachamín (2023), quienes al incorporar cal viva y caucho reciclado reportan incrementos en densidad y capacidad portante, mostrando que la modificación de la estructura interna del suelo mediante estabilizantes mejora simultáneamente la compactación y el desempeño mecánico.

Por otro lado, el comportamiento del mucílago de nopal frente al grado de compactación se asemeja a lo encontrado por Tanta (2022), quien al incrementar la dosis de mucílago observó un aumento del contenido óptimo de humedad y una ligera disminución de la densidad seca máxima. En el presente estudio, al aumentar la dosificación de mucílago de nopal hasta 12%, la MDS desciende de 1.722 g/cm³ a 1.669 g/cm³ y el OCH se incrementa hasta alrededor de 19.8%, lo que evidencia que el suelo requiere mayor humedad para alcanzar su densificación y que su densidad máxima disminuye levemente. A pesar de ello, al igual que en el trabajo de Tanta, se registra una mejora importante del CBR, que supera ampliamente los valores del suelo natural, lo cual indica que el mucílago de nopal puede actuar como un aditivo que mejora la capacidad de soporte aun cuando la compactación óptima se logre con mayores contenidos de agua.

En cuanto a la plasticidad, la reducción del índice de plasticidad en un rango de 8 a 15% en las muestras tratadas con resina de pino y mucílago de nopal es consistente con la tendencia observada en investigaciones que utilizan aditivos orgánicos y residuos de origen natural para estabilizar suelos finos. Estudios como los de Lozano et al. (2017), que emplean Terrazyme, y los de Jara (2024) con cenizas de madera, reportan disminuciones significativas del índice de plasticidad, asociadas a la interacción entre los aditivos y las partículas finas del suelo. De manera similar, en esta investigación el IP se reduce de 15.07% a valores cercanos a 12.8%, con lo cual el suelo pasa a presentar una plasticidad más controlada y un mejor comportamiento ante variaciones de humedad, condición favorable para su desempeño como subrasante.

Los incrementos en el CBR observados en este trabajo también guardan estrecha relación con los antecedentes nacionales que utilizan aditivos de origen vegetal o residuos sólidos. Tanta (2022) y Rimachi y Sánchez (2022) reportan aumentos progresivos del CBR

al incrementar la dosis de mucílago (de nopal o de tuna), hasta alcanzar valores que permiten reclasificar la subrasante como material apto para pavimentos flexibles. De manera análoga, Iquira (2022) y Gonzales (2018) muestran que la incorporación de cenizas de cisco de café y desperdicios de ladrillo triturado, respectivamente, eleva sustancialmente el CBR, superando el límite mínimo recomendado por el MTC. En el tramo Llalli – Cupi, el CBR 95% pasa de 2.39% en el suelo natural a valores del orden de 11% con resina de pino y superiores al 10% con mucílago de nopal, lo que se encuentra dentro del rango de mejoras reportado en dichos estudios y confirma que la estrategia de estabilización con materiales alternativos es técnicamente viable.

Tabla 19

Comparación de resultados con antecedentes.

Resultado de la tesis	Antecedentes relacionados	Resultado del antecedente
Con resina de pino, la MDS aumenta de 1.722 a 1.776 g/cm ³ y el OCH disminuye de 16.35% a ≈12.9%; con mucílago de nopal, la MDS baja a 1.669 g/cm ³ y el OCH sube a ≈19.85%.	Rodríguez (2019) – TerraSil biodegradable	TerraSil mejora la compactación, reduce la humedad y aumenta la capacidad portante frente al suelo natural.
CBR 95% sube de 2.39% (pobre) a 11.30% con 7.5% de resina y a 10.39% con 12% de mucílago, clasificándose como “buena”–“excelente” según MTC vecinal.	Badillo y Guachamín (2023) – cal viva y caucho reciclado	Se incrementan la densidad y el CBR respecto al suelo natural, permitiendo reducir espesores de pavimento y costos.
IP disminuye de 15.07% a valores entre ≈12.8% y 13.8% con resina y mucílago, manteniéndose siempre IP < 17 (plasticidad media controlada).	Lozano et al. (2017) – Terrazyme (enzima orgánica)	Terrazyme reduce la plasticidad y mejora el comportamiento mecánico del suelo frente a cargas.
El mucílago de nopal aumenta el OCH (≈16.35% a ≈19.8%) y reduce ligeramente la MDS, pero eleva el CBR 95% a ≈10.39%.	Tanta (2022) – mucílago de nopal	El aumento de mucílago incrementa el OCH, reduce ligeramente la MDS y mejora la resistencia a compresión y el CBR hasta una dosis óptima.
Con 7.5% de resina se obtiene la mayor MDS (1.776 g/cm ³) y CBR 95% (11.30%), mejorando claramente el suelo natural.	Callo y Yapu (2022) – resina de pino + óxido de cal	La combinación de resina de pino y cal reduce el IP, aumenta la MDS y eleva el CBR por encima de los valores de la subrasante natural.
Mucílago de nopal reduce IP hasta ≈12.8%, incrementa OCH y mejora CBR 95% de 2.39% a más de 10%.	Rimachi y Sánchez (2022) – mucílago de tuna	El mucílago de tuna reduce IP, aumenta OCH y mejora la compactación y el CBR, con dosis óptima alrededor de 8%.
Resina de pino y mucílago de nopal elevan el CBR a rangos “buenos”–“excelentes” y colocan la subrasante dentro de los requisitos del MTC.	Jara (2024), Iquira (2022) y Gonzales (2018) – ceniza de madera, ceniza de café y ladrillo triturado	Cenizas y residuos cerámicos reducen IP, aumentan MDS y CBR, permitiendo que el suelo cumpla con los límites del MTC para subrasante.

CONCLUSIONES

General, la incorporación de resina de pino y mucílago de nopal mejoró significativamente las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupi, pasando de una condición inicial de baja capacidad de soporte ($CBR \approx 2.39\%$) a categorías “buena” y “excelente” según la clasificación del MTC vecinal, especialmente para las dosificaciones de 7.5% de resina de pino y 12% de mucílago de nopal.

Primera, en cuanto a las propiedades físicas y mecánicas iniciales, el suelo de subrasante se clasificó como ML/CL, con 59.77% de finos, índice de plasticidad de 15.07%, MDS de 1.722 g/cm^3 y CBR 95% de 2.39%, lo que evidencia un material de subrasante regular y con capacidad de soporte pobre, insuficiente para cumplir los requisitos mínimos del MTC vecinal.

Segunda, respecto al índice de plasticidad, la adición de resina de pino en dosificaciones de 2.5%, 5% y 7.5%, y de mucílago de nopal en 4%, 8% y 12%, redujo el IP en un rango aproximado de 8% a 15%, alcanzando valores mínimos de 12.87% (RP 7.5%) y 12.82% (MN 12%), de modo que todos los tratamientos cumplen el criterio $IP < 17$ y mejoran la trabajabilidad del suelo.

Tercera, en relación con el grado de compactación, la resina de pino produjo un incremento progresivo de la MDS hasta 1.776 g/cm^3 y una disminución del contenido óptimo de humedad hasta alrededor de 12.9%, lo que indica una mayor densificación y eficiencia en la compactación; en contraste, el mucílago de nopal redujo la MDS hasta 1.669 g/cm^3 y elevó el OCH hasta cerca de 19.85%, evidenciando que dosificaciones altas de MN requieren más humedad y no resultan tan favorables para la compactación como la resina.



Cuarta. en términos de capacidad de soporte, el CBR 95% MDS aumentó desde 2.39% en el suelo natural hasta 11.30% con 7.5% de resina de pino y 10.39% con 12% de mucílago de nopal, lo que representa mejoras superiores al 300% y permite reclasificar la subrasante desde “pobre” a “buena” y “excelente” según el MTC vecinal; por ello, las dosificaciones de 5–7.5% de resina de pino y 8–12% de mucílago de nopal se identifican como técnicamente viables para el mejoramiento de la subrasante en el tramo Llalli – Cupi.



RECOMENDACIONES

Primera, se recomienda que futuras investigaciones orientadas al mejoramiento de suelos arcillosos de subrasante con resina de pino y mucílago de nopal incorporen evaluaciones técnico–económicas y ambientales comparando estos aditivos con estabilizantes tradicionales, a fin de fundamentar su uso como alternativa sostenible en proyectos viales rurales. Asimismo, resulta conveniente aplicar la metodología desarrollada en otros tramos carreteros con condiciones geotécnicas y climáticas similares, para validar la reproducibilidad de los resultados y fortalecer las bases para elaborar manuales o guías de diseño y construcción con aditivos naturales.

Segunda, para futuros trabajos se recomienda ampliar la caracterización del suelo de subrasante incluyendo análisis mineralógico y microestructural, así como estudios de comportamiento frente a ciclos de humedecimiento–secado propios de la zona altoandina. Esto permitirá comprender mejor la interacción entre las arcillas locales y los aditivos naturales, y ajustar con mayor precisión los modelos de clasificación y desempeño. Asimismo, conviene comparar el suelo de Llalli–Cupi con otros suelos de la región Puno para evaluar la aplicabilidad de los resultados a una escala territorial más amplia.

Tercera, se sugiere que futuras investigaciones profundicen en el efecto de combinaciones simultáneas de resina de pino y mucílago de nopal sobre el índice de plasticidad, explorando un rango más amplio de dosificaciones y relaciones entre ambos aditivos. De esta manera se podría identificar una mezcla binaria óptima que logre reducciones mayores de plasticidad sin afectar negativamente otras propiedades del suelo. También se recomienda evaluar el comportamiento del IP en el tiempo, considerando curados prolongados y condiciones ambientales variables, para validar la estabilidad de la mejora obtenida.



Cuarta. para el grado de compactación, se recomienda estudiar el efecto de distintas energías de compactación y diferentes procedimientos de mezcla y curado de los aditivos, con el fin de definir protocolos constructivos más realistas para obra en campo. Futuras investigaciones pueden comparar el desempeño de la resina de pino y el mucílago de nopal frente a otros estabilizantes naturales o convencionales, analizando no solo la MDS y el OCH, sino también parámetros de durabilidad. Así se podrán establecer criterios técnicos y económicos más completos para seleccionar la alternativa de estabilización más adecuada.

Quinta. en relación con el CBR y la capacidad de soporte, se recomienda que estudios posteriores incluyan ensayos de desempeño a largo plazo y tramos experimentales en la propia carretera Llalli-Cupi u otras vías similares, monitoreando deformaciones, fisuras y mantenimiento requerido. Ello permitirá contrastar los incrementos de CBR obtenidos en laboratorio con el comportamiento real bajo tránsito y condiciones climáticas de la región. Además, sería conveniente desarrollar modelos de correlación entre dosificación de aditivos, CBR de laboratorio y vida útil esperada del pavimento, para apoyar la toma de decisiones en diseños viales futuros.



REFERENCIAS

- Arias Gonzales, F. (2021). El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica (8.^a ed.). Episteme.
- Badillo, M., & Guachamín, P. (2023). Estabilización de suelos arcillosos mediante la utilización de cal viva y caucho reciclado de neumáticos, para mejoramiento de la subrasante en estructuras de pavimento flexible, en la urbanización 21 de Enero (Ciudad: Tena) [Tesis de pregrado, Universidad Regional Amazónica IKIAM].
- Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe (CAF). (2020). Infraestructura vial rural en América Latina: desafíos para la conectividad y sostenibilidad. C Y F.
- Bashir, M., Khan, M. I., & Ahmad, R. (2017). Soil stabilization techniques and their application in road construction: A review. *Journal of Geotechnical Engineering*, 15(2), 115-126. <https://doi.org/10.1016/j.jgeotech.2017.01.004>
- Bautista Rafaele, M. (2023). Efecto del mucílago de nopal en la capacidad portante de suelos arcillosos para subrasante de carreteras [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Benson, C. H., Daniel, D. E., & Constantz, J. (2019). *Geotechnical engineering for ground improvement: Techniques, applications and materials*. John Wiley & Sons.
- Callo, R. y Yapu, J. (2022). Influencia de la resina de pino con óxido de cal en las propiedades de la subrasante, vía Vilcapaza–Ayrampuni, Puno, 2022 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano de Puno].
- CEPLAN. (2021). Informe nacional de brechas de infraestructura del Perú 2021–2030. Centro Nacional de Planeamiento Estratégico.
- Contraloría General de la República. (2022). Informe de auditoría de desempeño al mantenimiento de la red vial departamental y vecinal 2021–2022. Contraloría General de la República del Perú.



- Das, B. M. (2020). *Principles of geotechnical engineering* (9th ed.). Cengage Learning.
- García-Ynoñán, M. (2021). *Estabilización de suelos finos mediante el uso de aditivos naturales para la mejora de la subrasante vial* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Trujillo].
- Gómez, M., Martínez, F., & Salinas, R. (2021). Mineralogía de suelos arcillosos y su influencia en el comportamiento geotécnico. *Revista Internacional de Ingeniería Geotécnica*, 10(3), 145-158.
- Gómez, M., Pérez, R., & Rodríguez, A. (2021). Uso de estabilizadores naturales en la ingeniería civil: Aplicación de mucílago de nopal y resinas naturales. *Revista de Materiales de Construcción*, 69(4), 723-734.
<https://doi.org/10.1016/j.jmatbuild.2021.05.013>
- Gómez, S., & Rodríguez, R. (2021). Evaluación de la calidad de la subrasante y su influencia en el comportamiento estructural de pavimentos. *Revista Geotécnica*, 28(2), 45-57.
- González, J. (2018). *Comportamiento de las propiedades mecánicas del suelo con la incorporación de los desperdicios de ladrillo de arcilla cocida triturada, en la provincia de San Román, Puno* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano de Puno].
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. del P. (2020). *Metodología de la investigación* (7.^a ed.). McGraw-Hill.
- Huang, Y. (2004). Geotechnical properties of soil and their influence on pavement design. *Transportation Geotechnics*, 1(1), 15-25.
<https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2014.01.002>
- Iquira, C. (2022). *Estabilidad de suelos arcillosos con cenizas cisco de café para el mejoramiento de subrasante* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano de Puno].
- Jara, M. (2024). *Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera (aserrín), en su comportamiento mecánico–deformacional para el mejoramiento de*



- la subrasante, de las vías de la urbanización Las Gardenias de la ciudad de Juliaca [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano de Puno].
- Khan, A., Ahmad, Z., & Tariq, M. (2021). Behavior of clayey soils under various stabilizing techniques and their effect on shrinkage and swelling properties. *Journal of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering*, 12(4), 255-268. <https://doi.org/10.1016/j.smej.2021.07.002>
- López, A., & Salazar, P. (2021). Estrategias para la estabilización de suelos arcillosos en caminos rurales de América Latina. *Revista Latinoamericana de Ingeniería Civil*, 12(3), 45–58.
- López, F., Vargas, L., & Salazar, M. (2019). Comportamiento de la subrasante en condiciones climáticas cambiantes: Estudio experimental. *Revista de Ingeniería Vial*, 23(1), 31-45.
- Lozano, J., Pérez, L. y Ramírez, D. (2017). Análisis del mejoramiento de un suelo de subrasante con un aditivo orgánico [Tesis de pregrado, Universidad del Tolima].
- Martínez, F., Pérez, M., & Rodríguez, A. (2021). Uso de resina de pino como estabilizante de suelos en proyectos de infraestructura. *Geotechnical Applications*, 15(3), 70-80. <https://doi.org/10.1016/j.geoapp.2021.03.006>
- Martínez, M., & López, R. (2020). Estabilización de suelos con mucílago de nopal: Perspectivas y resultados experimentales. *Journal of Sustainable Engineering*, 8(2), 100-112.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2014). Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos (Vol. VII). Dirección General de Caminos y Ferrocarriles.
- Oliveira, S., Silva, A., & Pereira, J. (2019). Innovative soil stabilization techniques with natural materials and sustainable solutions. *Environmental Geotechnics*, 6(2), 128-140.



- Pérez, J., Sánchez, E., & Morales, T. (2021). Geosintéticos en la mejora de la subrasante: Evaluación de su efectividad en diferentes tipos de suelo. *Journal of Geotechnical and Environmental Engineering*, 19(1), 89-98.
- Ramírez, L., & López, V. (2020). Sustainable alternatives in soil stabilization: A review of eco-friendly approaches. *Construction and Building Materials*, 235, 117-128. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117942>
- Ramírez, L., Silva, P., & Torres, C. (2019). Cal y cemento en la estabilización de suelos arcillosos: Estudio comparativo y aplicaciones prácticas. *Revista Mexicana de Ingeniería Geotécnica*, 18(4), 109-115.
- Rimachi, N., & Sánchez, L. (2022). Incorporación de mucílago de atún para el mejoramiento de las propiedades de la subrasante en Av. Los Olivos, Arequipa–2022 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
- Rodríguez, J. (2019). Análisis comparativo de la compactación y humedad de la subrasante natural y la subrasante utilizando productos químicos biodegradables (Terrasil), de la vía ecológica del cantón Quevedo, provincia de Los Ríos [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo].
- Rodríguez, J., Pérez, L., & Silva, R. (2019). Uso de mucílago de nopal en la estabilización de suelos: Estudio experimental y evaluación de su efectividad. *Journal of Geotechnical Engineering*, 7(3), 142-150. <https://doi.org/10.1016/j.jgeotech.2019.02.005>
- Romero Villajuán, D. (2022). Comparación de métodos de estabilización con cal, cemento y polímeros en suelos arcillosos de la sierra sur del Perú [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco].
- Singh, G., & Singh, R. (2015). Utilization of pine resin as a soil stabilizer: A sustainable alternative in geotechnical applications. *International Journal of Environmental Science and Engineering*, 3(2), 114-121.



- Tanta Prado, E. (2022). Influencia del mucílago de nopal en el mejoramiento de la subrasante de suelo arcilloso de la carretera Rosario–Sivia, Ayacucho, 2022 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].
- Tanta, E. (2022). Influencia del mucílago de nopal en el mejoramiento de la subrasante de suelo arcilloso de la carretera Rosario-Sivia, Ayacucho, 2022 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga].
- Torres, F. y Medina, C. (2022). Uso de aditivos naturales en la estabilización de suelos finos: alternativas sostenibles para carreteras rurales. *Revista de Ingeniería y Terreno*, 18(2), 77–88.
- Torres, J., Ramírez, R., & Mendoza, P. (2020). Comportamiento de la subrasante en pavimentos: Evaluación geotécnica y técnicas de mejoramiento. *Revista Internacional de Ingeniería Civil*, 25(4), 213-220.
- Wang, Y., Li, X., & Chen, Y. (2019). Geotechnical applications of pine resin in soil stabilization: Experimental analysis and environmental considerations. *Geosynthetics International*, 26(1), 11-18. <https://doi.org/10.1016/j.geoint.2019.10.001>
- Zhang, L., Liu, X., & Wu, F. (2020). Plasticity of clay soils and their geotechnical behavior under various environmental conditions. *Journal of Applied Geotechnical Engineering*, 9(3), 128-139. <https://doi.org/10.1016/j.jage.2020.03.008>
- Zhang, L., Liu, X., & Wu, F. (2020). Plasticity of clay soils and their geotechnical behavior under various environmental conditions. *Journal of Applied Geotechnical Engineering*, 9(3), 128-139. <https://doi.org/10.1016/j.jage.2020.03.008>ñola.



ANEXOS



TÍTULO DE LA TESIS: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI – CUPU 2024

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
Problema General: ¿Cómo mejorar las propiedades de suelos arcillosos de subrasante con empleo de resina de pino y mucílago de nopal en la carretera Llalli – Cupu 2024?	Objetivo General: Mejorar las propiedades de suelos arcillosos de subrasante con empleo de resina de pino y mucílago de nopal en la carretera Llalli – Cupu 2024.	Hipótesis General: Las propiedades de suelos arcillosos de subrasante con empleo de resina de pino y mucílago de nopal en la carretera Llalli – Cupu 2024, mejorarán según el porcentaje de incorporación de los materiales estudiados.	<p>Variable Independiente</p> <p>VI: 1 Resina de pino VI: 2 Mucilago de nopal</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> •% de Resina de pino: 0%, 2.5%, 5%, 7.5% •% de Mucilago de nopal: 0%, 4%, 8%, 12%. <p>Variable Dependiente</p> <p>Propiedades físicas y mecánicas del suelo arcilloso de subrasante</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Plasticidad •Grado de compactación •Capacidad de soporte 	<p>Balanza, dosificación</p> <p>Equipos de laboratorio.</p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
<p>¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupu 2024?</p> <p>¿Cuál es el impacto del empleo de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas sobre el índice plástico de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupu 2024?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la incorporación de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas sobre el grado de compactación de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupu 2024?</p> <p>¿Cuál es la incidencia de la aplicación de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas sobre el CBR de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupu 2024?</p>	<p>Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupu 2024.</p> <p>Determinar el impacto del empleo de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas sobre el índice plástico de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupu 2024.</p> <p>Determinar el efecto de la incorporación de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas sobre el grado de compactación de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupu 2024.</p> <p>Determinar la incidencia de la aplicación de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas sobre el CBR de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupu 2024.</p>	<p>Las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupu 2024, serán de plasticidad alta y baja resistencia.</p> <p>El impacto del empleo de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas disminuirá el índice plástico de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupu 2024.</p> <p>El efecto de la incorporación de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas optimizará el grado de compactación de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupu 2024.</p> <p>La incidencia de la aplicación de resina de pino y mucílago de nopal en cantidades variadas aumentará considerablemente el CBR de suelos arcillosos de subrasante de la carretera Llalli – Cupu 2024.</p>		



Anexo 2. Certificados de Calidad de Laboratorio



Anexo 3. Panel fotográfico

Fotografía 1. Proceso de peso de la muestra



Fotografía 2. Tamizado del material



Fotografía 3. Ensayo de Límites de consistencia



Fotografía 4. Tratamiento de la resina de pino y mucilago de nopal



Fotografía 5. Selección de muestreo del suelo natural



Fotografía 6. Ensayo Proctor modificado



Fotografía 7. Ensayo CBR



Fotografía 8. Máquina de penetración CBR







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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU
SOLICITANTE : Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE
LUGAR : CARRETERA LLALLI - CUPU
MUESTRA : CALICATA 1 - MUESTRA 1
FECHA : AGOSTO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75,000						P.L.= 2500,00
2 1/2"	63,000						P.L.= 1005,68
2"	50,000						P.P.= 1494,32
1 1/2"	38,100						%w= 18,06
1"	25,000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19,000						L.L.= 35,37
1/2"	12,500						L.P.= 21,27
3/8"	9,500	100,00	4,00	4,00	96,00		I.P.= 14,10
1/4"	6,300	99,08	3,96	7,96	92,04		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4,750	98,03	3,92	11,88	88,12		D10= --- Cu= ---
No8	2,360	97,51	3,90	15,78	84,22		D30= --- Cc= ---
No10	2,000	96,11	3,84	19,63	80,37		D60= 0,08
No16	1,180	95,23	3,81	23,44	76,56		CLASIFICACIÓN:
No20	0,850	93,42	3,74	27,18	72,82		I.G. = :
No30	0,600						SUCS : CH
No40	0,425	88,49	3,54	30,71	69,29		ASSTHO : A-7
No 50	0,300	85,38	3,42	34,13	65,87		OBSERVACIONES:
No60	0,250						
No80	0,180						
No100	0,150	77,16	3,09	37,22	62,78		
No200	0,075	75,27	3,01	40,23	59,77		
BASE		1494,32	59,77	100,00	0,00		
TOTAL		2500,00	100,00				
% PERDIDA		59,77					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

Dr. Arnoldo 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

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024

SOLICITANTE

Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR

CARRETERA LLALLI - CUPI

MUESTRA

CALICATA 1 - MUESTRA 1

FECHA

AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	95,50
SUELO SECO + TARRO	gr	85,00
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	58,15
HUMEDAD %	%	18,06

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32,57	31,19	32,81
SUELO SECO + TARRO	gr	29,67	29,17	30,45
PESO DEL TARRO	gr	21,68	23,24	23,85
PESO DEL AGUA	gr	2,90	2,02	2,36
PESO DEL SUELO SECO	gr	7,99	5,93	6,60
HUMEDAD %	%	36,30	34,06	35,76
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
21,07	21,16
19,89	20,21
14,42	15,68
1,18	0,95
5,47	4,53
21,57	20,97

LÍMITE LÍQUIDO % : 35,37

LÍMITE PLÁSTICO % : 21,27

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14,10

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Arnaldo Yana Torres
C.I.P. 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUÇILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024

SOLICITANTE : Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR : CARRETERA LLALLI - CUPU

MUESTRA : CALICATA 2 - MUESTRA 2

FECHA : AGOSTO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75,000						P.L.= 2500,00
2 1/2"	63,000						P.L.= 1036,89
2"	50,000						P.P.= 1463,11
1 1/2"	38,100						%w= 17,95
1"	25,000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19,000						L.L.= 35,91
1/2"	12,500						L.P.= 20,58
3/8"	9,500	100,00	4,00	4,00	96,00		I.P.= 15,33
1/4"	6,300	98,14	3,93	7,93	92,07		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4,750	97,02	3,88	11,81	88,19		D10= --- Cu= ---
No8	2,360	96,43	3,86	15,66	84,34		D30= --- Cc= ---
No10	2,000	96,87	3,87	19,54	80,46		D60= 0,11
No16	1,180	95,13	3,81	23,34	76,66		CLASIFICACIÓN:
No20	0,850	94,54	3,78	27,13	72,87		I.G. = :
No30	0,600						SUCS : CH
No40	0,425	93,78	3,75	30,88	69,12		ASSTHO : A-7
No50	0,300	90,89	3,64	34,51	65,49		OBSERVACIONES:
No60	0,250						
No80	0,180						
No100	0,150	88,14	3,53	38,04	61,96		
No200	0,075	85,95	3,44	41,48	58,52		
BASE		1463,11	58,52	100,00	0,00		
TOTAL		2500,00	100,00				
% PERDIDA		58,52					



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

Dr. 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 : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU

SOLICITANTE : Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR : CARRETERA LLALLI - CUPU

MUESTRA : CALIGATA 2 - MUESTRA 2

FECHA : AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	95,85
SUELO SECO + TARRO	gr	85,35
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	58,50
HUMEDAD %	%	17,95

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32,47	31,25	32,72
SUELO SECO + TARRO	gr	29,57	29,23	30,36
PESO DEL TARRO	gr	21,71	23,33	23,91
PESO DEL AGUA	gr	2,90	2,02	2,36
PESO DEL SUELO SECO	gr	7,86	5,90	6,45
HUMEDAD %	%	36,90	34,24	36,59
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

	T-14	T-15
	21,18	21,04
	19,97	20,17
	14,49	15,61
	1,21	0,87
	5,48	4,56
	22,08	19,08

LÍMITE LÍQUIDO % : 35,91

LÍMITE PLÁSTICO % : 20,58

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15,33

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAS INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFFERSON JULIACA - 2024

Armando Yana Torres
CIP. 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU

SOLICITANTE : Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR : CARRETERA LLALLI - CUPU

MUESTRA : CALICATA 3 - MUESTRA 3

FECHA : AGOSTO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75,000						P.L.= 2500,00
2 1/2"	63,000						P.L.= 1020,95
2"	50,000						P.P.= 1479,05
1 1/2"	38,100						% w = 18,09
1"	25,000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19,000						L.L.= 35,72
1/2"	12,500						L.P.= 19,95
3/8"	9,500	100,00	4,00	4,00	96,00		I.P.= 15,77
1/4"	6,300	99,08	3,96	7,96	92,04		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4,750	97,46	3,90	11,86	88,14		D10= --- Cu= ---
No8	2,360	96,49	3,86	15,72	84,28		D30= --- Cc= ---
No10	2,000	94,23	3,77	19,49	80,51		D60= 0,09
No16	1,180	93,74	3,75	23,24	76,76		CLASIFICACIÓN:
No20	0,850	92,19	3,69	26,93	73,07		I.G. = :
No30	0,600						SUCS : CH
No40	0,425	89,46	3,58	30,51	69,49		ASSTHO : A-7
No 50	0,300	88,11	3,52	34,03	65,97		OBSERVACIONES:
No60	0,250						
No80	0,180						
No100	0,150	85,43	3,42	37,45	62,55		
No200	0,075	84,76	3,39	40,84	59,16		
BASE		1479,05	59,16	100,00	0,00		
TOTAL		2500,00	100,00				
% PERDIDA		59,16					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN PLAZA DE TRABAJO DEL SOLICITANTE

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C.A.
Dr. Arnoldo Vargas Cárdenas
C.I.P. 103257



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



PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024
SOLICITANTE	: Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE
LUGAR	: CARRETERA LLALLI - CUPU
MUESTRA	: CALICATA 3 - MUESTRA 3
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	95,40
SUELO SECO + TARRO	gr	84,90
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	58,05
HUMEDAD %	%	18,09

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32,44	31,33	32,64
SUELO SECO + TARRO	gr	29,55	29,30	30,31
PESO DEL TARRO	gr	21,71	23,37	23,85
PESO DEL AGUA	gr	2,89	2,03	2,33
PESO DEL SUELO SECO	gr	7,84	5,93	6,46
HUMEDAD %	%	36,86	34,23	36,07
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
21,06	21,05
19,98	20,13
14,53	15,55
1,08	0,92
5,45	4,58
19,82	20,09

LÍMITE LÍQUIDO % : 35,72

LÍMITE PLÁSTICO % : 19,95

ÍNDICE PLÁSTICO % : 15,77

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. Arnoldo Yana Torres
C.P. 103257



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



PROYECTO

: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU

SOLICITANTE

: Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR

: CARRETERA LLALLI - CUPU

MUESTRA

: CALICATA 1 - MUESTRA 1 + MUCILAGO DE NOPAL AL 4%

FECHA

: AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96,55
SUELO SECO + TARRO	gr	86,05
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,20
HUMEDAD %	%	17,74

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30,39	30,32	30,32
SUELO SECO + TARRO	gr	27,47	28,36	28,71
PESO DEL TARRO	gr	19,45	22,27	23,7
PESO DEL AGUA	gr	2,92	1,96	1,61
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,02	6,09	5,01
HUMEDAD %	%	36,41	32,18	32,14
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
21,38	19,81
20,13	18,75
13,12	14,25
1,25	1,06
7,01	4,50
17,83	23,56

LÍMITE LIQUIDO % : 33,58

LÍMITE PLÁSTICO % : 20,69

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12,88

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

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



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



PROYECTO

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI

SOLICITANTE

Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR

CARRETERA LLALLI - CUPI

MUESTRA

CALICATA 2 - MUESTRA 2 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 4%

FECHA

AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96,61
SUELO SECO + TARRO	gr	86,11
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,26
HUMEDAD %	%	17,72

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30,51	30,43	30,44
SUELO SECO + TARRO	gr	27,59	28,45	28,83
PESO DEL TARRO	gr	19,54	22,38	23,84
PESO DEL AGUA	gr	2,92	1,98	1,61
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,05	6,07	4,99
HUMEDAD %	%	36,27	32,62	32,26
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
21,49	19,93
20,25	18,88
13,21	14,36
1,24	1,05
7,04	4,52
17,61	23,23

LÍMITE LÍQUIDO % : 33,72

LÍMITE PLÁSTICO % : 20,42

ÍNDICE PLÁSTICO % : 13,30

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. Arnoldo 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

: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024

SOLICITANTE

: Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR

: CARRETERA LLALLI - CUPU

MUESTRA

: CALICATA 3 - MUESTRA 3 + MUCILAGO DE NOPAL AL 4%

FECHA

: AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96,69
SUELO SECO + TARRO	gr	86,19
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,34
HUMEDAD %	%	17,69

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30,63	30,57	30,53
SUELO SECO + TARRO	gr	27,72	28,59	28,95
PESO DEL TARRO	gr	19,66	22,51	23,97
PESO DEL AGUA	gr	2,91	1,98	1,58
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,06	6,08	4,98
HUMEDAD %	%	36,10	32,57	31,73
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
21,62	19,99
20,37	18,95
13,33	14,47
1,25	1,04
7,04	4,48
17,76	23,21

LÍMITE LIQUIDO % : 33,47

LÍMITE PLÁSTICO % : 20,48

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12,98

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. 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

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024

SOLICITANTE

Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR

CARRETERA LLALLI - CUPI

MUESTRA

CALICATA 1 - MUESTRA 1 + MUCILAGO DE NOPAL AL 8%

FECHA

AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96,74
SUELO SECO + TARRO	gr	86,24
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,39
HUMEDAD %	%	17,68

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30,72	30,69	30,65
SUELO SECO + TARRO	gr	27,81	28,71	29,03
PESO DEL TARRO	gr	19,77	22,63	24,08
PESO DEL AGUA	gr	2,91	1,98	1,62
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,04	6,08	4,95
HUMEDAD %	%	36,19	32,57	32,73
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
21,84	20,15
20,48	19,09
13,48	14,59
1,36	1,06
7,00	4,50
19,43	23,56

LÍMITE LIQUIDO % : 33,83

LÍMITE PLÁSTICO % : 21,49

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12,34

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. 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

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024

SOLICITANTE

Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR

CARRETERA LLALLI - CUPU

MUESTRA

CALICATA 2 - MUESTRA 2 + MUCILAGO DE NOPAL AL 8%

FECHA

AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96,77
SUELO SECO + TARRO	gr	86,27
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,42
HUMEDAD %	%	17,67

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30,81	30,81	30,77
SUELO SECO + TARRO	gr	27,90	28,80	29,12
PESO DEL TARRO	gr	19,88	22,78	24,17
PESO DEL AGUA	gr	2,91	2,01	1,65
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,02	6,02	4,95
HUMEDAD %	%	36,28	33,39	33,33
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
21,91	20,23
20,59	19,18
13,54	14,66
1,32	1,05
7,05	4,52
18,72	23,23

LÍMITE LÍQUIDO % : 34,34

LÍMITE PLÁSTICO % : 20,98

ÍNDICE PLÁSTICO % : 13,36

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. 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

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024

SOLICITANTE

Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR

CARRETERA LLALLI - CUPU

MUESTRA

CALICATA 3 - MUESTRA 3 + MUCILAGO DE NOPAL AL 8%

FECHA

AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96,84
SUELO SECO + TARRO	gr	86,34
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,49
HUMEDAD %	%	17,65

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	29,92	29,92	29,89
SUELO SECO + TARRO	gr	26,99	27,92	28,24
PESO DEL TARRO	gr	18,98	21,89	23,29
PESO DEL AGUA	gr	2,93	2,00	1,65
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,01	6,03	4,95
HUMEDAD %	%	36,58	33,17	33,33
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
20,99	19,35
19,70	18,27
12,66	13,77
1,29	1,08
7,04	4,50
18,32	24,00

LÍMITE LIQUIDO % : 34,36

LÍMITE PLÁSTICO % : 21,16

ÍNDICE PLÁSTICO % : 13,20

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. 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 : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024

SOLICITANTE : Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR : CARRETERA LLALLI - CUPI

MUESTRA : CALICATA 1 - MUESTRA 1 + MUCILAGO DE NOPAL AL 12%

FECHA : AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96,88
SUELO SECO + TARRO	gr	86,38
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,53
HUMEDAD %	%	17,64

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	29,99	29,99	29,96
SUELO SECO + TARRO	gr	27,06	27,98	28,31
PESO DEL TARRO	gr	19,05	21,95	23,34
PESO DEL AGUA	gr	2,93	2,01	1,65
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,01	6,03	4,97
HUMEDAD %	%	36,58	33,33	33,20
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

	T-14	T-15
	21,04	19,42
	19,76	18,33
	12,73	13,85
	1,28	1,09
	7,03	4,48
	18,21	24,33

LÍMITE LÍQUIDO % : 34,37

LÍMITE PLÁSTICO % : 21,27

ÍNDICE PLÁSTICO % : 13,10

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - C.A.E. INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A.
 DEPARTAMENTO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 DE: *Armando 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**

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024

SOLICITANTE

Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR

CARRETERA LLALLI - CUPU

MUESTRA

CALICATA 2 - MUESTRA 2 + MUCILAGO DE NOPAL AL 12%

FECHA

AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96,88
SUELO SECO + TARRO	gr	86,38
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,53
HUMEDAD %	%	17,64

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30,10	30,11	30,08
SUELO SECO + TARRO	gr	27,17	28,09	28,45
PESO DEL TARRO	gr	19,17	22,08	23,47
PESO DEL AGUA	gr	2,93	2,02	1,63
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,00	6,01	4,98
HUMEDAD %	%	36,63	33,61	32,73
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

	T-14	T-15
	21,16	19,55
	19,88	18,45
	12,85	13,96
	1,28	1,10
	7,03	4,49
	18,21	24,50

LÍMITE LIQUIDO % : 34,32

LÍMITE PLÁSTICO % : 21,35

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12,97

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



DIRECCIÓN NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CIP INGENIERÍA CIVIL

Dr. 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

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUIPI 2024

SOLICITANTE

Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR

CARRETERA LLALLI - CUIPI

MUESTRA

CALICATA 3 - MUESTRA 3 + MUCILAGO DE NOPAL AL 12%

FECHA

AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96,96
SUELO SECO + TARRO	gr	86,46
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,61
HUMEDAD %	%	17,61

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	30,31	30,30	30,32
SUELO SECO + TARRO	gr	27,39	28,31	28,66
PESO DEL TARRO	gr	19,36	22,29	23,69
PESO DEL AGUA	gr	2,92	1,99	1,66
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,01	6,02	4,97
HUMEDAD %	%	36,45	33,06	33,40
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
21,39	19,76
19,99	18,68
12,98	14,15
1,40	1,08
7,01	4,53
19,97	23,84

LÍMITE LIQUIDO % : 34,30

LÍMITE PLÁSTICO % : 21,91

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12,40

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. 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

: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024.

SOLICITANTE

: Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR

: CARRETERA LLALLI - CUPU

MUESTRA

: CALICATA 1 - MUESTRA 1 + RESINA DE PINO AL 2.5%

FECHA

: AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96,90
SUELO SECO + TARRO	gr	86,40
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,55
HUMEDAD %	%	17,63

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31,46	31,43	31,45
SUELO SECO + TARRO	gr	28,56	29,48	29,84
PESO DEL TARRO	gr	20,54	23,39	24,81
PESO DEL AGUA	gr	2,90	1,95	1,61
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,02	6,09	5,03
HUMEDAD %	%	36,16	32,02	32,01
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
22,49	20,93
21,21	19,88
14,24	15,36
1,28	1,05
6,97	4,52
18,36	23,23

LÍMITE LÍQUIDO % : 33,40

LÍMITE PLÁSTICO % : 20,80

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12,60

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes

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

M.S.C.A. JEFATURA

Dr. 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**

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024

SOLICITANTE

Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR

CARRETERA LLALLI - CUPU

MUESTRA

CALICATA 2 - MUESTRA 2 + RESINA DE PINO AL 2.5%

FECHA

AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	97,00
SUELO SECO + TARRO	gr	86,50
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,65
HUMEDAD %	%	17,60

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31,48	31,52	31,51
SUELO SECO + TARRO	gr	28,36	29,56	29,88
PESO DEL TARRO	gr	20,26	23,50	24,87
PESO DEL AGUA	gr	3,12	1,96	1,63
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,10	6,06	5,01
HUMEDAD %	%	38,52	32,34	32,53
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
22,55	20,98
21,27	19,94
14,28	15,43
1,28	1,04
6,99	4,51
18,31	23,06

LÍMITE LIQUIDO % : 34,47

LÍMITE PLÁSTICO % : 20,69

ÍNDICE PLÁSTICO % : 13,78

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. 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

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI- CUIPI 2024

SOLICITANTE

Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR

CARRETERA LLALLI- CUIPI

MUESTRA

CALICATA 3 - MUESTRA 3 + RESINA DE PINO AL 2.5%

FECHA

AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96,85
SUELO SECO + TARRO	gr	86,35
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,50
HUMEDAD %	%	17,65

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31,37	31,41	31,40
SUELO SECO + TARRO	gr	28,22	29,49	29,74
PESO DEL TARRO	gr	20,18	23,41	24,71
PESO DEL AGUA	gr	3,15	1,92	1,66
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,04	6,08	5,03
HUMEDAD %	%	39,18	31,58	33,00
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
22,46	20,87
21,18	19,83
14,17	15,32
1,28	1,04
7,01	4,51
18,26	23,06

LÍMITE LÍQUIDO % : 34,59

LÍMITE PLÁSTICO % : 20,66

ÍNDICE PLÁSTICO % : 13,93

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. 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

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024

SOLICITANTE

Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR

CARRETERA LLALLI - CUPU

MUESTRA

CALICATA 1 - MUESTRA 1 + RESINA DE PINO AL 5%

FECHA

AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96,80
SUELO SECO + TARRO	gr	86,30
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,45
HUMEDAD %	%	17,66

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31,29	31,33	31,29
SUELO SECO + TARRO	gr	28,13	29,38	29,65
PESO DEL TARRO	gr	20,09	23,30	24,62
PESO DEL AGUA	gr	3,16	1,95	1,64
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,04	6,08	5,03
HUMEDAD %	%	39,30	32,07	32,60
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
22,35	20,76
21,09	19,72
14,08	15,21
1,26	1,04
7,01	4,51
17,97	23,06

LÍMITE LÍQUIDO % : 34,66

LÍMITE PLÁSTICO % : 20,52

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14,14

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIF. 103287



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

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUIPI 2024

SOLICITANTE

Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR

CARRETERA LLALLI - CUIPI

MUESTRA

CALICATA 2 - MUESTRA 2 + RESINA DE PINO AL 5%

FECHA

AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96,84
SUELO SECO + TARRO	gr	86,34
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,49
HUMEDAD %	%	17,65

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31,18	31,24	31,18
SUELO SECO + TARRO	gr	28,04	29,29	29,54
PESO DEL TARRO	gr	20,01	23,21	24,51
PESO DEL AGUA	gr	3,14	1,95	1,64
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,03	6,08	5,03
HUMEDAD %	%	39,10	32,07	32,60
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

	T-14	T-15
	22,26	20,71
	21,00	19,63
	14,01	15,11
	1,26	1,08
	6,99	4,52
	18,03	23,89

LÍMITE LIQUIDO % : 34,59

LÍMITE PLÁSTICO % : 20,96

ÍNDICE PLÁSTICO % : 13,63

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. 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

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUIPI 2024

SOLICITANTE

Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR

CARRETERA LLALLI - CUIPI

MUESTRA

CALICATA 3 - MUESTRA 3 + RESINA DE PINO AL 5%

FECHA

AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96,84
SUELO SECO + TARRO	gr	86,34
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,49
HUMEDAD %	%	17,65

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31,11	31,13	31,09
SUELO SECO + TARRO	gr	28,00	29,20	29,45
PESO DEL TARRO	gr	19,92	23,13	24,42
PESO DEL AGUA	gr	3,11	1,93	1,64
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,08	6,07	5,03
HUMEDAD %	%	38,49	31,80	32,60
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

	T-14	T-15
	22,17	20,60
	20,91	19,54
	13,91	15,02
	1,26	1,06
	7,00	4,52
	18,00	23,45

LÍMITE LIQUIDO % : 34,30

LÍMITE PLÁSTICO % : 20,73

ÍNDICE PLÁSTICO % : 13,57

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. 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

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NÓPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024

SOLICITANTE

Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR

CARRETERA LLALLI - CUPU

MUESTRA

CALIGATA 1 - MUESTRA 1 + RESINA DE PINO AL 7.5%

FECHA

AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96,93
SUELO SECO + TARRO	gr	86,43
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,58
HUMEDAD %	%	17,62

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31,32	31,34	31,32
SUELO SECO + TARRO	gr	28,21	29,45	29,66
PESO DEL TARRO	gr	20,11	23,37	24,64
PESO DEL AGUA	gr	3,11	1,89	1,66
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,10	6,08	5,02
HUMEDAD %	%	38,40	31,09	33,07
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
22,39	20,84
21,13	19,71
14,19	15,25
1,26	1,13
6,94	4,46
18,16	25,34

LÍMITE LIQUIDO % : 34,18

LÍMITE PLÁSTICO % : 21,75

ÍNDICE DE PLÁSTICO % : 12,44

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. Arnaldo Yana Torre
 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 : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024

SOLICITANTE : Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR : CARRETERA LLALLI - CUPU

MUESTRA : CALICATA 2 - MUESTRA 2 + RESINA DE PINO AL 7.5%

FECHA : AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96,98
SUELO SECO + TARRO	gr	86,48
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,63
HUMEDAD %	%	17,61

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31,66	31,69	31,60
SUELO SECO + TARRO	gr	28,54	29,77	29,95
PESO DEL TARRO	gr	20,43	23,63	24,9
PESO DEL AGUA	gr	3,12	1,92	1,65
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,11	6,14	5,05
HUMEDAD %	%	38,47	31,27	32,67
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
22,71	20,99
21,45	19,95
14,52	15,43
1,26	1,04
6,93	4,52
18,18	23,01

LÍMITE LIQUIDO % : 34,14

LÍMITE PLÁSTICO % : 20,60

ÍNDICE PLÁSTICO % : 13,54

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

D^a Arrihida 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

MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE, CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024

SOLICITANTE

Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE

LUGAR

CARRETERA LLALLI - CUPU

MUESTRA

CALICATA 3 - MUESTRA 3 + RESINA DE PINO AL 7.5%

FECHA

AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	97,02
SUELO SECO + TARRO	gr	86,52
PESO DEL TARRO	gr	26,85
PESO DEL AGUA	gr	10,50
PESO DEL SUELO SECO	gr	59,67
HUMEDAD %	%	17,60

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

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31,85	31,91	31,82
SUELO SECO + TARRO	gr	28,77	29,81	30,16
PESO DEL TARRO	gr	20,64	23,95	25,12
PESO DEL AGUA	gr	3,08	2,10	1,66
PESO DEL SUELO SECO	gr	8,13	5,86	5,04
HUMEDAD %	%	37,88	35,84	32,94
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
22,92	21,42
21,66	20,16
14,71	15,61
1,26	1,26
6,95	4,55
18,13	27,69

LÍMITE LÍQUIDO % : 35,55

LÍMITE PLÁSTICO % : 22,91

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12,64

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes

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

LABORATORIO
 M.S.C.A.
 JEFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

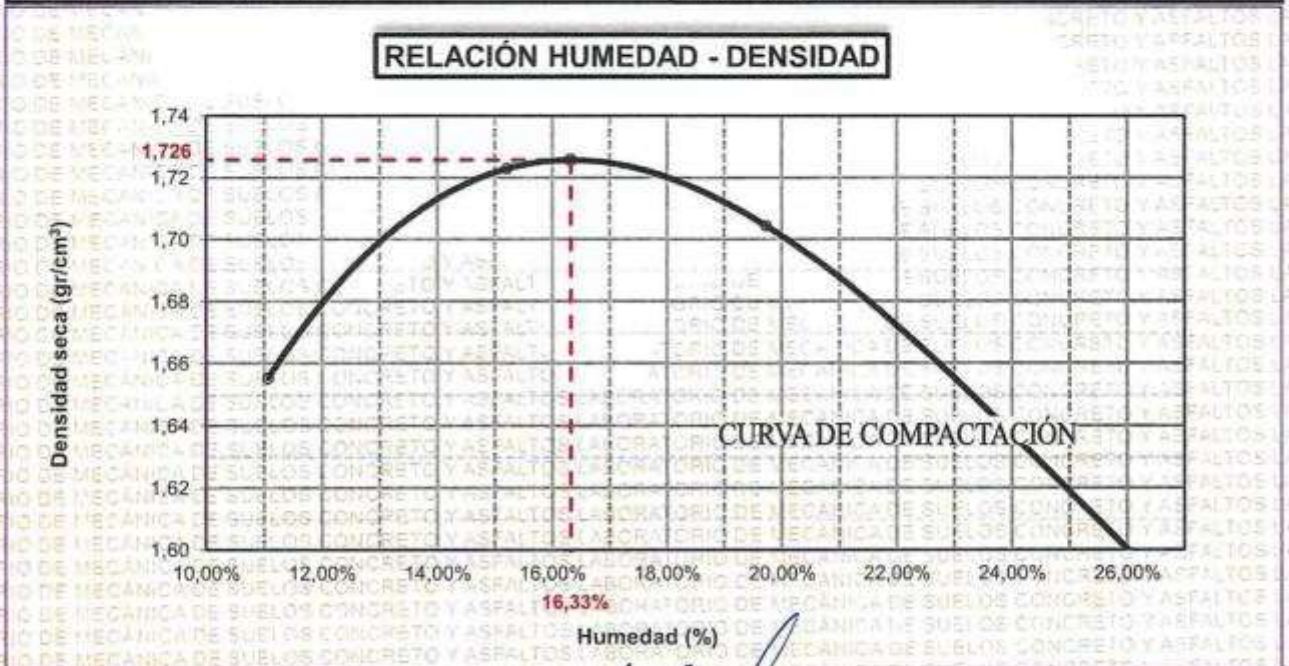
TESIS	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024
SOLICITANTE	: Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE
UBICACIÓN	: CARRETERA LLALLI - CUPI
MUESTRA	: CALICATA 1 - MUESTRA 1
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6032	6063	6011	5874
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1877	1908	1856	1719
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2,007	2,041	1,985	1,839

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	87,54	73,23	81,65	89,23	79,75	91,98	90,32	89,36
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	57,96	62,48	70,48	79,36	72,11	82,14	84,11	82,13
Peso del Agua	gr.	9,88	10,75	11,17	9,87	7,64	9,82	6,21	7,23
Peso de la Capsula	gr.	19,65	24,35	19,23	23,47	21,44	18,14	22,84	21,86
Peso del Suelo Seco	gr.	37,91	38,13	51,25	55,89	50,67	64,00	61,27	60,27
% de Humedad	%	26,33%	28,19%	21,80%	17,66%	15,08%	15,34%	10,14%	12,00%
Promedio de Humedad	%	27,26%		19,73%		15,21%		11,07%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,577		1,704		1,723		1,655	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1,726 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 16,33%



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A.
JEFATURA

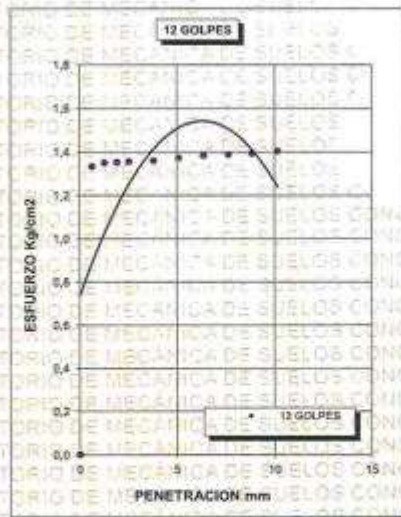
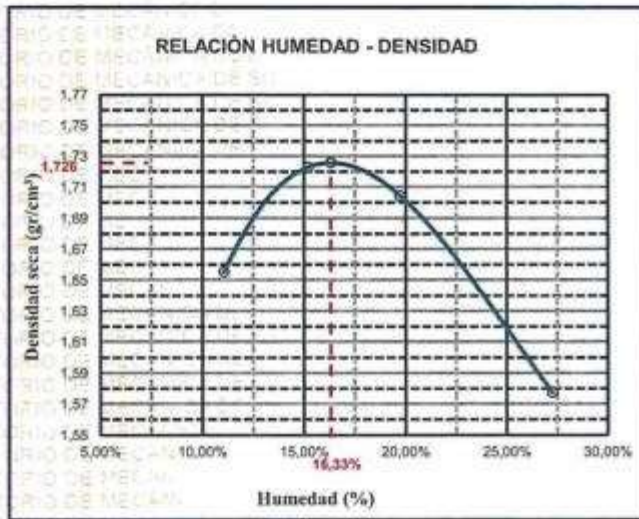
Dr. Arribido Yana Torres
CIP. 103267



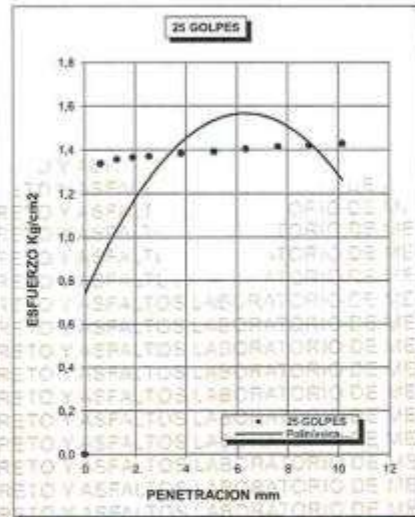
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



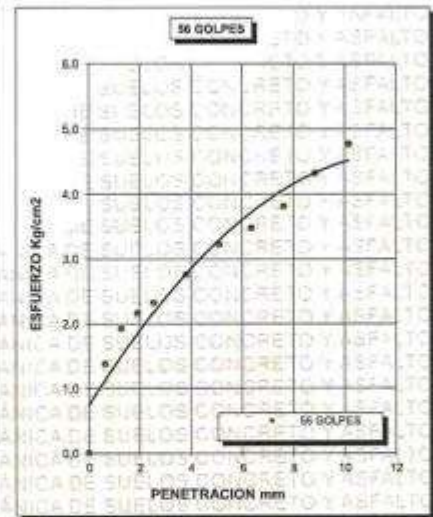
PROYECTO :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1,726
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPU	HUMEDAD OPTIMA (%) 16,33%
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA - M1	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 3,30
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 2,61
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 1,93



CBR 1,95



CBR 3,30



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

D. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

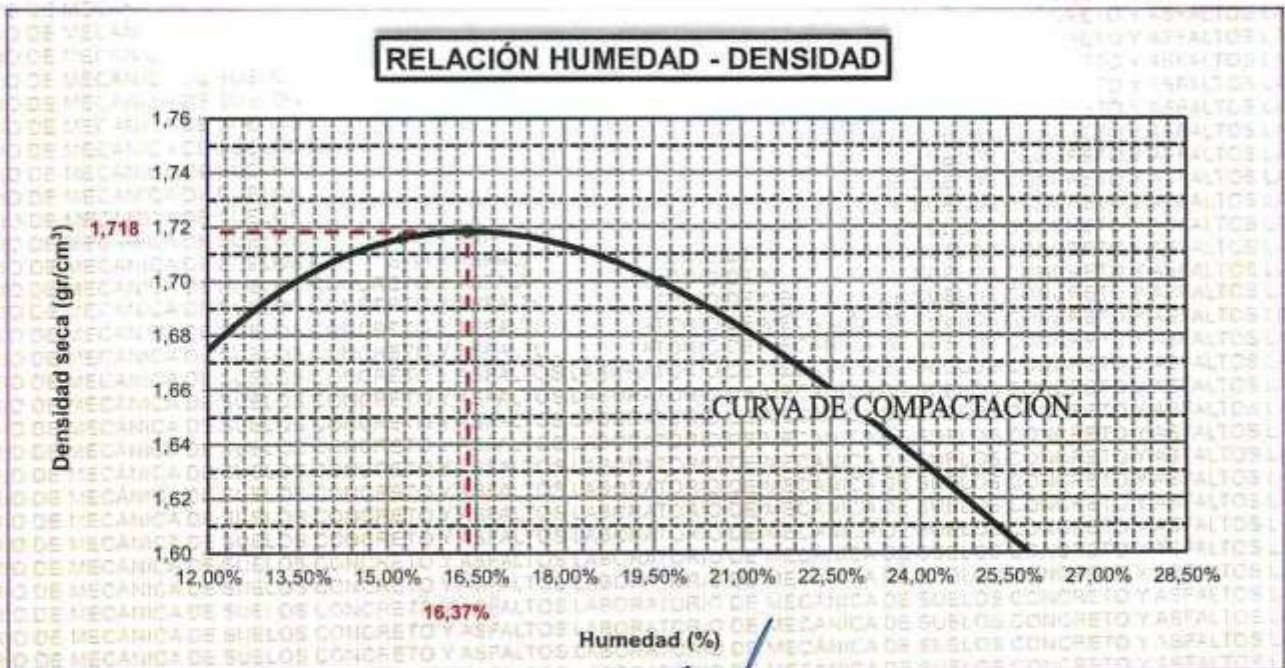
TESIS	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUIPI 2024		
SOLICITANTE	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE		
UBICACIÓN	CARRETERA LLALLI - CUIPI		
MUESTRA	CALICATA 2 - MUESTRA 2		
FECHA	AGOSTO DEL 2024		

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	935 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6026	6057	6005	5868
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1871	1902	1850	1713
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2,000	2,033	1,978	1,831

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	67,74	73,45	81,86	89,39	79,96	92,21	90,50	89,51
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	57,71	62,62	70,81	79,51	72,30	82,33	84,33	82,32
Peso del Agua	gr.	10,03	10,83	11,07	9,88	7,66	9,88	6,17	7,19
Peso de la Capsula	gr.	19,83	24,59	19,40	23,89	21,58	18,27	22,97	21,94
Peso del Suelo Seco	gr.	37,88	38,03	51,41	55,82	50,72	64,06	61,36	60,38
% de Humedad	%	26,48%	28,46%	21,53%	17,70%	15,10%	15,42%	10,06%	11,91%
Promedio de Humedad	%	27,48%		19,62%		15,26%		10,98%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,569		1,700		1,716		1,650	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1,718 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	16,37%



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

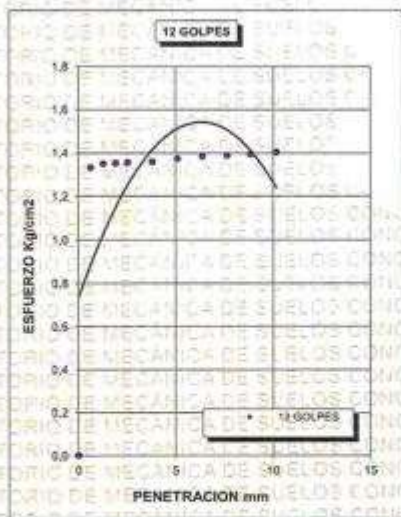
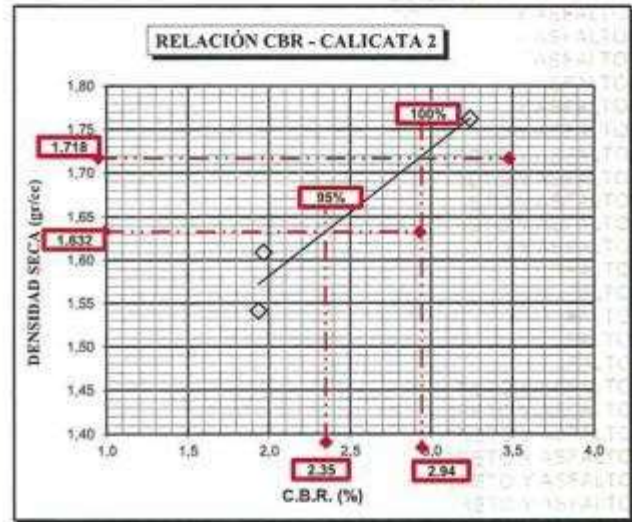
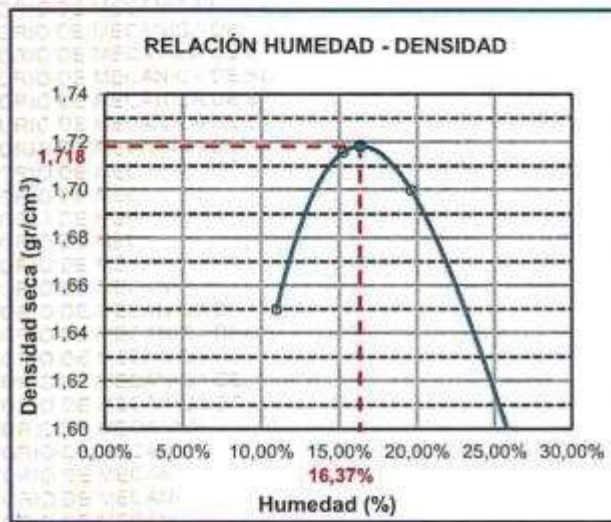
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIF: 103257



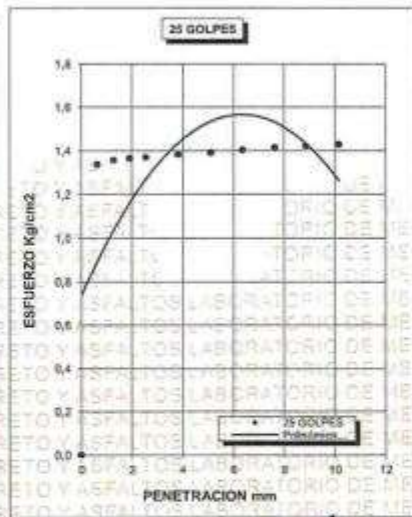
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



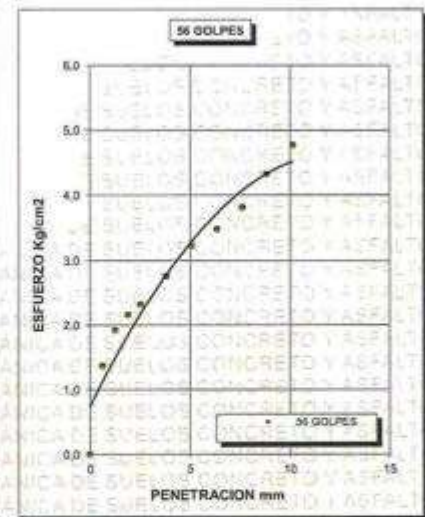
PROYECTO :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1,718
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPI	HUMEDAD OPTIMA (%) 16,37%
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA - M2	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 3,24
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 2,65
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 1,94



CBR 1,97



CBR 3,24



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

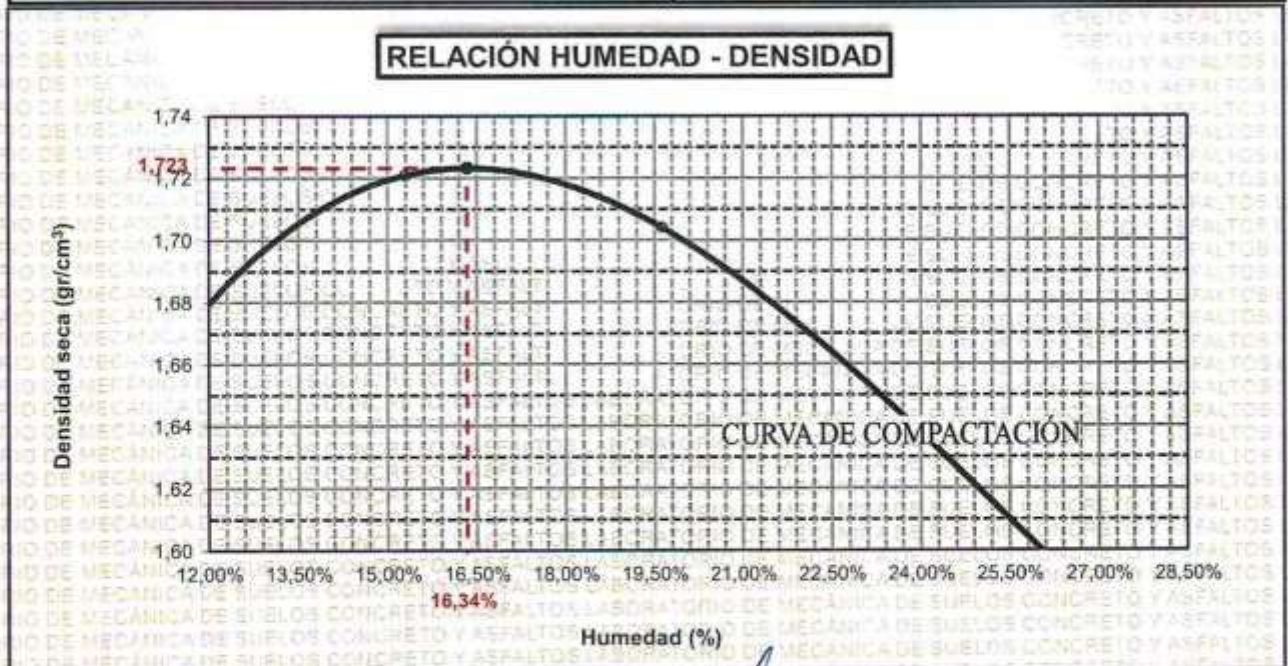
TESIS	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024		
SOLICITANTE	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE		
UBICACIÓN	CARRETERA LLALLI - CUPU		
MUESTRA	CALICATA 3 - MUESTRA 3		
FECHA	AGOSTO DEL 2024		

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	935 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6031	6062	6011	5873
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1876	1907	1856	1718
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2,005	2,039	1,984	1,837

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	67,83	73,54	81,97	89,48	80,07	92,31	90,59	89,60
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	57,60	62,71	70,90	79,59	72,39	82,42	84,42	82,41
Peso del Agua	gr.	10,03	10,83	11,07	9,89	7,68	9,89	6,17	7,19
Peso de la Capsula	gr.	19,92	24,68	19,49	23,78	21,67	18,36	23,06	22,03
Peso del Suelo Seco	gr.	37,88	38,03	51,41	55,81	50,72	64,06	61,36	60,38
% de Humedad	%	26,48%	28,48%	21,53%	17,72%	15,14%	15,44%	10,06%	11,91%
Promedio de Humedad	%	27,48%		19,63%		15,29%		10,98%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,573		1,704		1,721		1,655	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1,723 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	16,34%





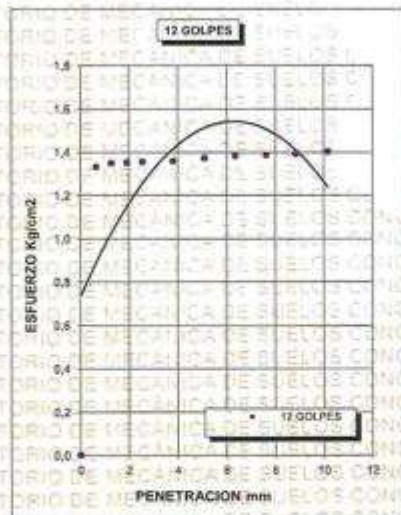
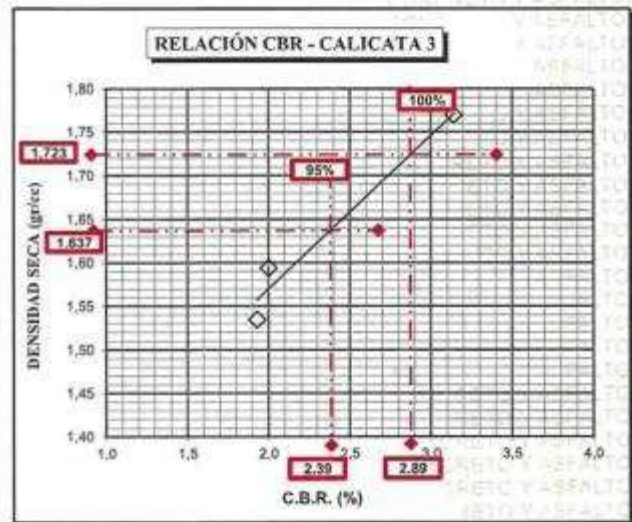
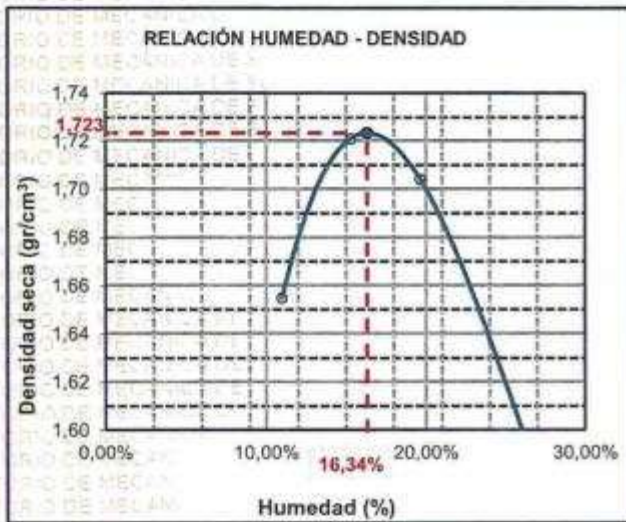
 INVESTIGADORA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



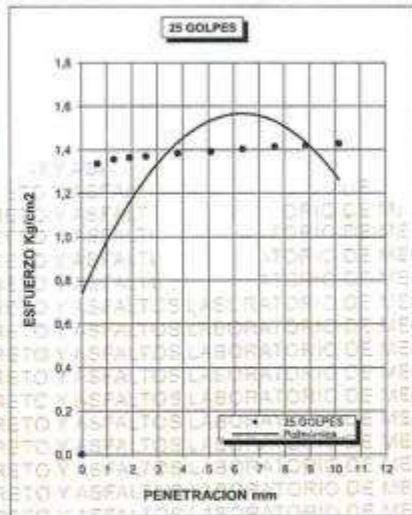
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



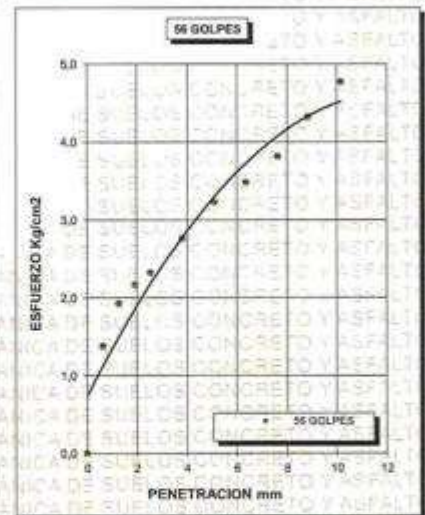
PROYECTO :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 1,723
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPI	HUMEDAD OPTIMA (%) 16,34%
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA - M3	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 3,14
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 2,31
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 1,93



CBR 2,00



CBR 3,14



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnoldo Yana Torres
C.I.P. 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024
SOLICITANTE	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE
UBICACIÓN	CARRETERA LLALLI - CUPI
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 4%
FECHA	AGOSTO DEL 2024

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6030	6065	6008	5871
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1875	1910	1853	1716
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2,004	2,042	1,981	1,834

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	62,23	73,55	79,44	88,29	80,55	91,97	89,05	89,22
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	56,55	60,21	68,41	78,40	72,17	81,23	83,31	78,13
Peso del Agua	gr.	5,68	13,34	11,03	9,89	8,38	10,74	5,74	11,09
Peso de la Capsula	gr.	18,55	23,26	18,18	22,41	20,44	17,12	20,75	17,77
Peso del Suelo Seco	gr.	38,00	36,95	50,23	55,99	51,73	64,11	62,56	60,36
% de Humedad	%	14,95%	36,10%	21,96%	17,66%	16,20%	16,75%	9,18%	18,37%
Promedio de Humedad	%	25,53%		19,81%		16,48%		13,77%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,597		1,704		1,701		1,612	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1,714 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	18,18%



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

M.S.C.A. JEFATISA JULIANA

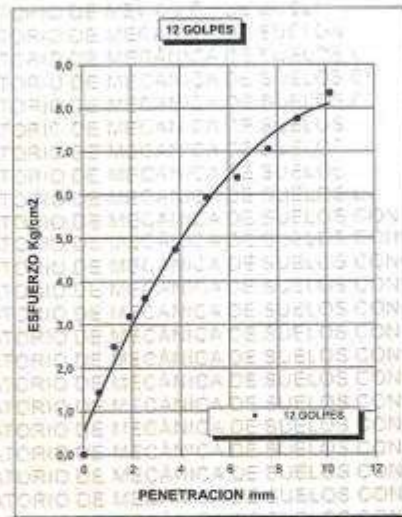
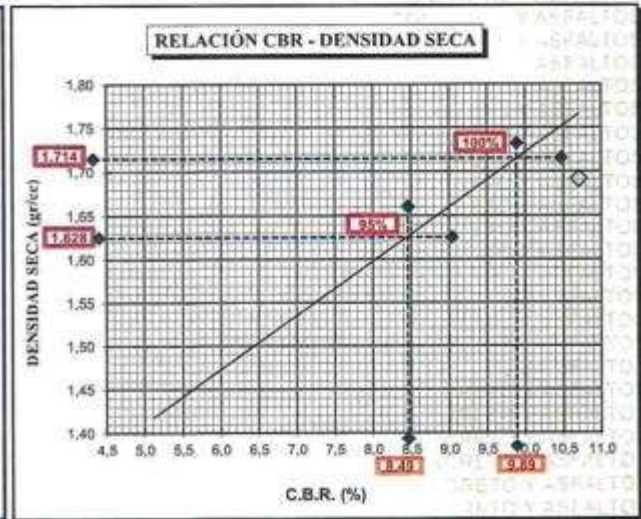
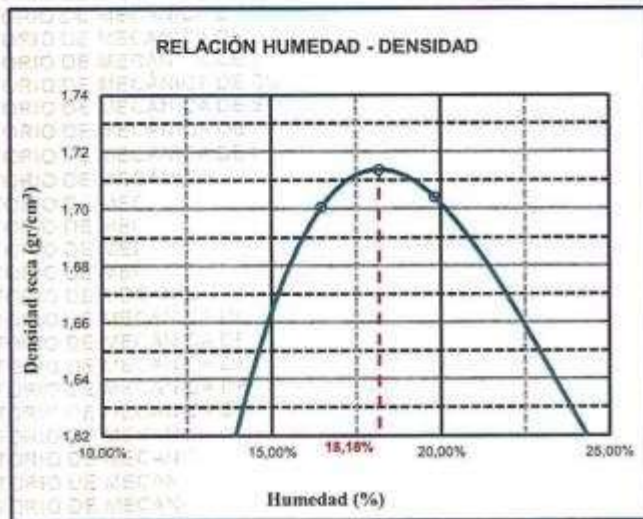
Dr. Arnaldo Yana Torres
C.I.P. 103257



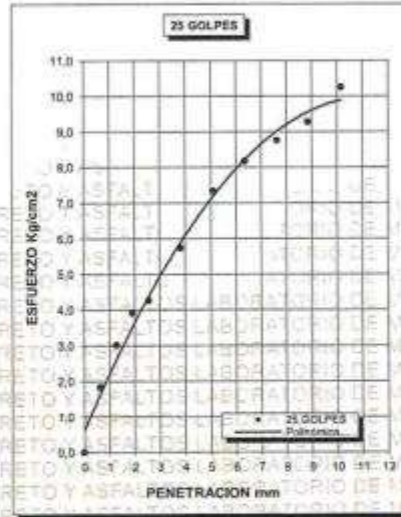
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



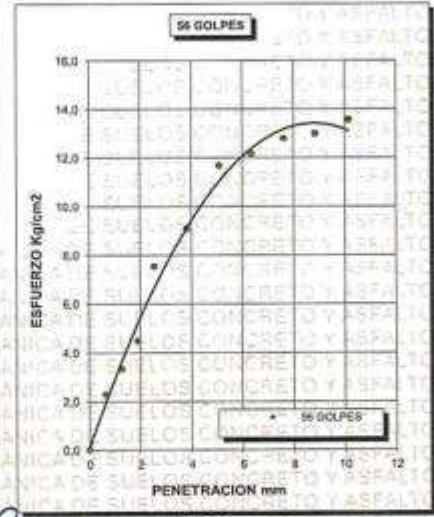
PROYECTO :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1,714
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPU	HUMEDAD OPTIMA (%) 18,18%
MUESTRA :	CALIGATA 1 - MUESTRA 1 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 4%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 10,70
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 6,51
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 5,12



CBR 6,07



CBR 10,70



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIF. 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024		
SOLICITANTE	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE		
UBICACIÓN	CARRETERA LLALLI - CUPU		
MUESTRA	CALICATA 2 - MUESTRA 2 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 4%		
FECHA	AGOSTO DEL 2024		

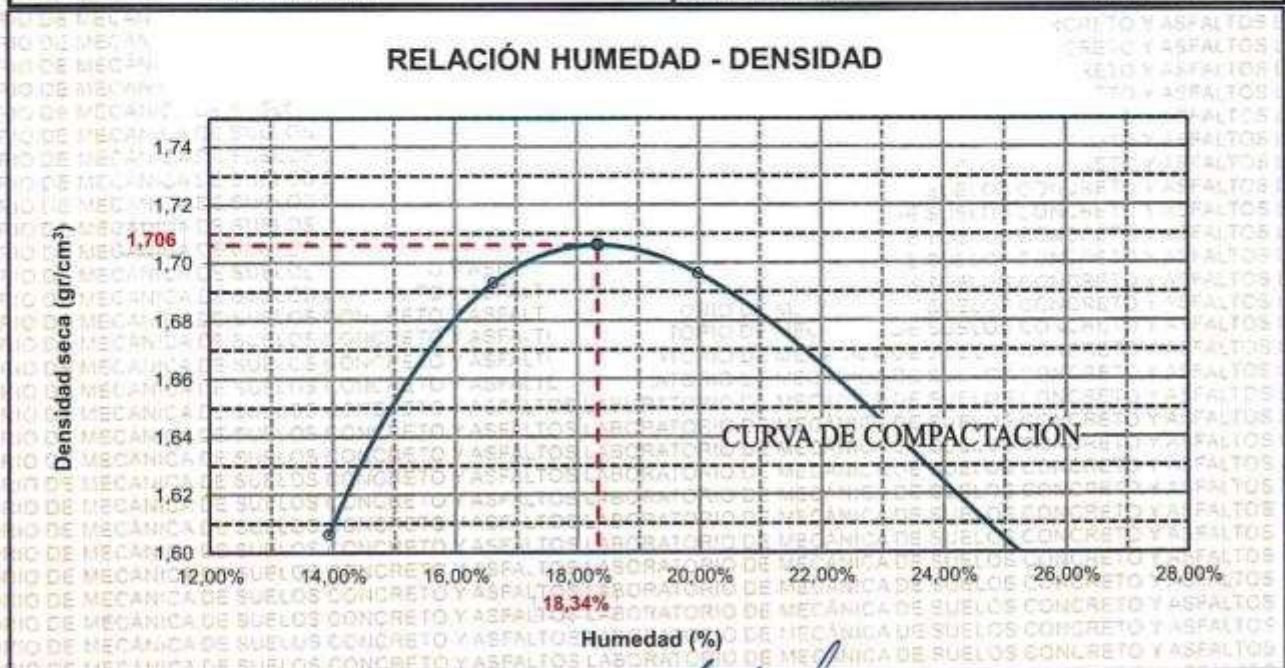
MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	935 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6028	6059	6002	5867
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1873	1904	1847	1712
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2,002	2,035	1,974	1,830

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	61,15	72,35	78,49	87,10	79,59	90,86	87,99	88,11
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	55,44	59,10	67,30	77,22	71,06	80,12	82,22	76,88
Peso del Agua	gr.	5,71	13,25	11,19	9,88	8,53	10,74	5,77	11,23
Peso de la Capsula	gr.	17,43	22,15	17,09	21,30	19,33	16,01	19,64	16,66
Peso del Suelo Seco	gr.	38,01	36,95	50,21	55,92	51,73	64,11	62,58	60,22
% de Humedad	%	15,02%	35,86%	22,29%	17,67%	16,48%	16,75%	9,22%	18,65%
Promedio de Humedad	%	25,44%		19,98%		16,62%		13,93%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,596		1,696		1,693		1,606	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1,706 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	18,3%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



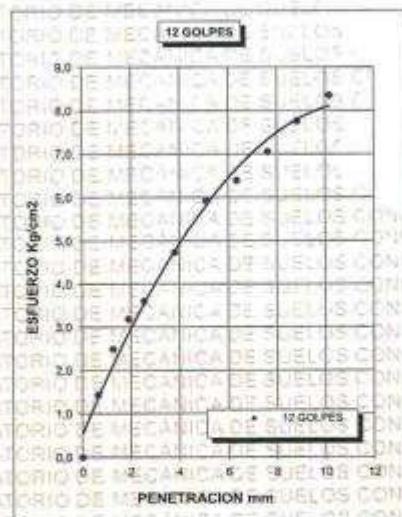
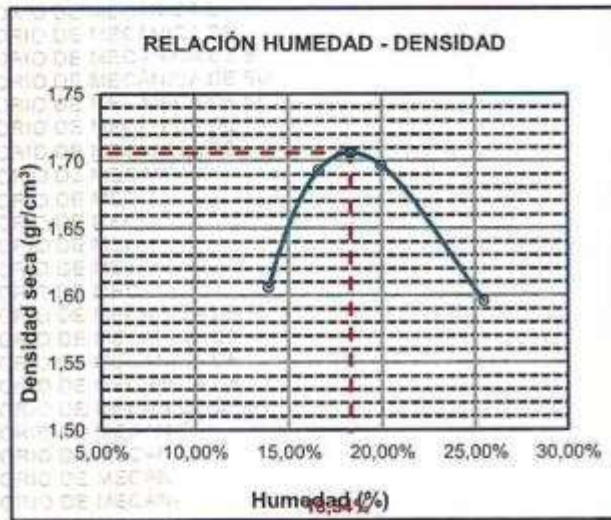
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CUP. 103257



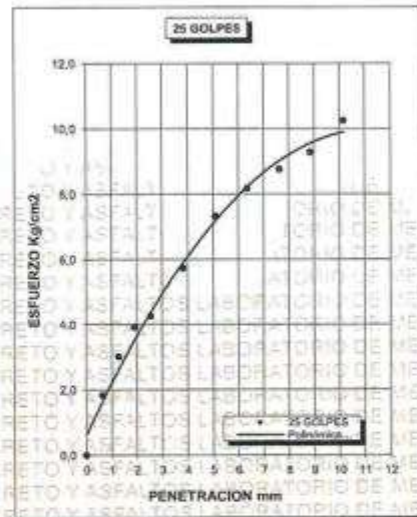
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



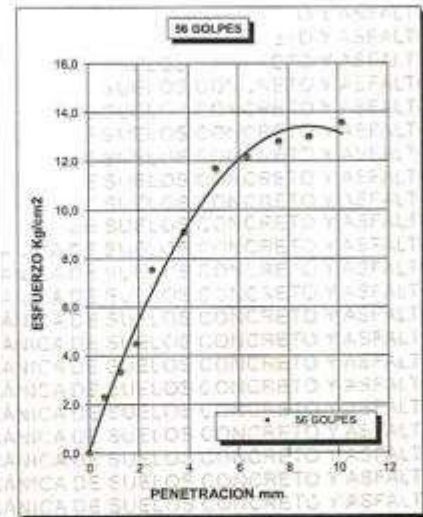
PROYECTO :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1,706
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPI	HUMEDAD OPTIMA (%)	18,3%
MUESTRA :	CALICATA 2 - MUESTRA 2 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 4%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	11,24
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	7,09
		CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



CBR 5,15



CBR 7,00



CBR 11,24

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

LABORATORIO M.S.C.A. JERARQUIA JULIACA - 2024

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024
SOLICITANTE	: Bach. BILL CLINTON-CURRO QUISPE
UBICACIÓN	: CARRETERA LLALLI - CUPU
MUESTRA	: CALICATA 3 - MUESTRA 3 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 4%
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6027	6058	6001	5866
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1872	1903	1846	1711
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2,001	2,034	1,973	1,829

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	81,21	72,41	78,56	87,18	79,55	90,93	88,05	88,17
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	55,51	59,16	67,36	77,27	71,13	80,16	82,28	78,95
Peso del Agua	gr.	5,70	13,25	11,20	9,91	8,42	10,75	5,77	11,22
Peso de la Capsula	gr.	17,49	22,21	17,17	21,36	19,39	16,07	19,70	16,72
Peso del Suelo Seco	gr.	38,02	36,95	50,19	55,91	51,74	64,11	62,58	60,23
% de Humedad	%	14,99%	35,86%	22,32%	17,72%	16,27%	16,77%	9,22%	18,63%
Promedio de Humedad	%	25,43%		20,02%		16,52%		13,92%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,595		1,695		1,694		1,605	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1,707 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 18,21%



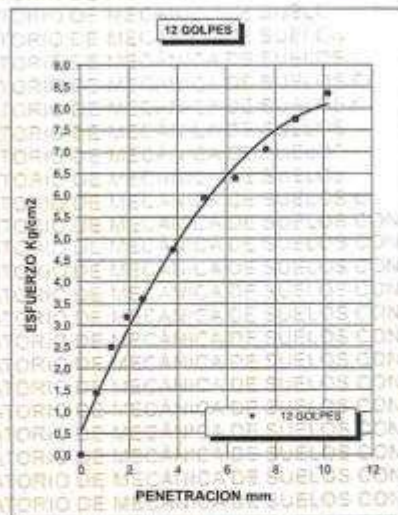
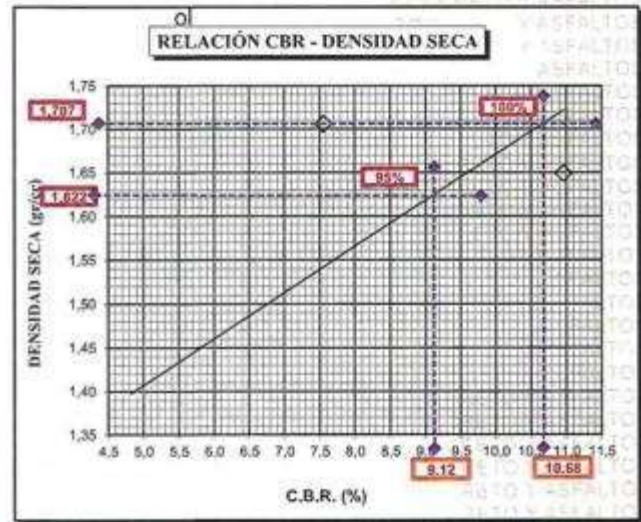
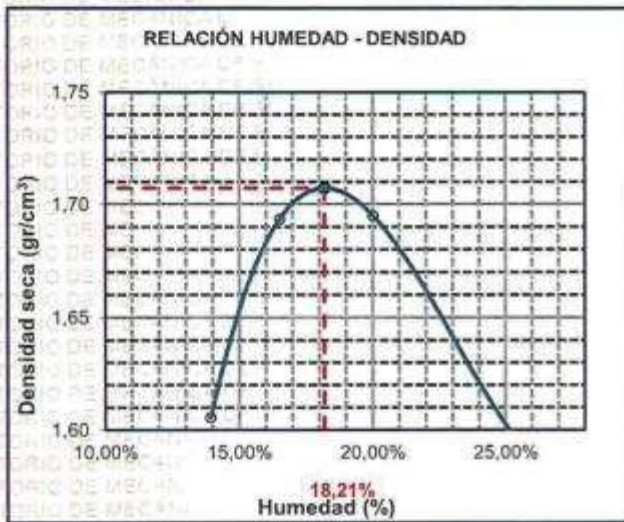
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



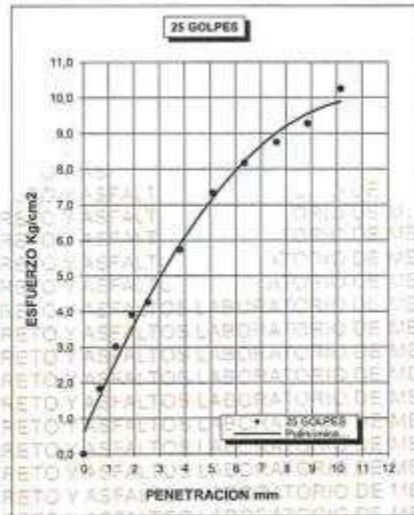
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



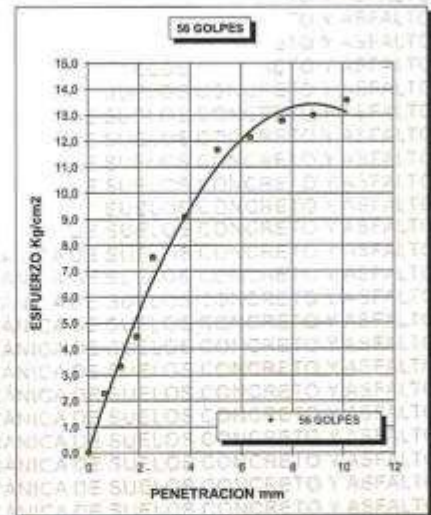
PROYECTO :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1,707
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPU	HUMEDAD OPTIMA (%)	18,21%
MUESTRA :	CALICATA 3 - MUESTRA 3 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 4%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	10,96
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	7,48
		CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



CBR 4,82



CBR 7,55



CBR 10,96



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

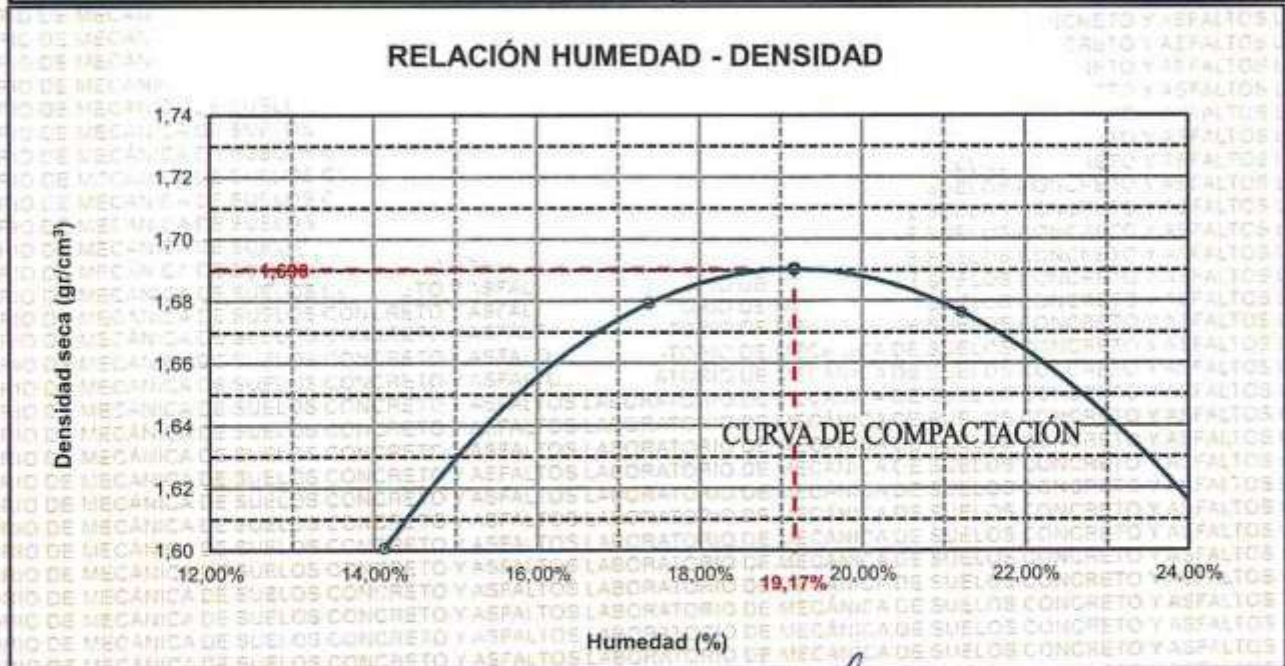
TESIS	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024
SOLICITANTE	: Bach. BILL CLINTON-CURRO QUISPE
UBICACIÓN	: CARRETERA LLALLI - CUPI
MUESTRA	: CALICATA 1 - MUESTRA 1 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 8%
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	935 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6025	6056	5999	5864
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1870	1901	1844	1709
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1,999	2,032	1,971	1,827

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	58,15	71,30	78,64	86,22	78,88	89,87	87,20	87,11
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	54,40	58,05	66,33	76,21	68,65	78,12	81,23	75,85
Peso del Agua	gr.	4,75	13,25	12,31	10,01	9,23	10,75	5,97	11,26
Peso de la Capsula	gr.	16,38	21,16	16,16	20,30	18,34	15,02	18,65	15,87
Peso del Suelo Seco	gr.	38,02	36,89	50,17	55,91	51,31	64,10	62,58	60,18
% de Humedad	%	12,49%	35,92%	24,54%	17,90%	17,99%	16,77%	9,54%	18,71%
Promedio de Humedad	%	24,21%		21,22%		17,38%		14,13%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,609		1,676		1,679		1,601	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1,690 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	19,17%



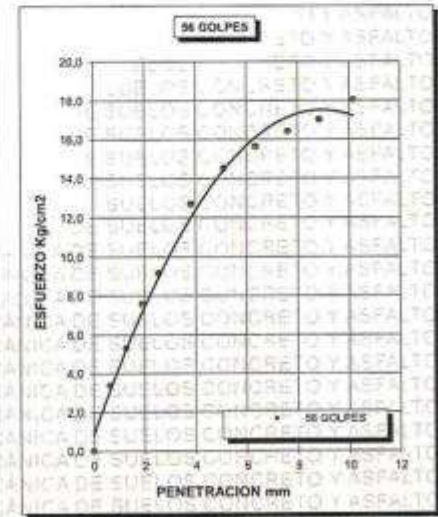
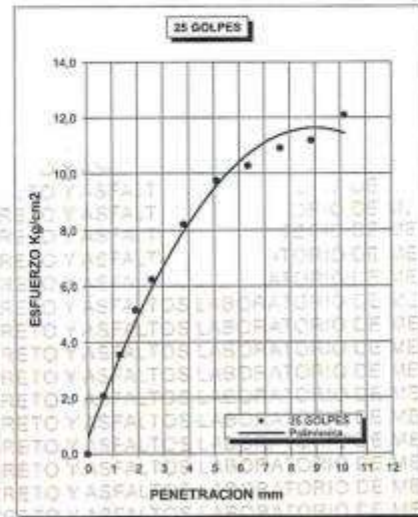
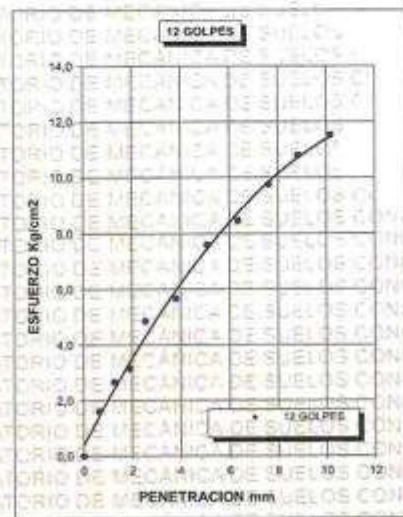
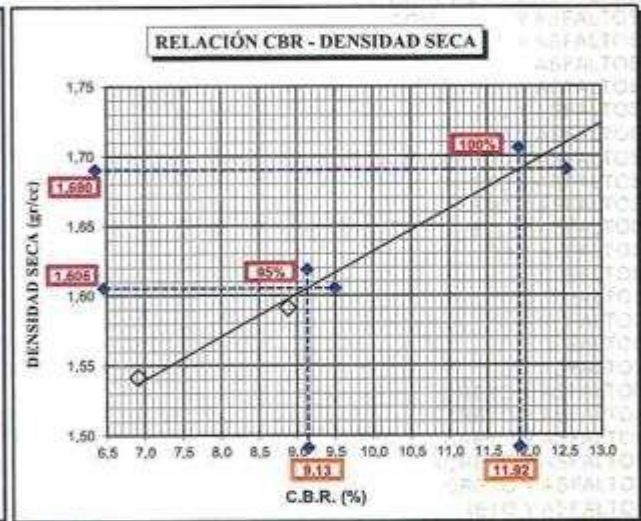
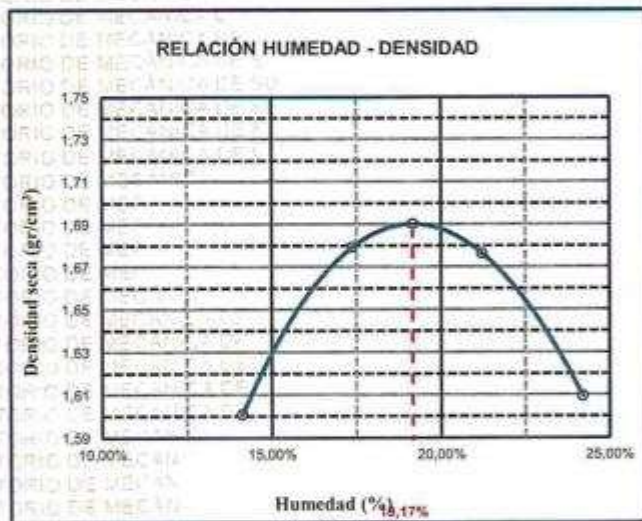
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C.
Dr. Arnaldo Yana Torres
C.I.P. 103257



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



PROYECTO :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.) 1,690
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPI	HUMEDAD OPTIMA (%) 19,17%
MUESTRA :	CALIGATA 1 - MUESTRA 1 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 8%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 13,03
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 7,50
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



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

LABORATORIO
M.S.C.A. JEFATURA
 JULIACA

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

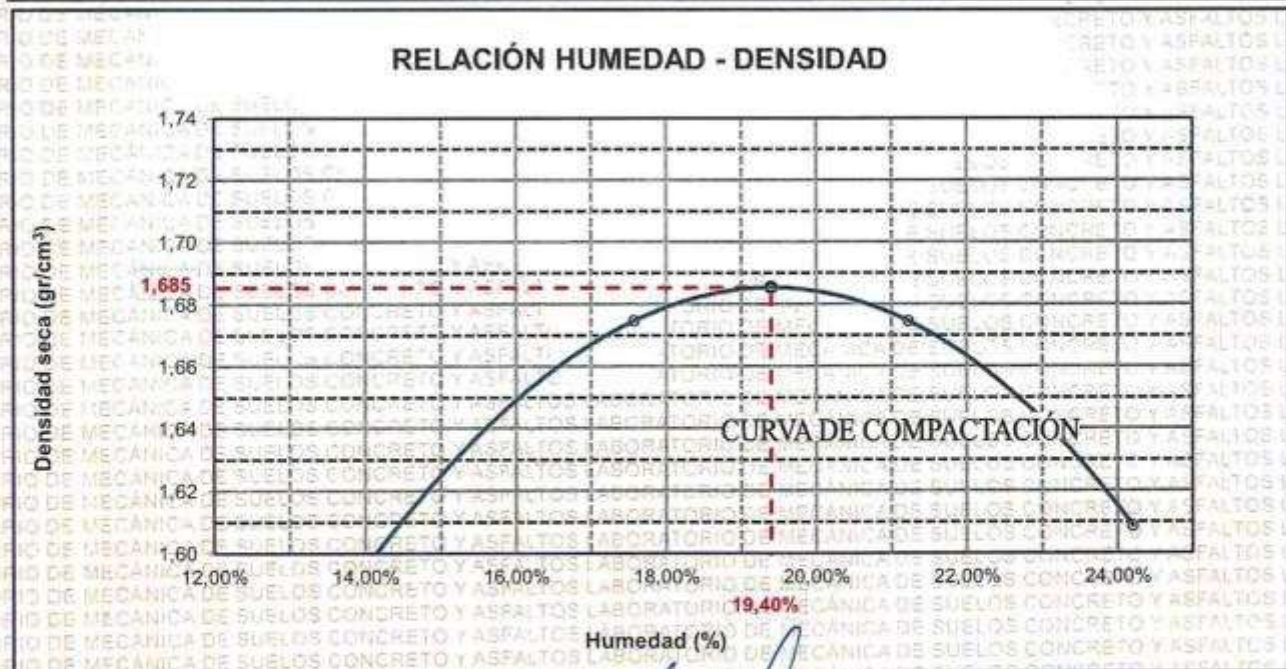
TESIS	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024
SOLICITANTE	: Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE
UBICACIÓN	: CARRETERA LLALLI - CUPU
MUESTRA	: CALICATA 2 - MUESTRA 2 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 8%
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6024	6054	5997	5863
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1869	1899	1842	1708
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	1,998	2,030	1,969	1,826

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	58,04	70,19	77,53	85,11	77,87	88,76	86,09	86,01
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	53,29	56,94	65,22	75,10	68,46	78,01	80,12	74,74
Peso del Agua	gr.	4,75	13,25	12,31	10,01	9,41	10,75	5,97	11,27
Peso de la Capsula	gr.	15,27	20,05	15,07	19,19	17,25	13,91	17,56	14,56
Peso del Suelo Seco	gr.	38,02	36,89	50,15	55,91	51,21	64,10	62,56	60,18
% de Humedad	%	12,49%	35,92%	24,55%	17,90%	18,38%	16,77%	9,54%	18,73%
Promedio de Humedad	%	24,21%		21,23%		17,57%		14,13%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,609		1,675		1,675		1,600	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1,685 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 19,40%



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

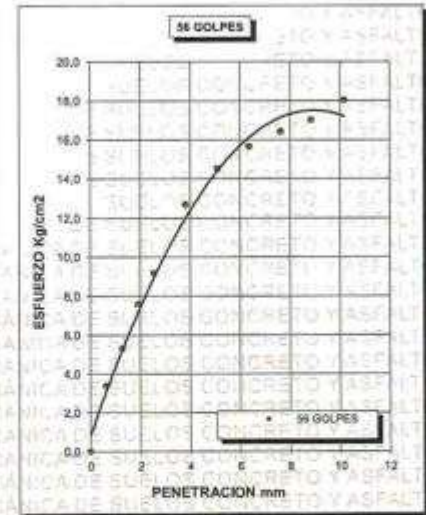
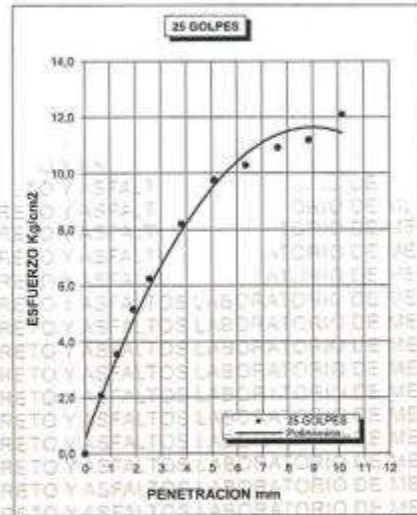
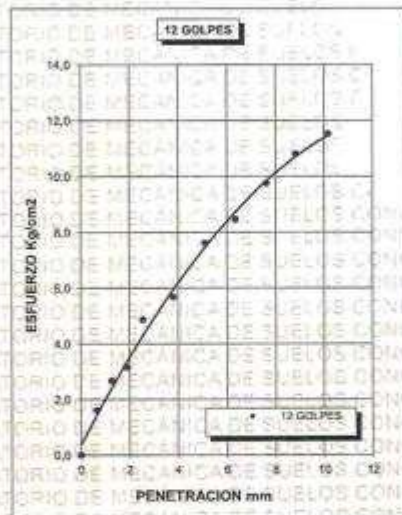
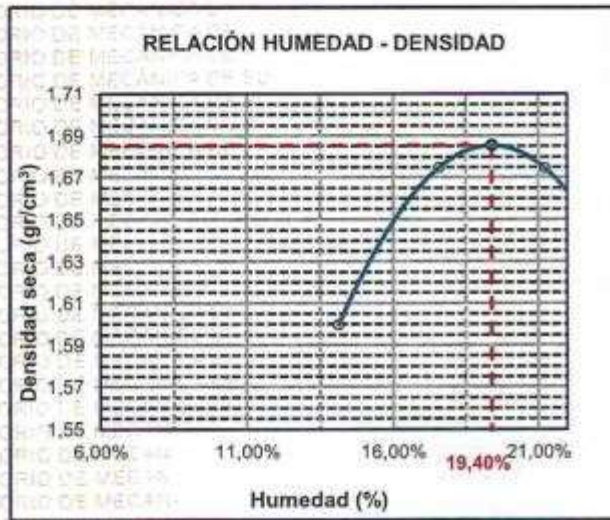
M.S.C.A.
Dr. Arnaldo Yana Torres
C.P. 103257



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



PROYECTO :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1,685
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPI	HUMEDAD OPTIMA (%) 19,40%
MUESTRA :	CALICATA 2 - MUESTRA 2 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 8%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 13,54
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 6,98
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



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

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA JULIACA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024
SOLICITANTE	: Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE
UBICACIÓN	: CARRETERA LLALLI - CUPU
MUESTRA	: CALICATA 3 - MUESTRA 3 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 8%
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

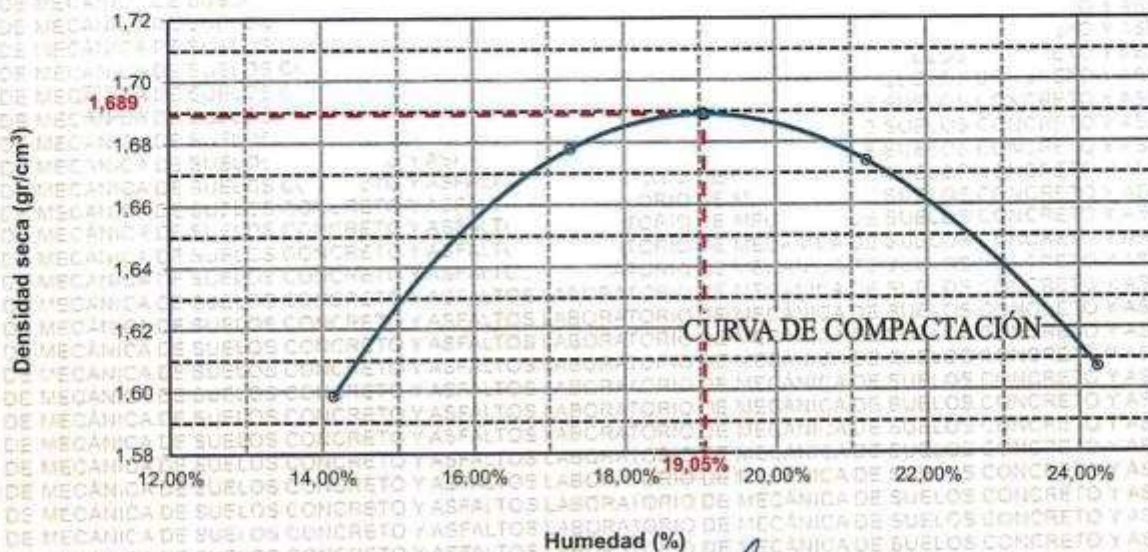
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6023	6053	5996	5862
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1868	1898	1841	1707
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1,997	2,029	1,968	1,825

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	56,11	70,26	77,59	85,17	77,81	88,82	86,16	86,07
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	53,36	56,99	65,29	75,17	68,65	78,08	80,18	74,79
Peso del Agua	gr.	4,75	13,27	12,30	10,00	9,15	10,74	5,98	11,28
Peso de la Capsula	gr.	15,34	20,12	15,13	19,26	17,31	13,97	17,62	14,62
Peso del Suelo Seco	gr.	38,02	36,87	50,16	55,91	51,35	64,11	62,56	60,17
% de Humedad	%	12,49%	35,99%	24,52%	17,89%	17,82%	16,75%	8,56%	18,75%
Promedio de Humedad	%	24,24%		21,20%		17,29%		14,15%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,607		1,674		1,678		1,599	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1,689 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 19,05%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



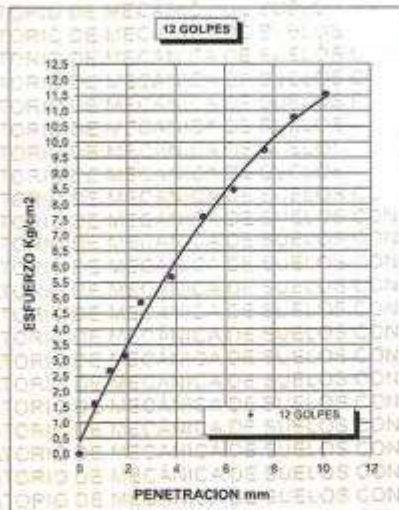
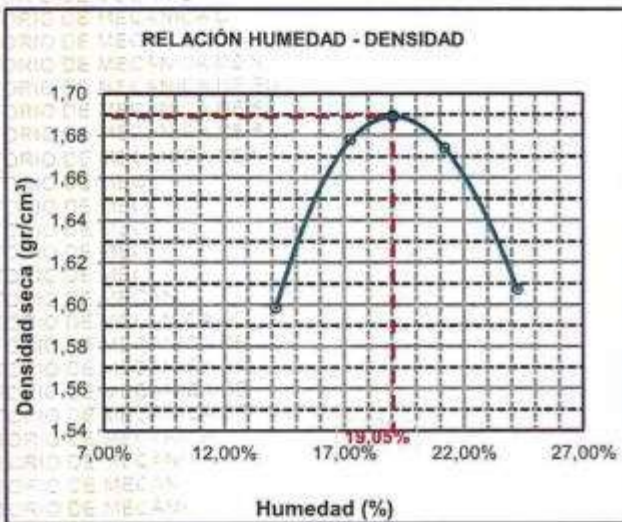
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Dr. Arnaldo Yana Torres
CUP. 103257



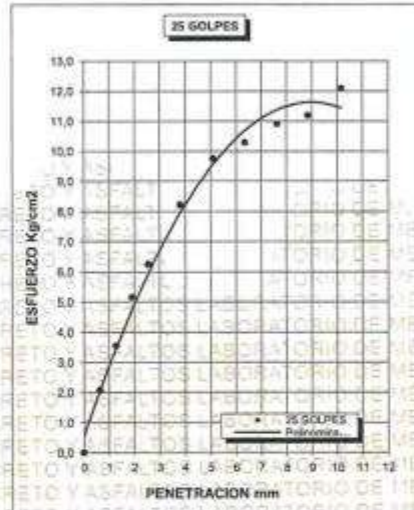
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



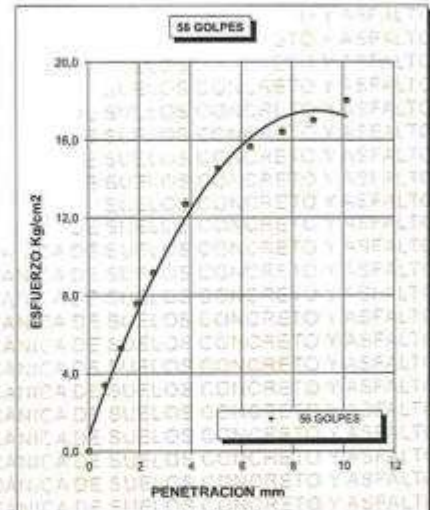
PROYECTO :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1,689
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPU	HUMEDAD OPTIMA (%) 19,05%
MUESTRA :	CALIGATA 3 - MUESTRA 3 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 8%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 12,84
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 8,51
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 7,55



CBR 8,76



CBR 12,84



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024		
SOLICITANTE	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE		
UBICACIÓN	CARRETERA LLALLI - CUPU		
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 12%		
FECHA	AGOSTO DEL 2024		

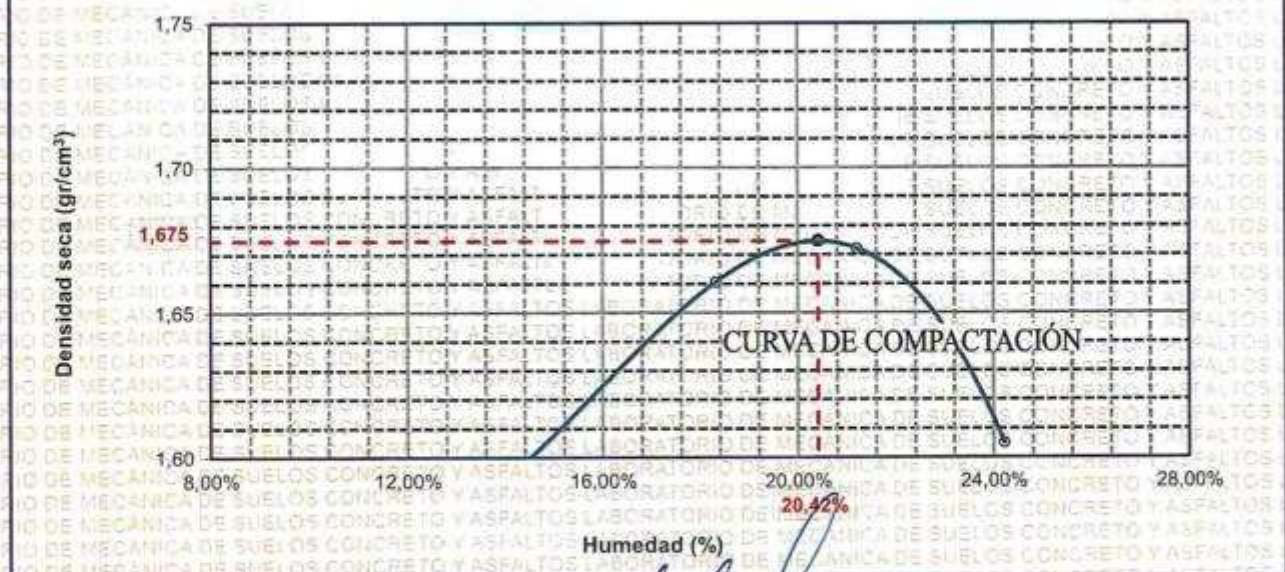
MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	935 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6020	6051	5993	5859
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1865	1896	1838	1704
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1,994	2,027	1,965	1,822

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	54,94	67,08	74,41	82,01	75,16	85,66	83,11	82,90
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	50,18	53,83	62,11	72,01	65,05	74,90	77,05	71,63
Peso del Agua	gr.	4,76	13,25	12,30	10,00	10,11	10,75	6,06	11,27
Peso de la Capsula	gr.	12,16	16,94	11,96	16,08	14,14	10,80	14,44	11,41
Peso del Suelo Seco	gr.	38,02	36,89	50,15	55,93	50,91	64,10	62,61	60,22
% de Humedad	%	12,52%	35,92%	24,53%	17,88%	19,86%	16,77%	9,68%	18,71%
Promedio de Humedad	%	24,22%		21,20%		18,31%		14,20%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,605		1,672		1,661		1,595	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1,675 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	20,42%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



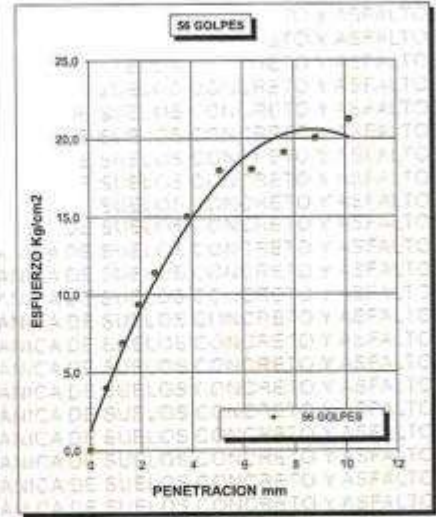
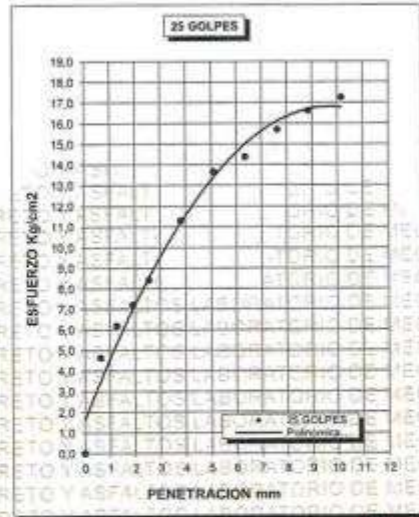
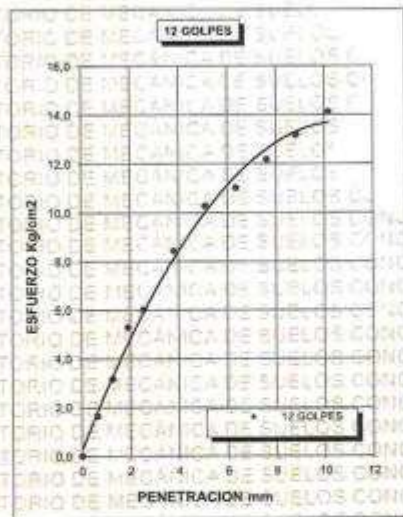
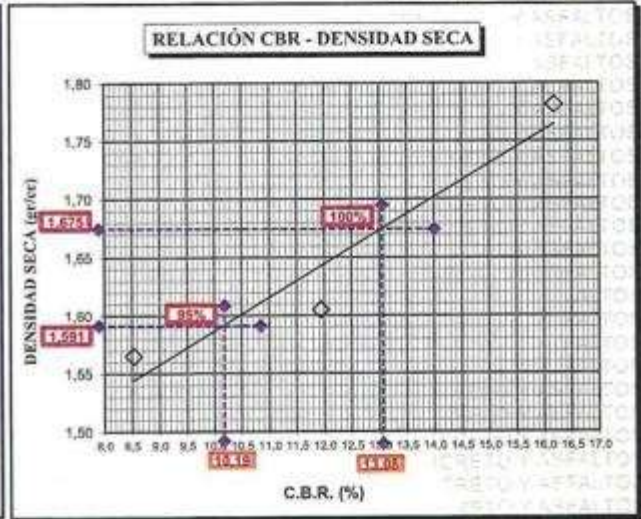
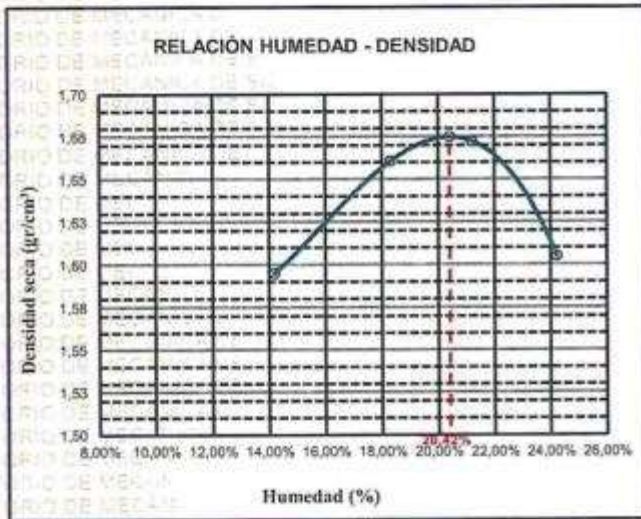
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
E.I.C.P. - ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. - JULIACA - PERÚ
D. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



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 :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach, BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.) 1,675
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPU	HUMEDAD OPTIMA (%) 20,42%
MUESTRA :	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 12%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 16,19
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 12,75
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



M.S.C.A. JEFATURA
 Lic. Aynaldo Yana Torres
 CIP. 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024
SOLICITANTE	: Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE
UBICACIÓN	: CARRETERA LLALLI - CUPU
MUESTRA	: CALICATA 2 - MUESTRA 2 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 12%
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6018	6031	5985	5857
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1863	1876	1830	1702
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1,992	2,005	1,956	1,819

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	53,86	67,00	73,45	80,93	73,55	84,57	82,13	81,81
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	48,10	52,75	60,85	72,05	63,70	73,83	75,77	70,55
Peso del Agua	gr.	4,76	14,25	12,60	8,88	9,85	10,74	6,36	11,26
Peso de la Capsula	gr.	11,08	16,85	10,88	15,01	11,07	9,72	13,35	10,33
Peso del Suelo Seco	gr.	38,02	35,90	49,97	57,04	52,63	64,11	62,42	60,22
% de Humedad	%	12,52%	39,69%	25,22%	15,57%	18,72%	16,75%	10,19%	18,70%
Promedio de Humedad	%	26,11%		20,39%		17,73%		14,44%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,579		1,666		1,662		1,590	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1,669 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 19,31%



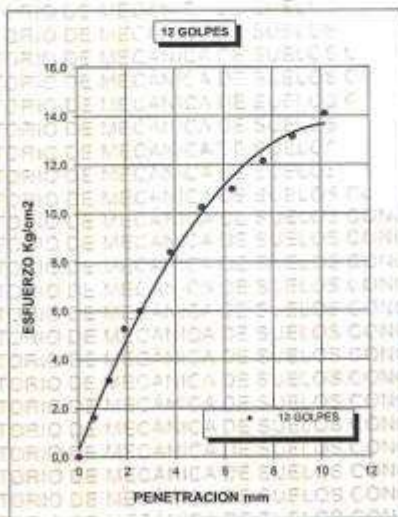
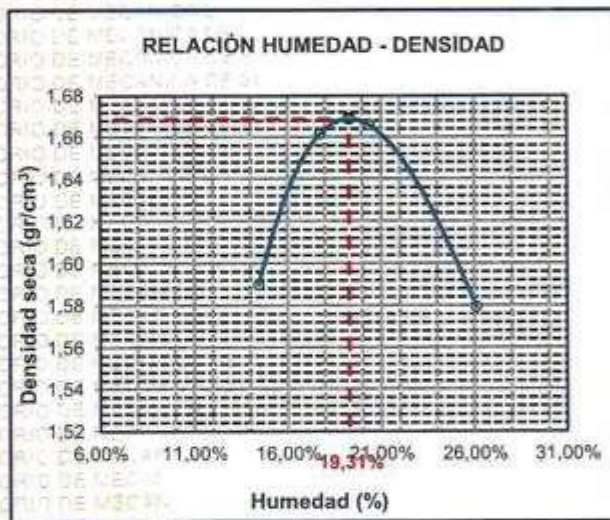
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C.A. JULIANA TORRES
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



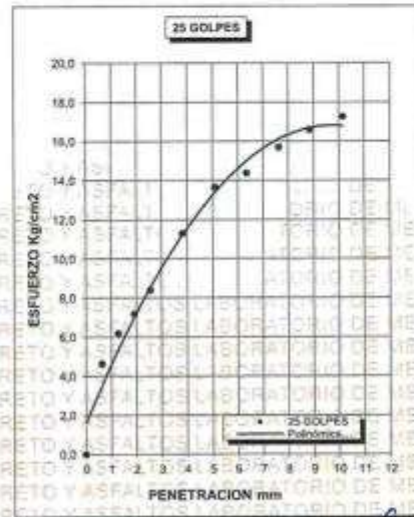
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



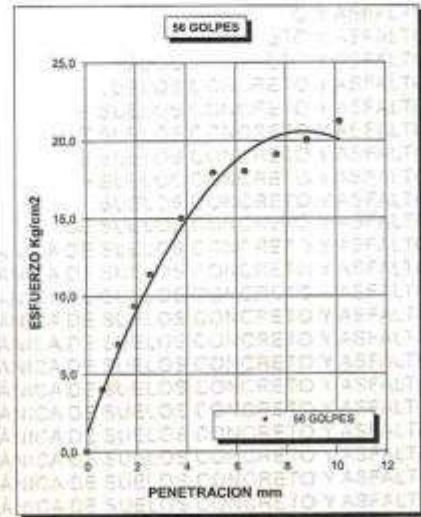
PROYECTO :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1,669
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPI	HUMEDAD OPTIMA (%) 19,3%
MUESTRA :	CALICATA 2 - MUESTRA 2 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 12%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 16,04
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 11,49
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 7,85



CBR 11,66



CBR 16,04

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
JEFEATURA
Dr. Arnoldo Yana Torres
CIP 103757



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

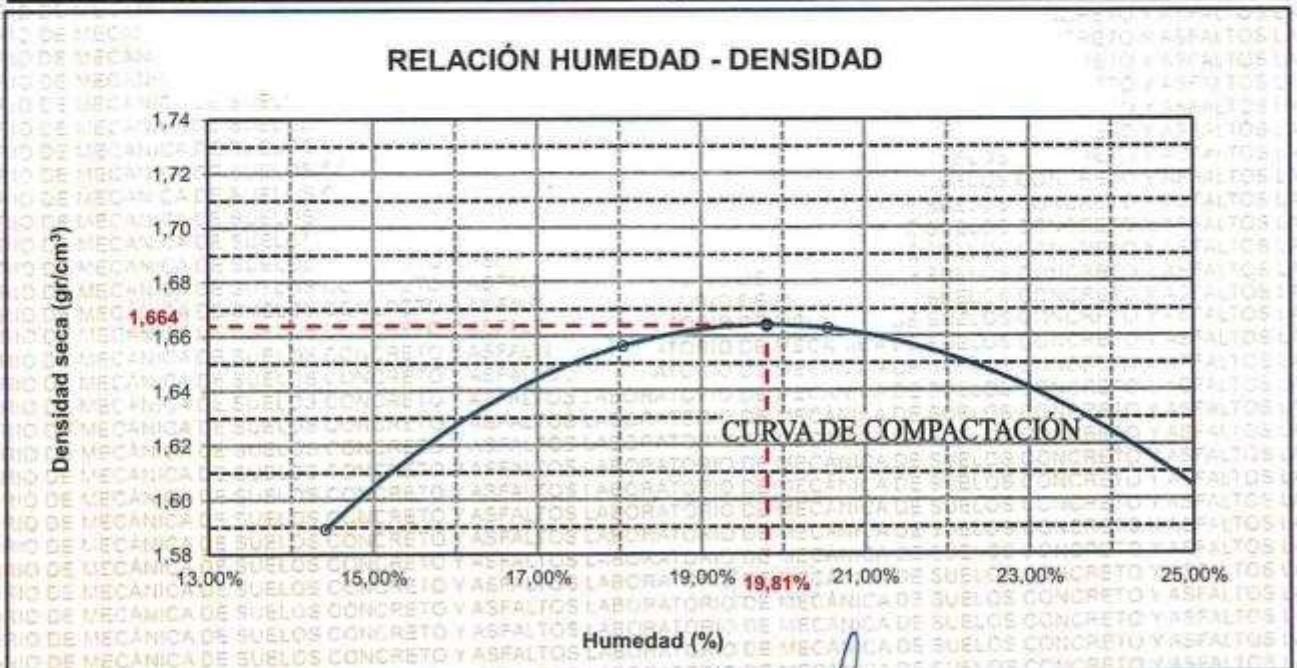
TESIS	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024
SOLICITANTE	: Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE
UBICACIÓN	: CARRETERA LLALLI - CUPU
MUESTRA	: CALICATA 3 - MUESTRA 3 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 12%
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6017	6030	5984	5856
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1862	1875	1829	1701
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1,990	2,004	1,955	1,818

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	52,97	66,11	72,54	79,99	72,84	83,69	81,22	80,92
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	48,21	51,86	59,74	71,16	62,71	72,92	74,89	69,66
Peso del Agua	gr.	4,76	14,25	12,80	8,83	10,13	10,77	6,33	11,26
Peso de la Capsula	gr.	10,19	15,96	9,77	14,12	10,18	8,81	12,46	9,44
Peso del Suelo Seco	gr.	38,02	35,90	49,97	57,04	52,53	64,11	62,43	60,22
% de Humedad	%	12,52%	39,89%	25,62%	15,48%	19,28%	16,80%	10,14%	18,70%
Promedio de Humedad	%	26,11%		20,55%		18,04%		14,42%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,578		1,663		1,656		1,589	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1,664 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 19,81%



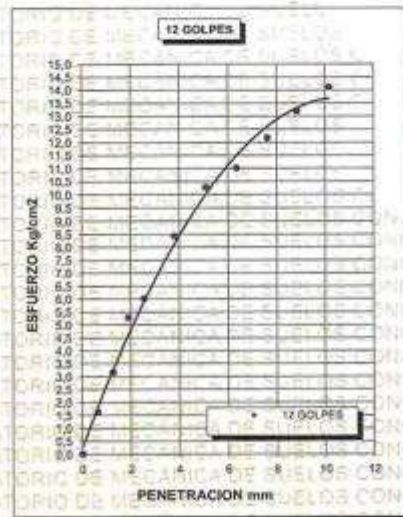
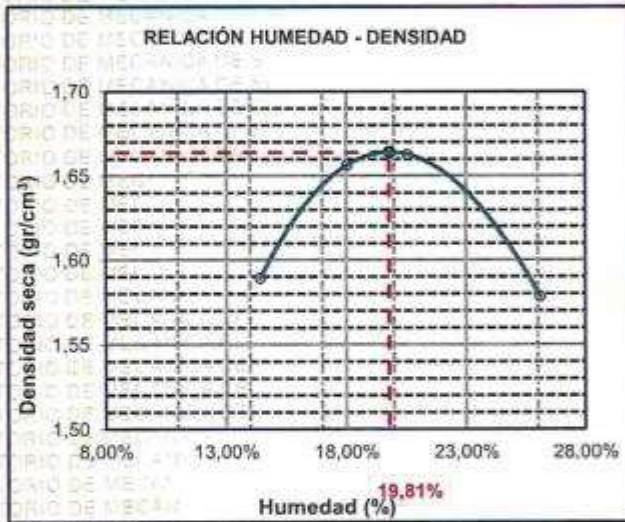
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A.
 Dr. Armando Yano Torres
 CIP. 107757



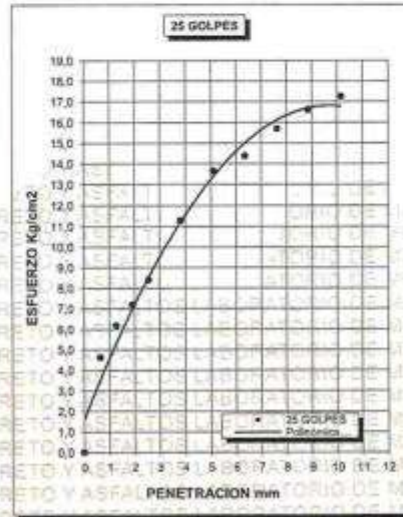
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



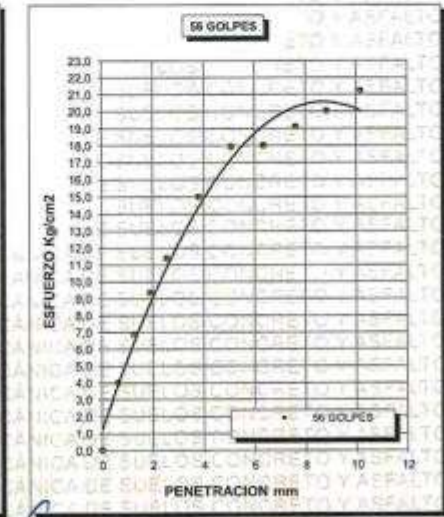
PROYECTO :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1,664
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPU	HUMEDAD OPTIMA (%)	19,81%
MUESTRA :	CALICATA 3 - MUESTRA 3 + MUCÍLAGO DE NOPAL AL 12%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	14,73
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	12,01
		CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



CBR 7,94



CBR 11,68



CBR 14,73



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

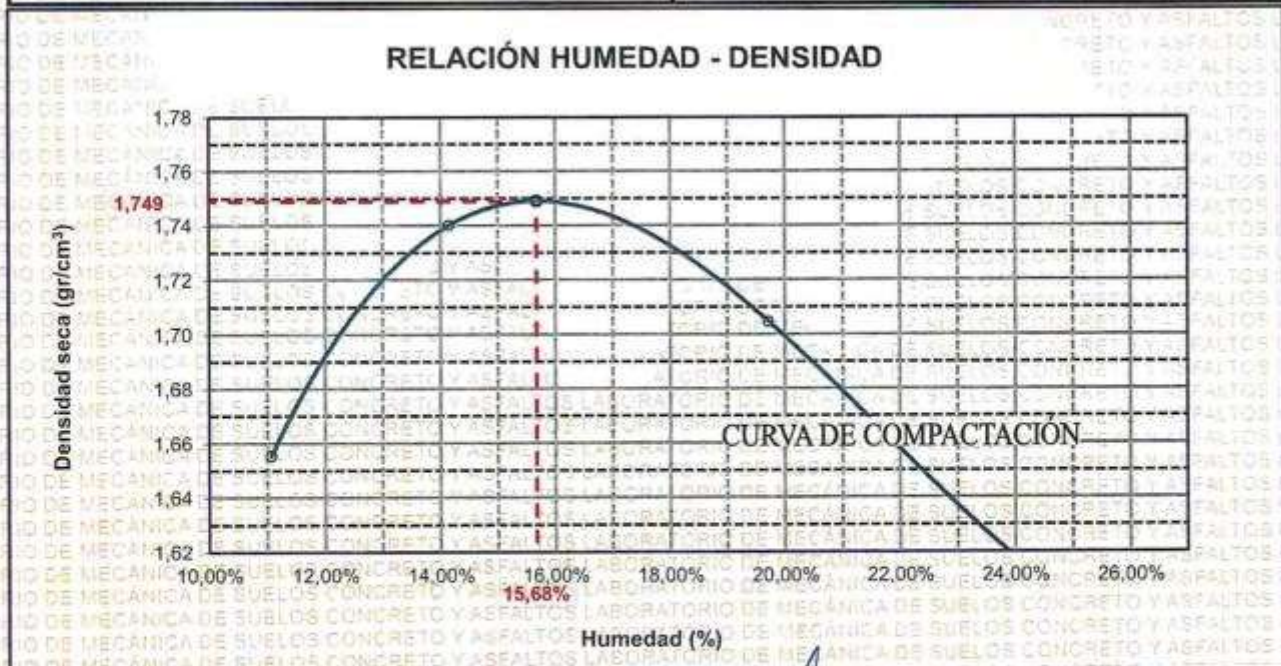
TESIS	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024
SOLICITANTE	: Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE
UBICACIÓN	: CARRETERA LLALLI - CUPI
MUESTRA	: CALICATA 1 - MUESTRA 1 + RESINA DE PINO AL 2.5%
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6033	6064	6013	5875
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1878	1909	1858	1720
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2,008	2,041	1,986	1,839

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	68,66	74,25	82,77	90,36	80,66	92,09	91,46	80,49
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	58,68	63,65	71,61	80,49	73,23	83,36	85,24	83,28
Peso del Agua	gr.	9,98	10,60	11,16	9,87	7,43	8,73	6,21	7,23
Peso de la Capsula	gr.	20,72	25,47	20,35	24,59	22,57	19,27	23,97	22,99
Peso del Suelo Seco	gr.	37,96	38,18	51,26	55,90	50,66	64,09	61,27	60,27
% de Humedad	%	26,29%	27,78%	21,77%	17,66%	14,67%	13,62%	10,14%	12,00%
Promedio de Humedad	%	27,03%		19,71%		14,14%		11,07%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,580		1,705		1,740		1,655	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1,749 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 15,68%



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

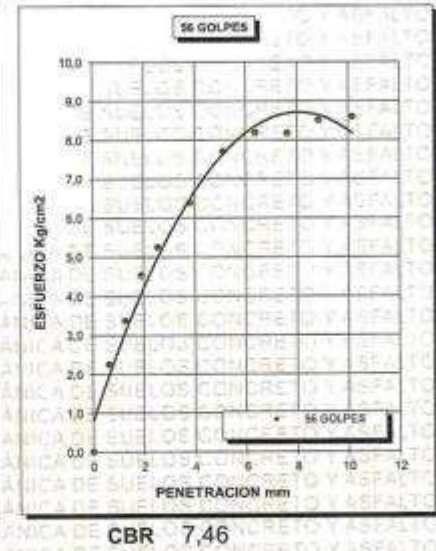
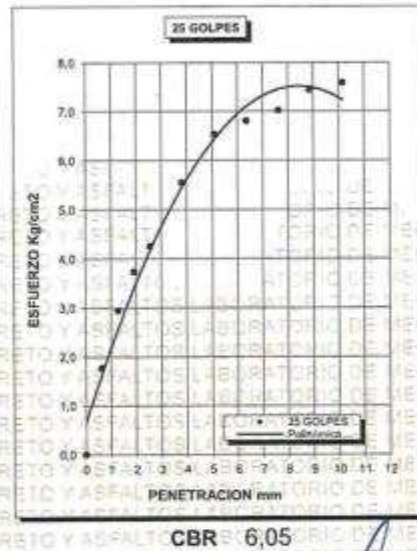
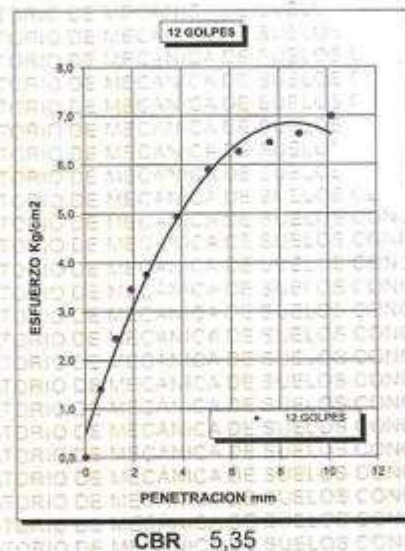
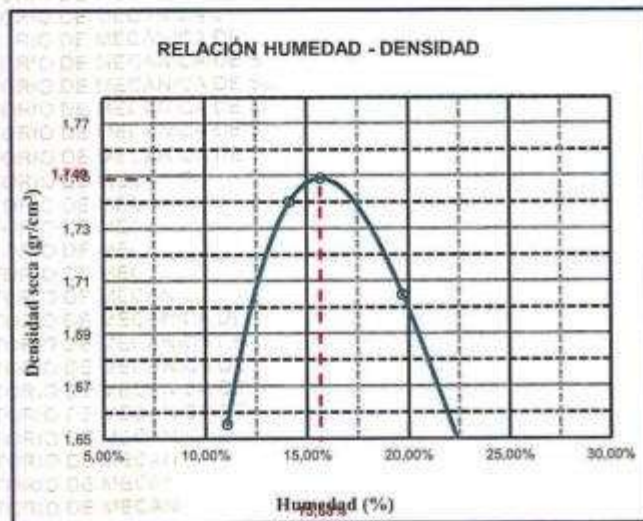
Dr. Arnulfo Yana Torres
CIP. 103257



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 :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) : 1,749
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPI	HUMEDAD OPTIMA (%) : 15,68%
MUESTRA :	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + RESINA DE PINO AL 2,5%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : 7,46
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : 5,89
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024
SOLICITANTE	: Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE
UBICACIÓN	: CARRETERA LLALLI - CUPI
MUESTRA	: CALICATA 2 - MUESTRA 2 + RESINA DE PINO AL 2.5%
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

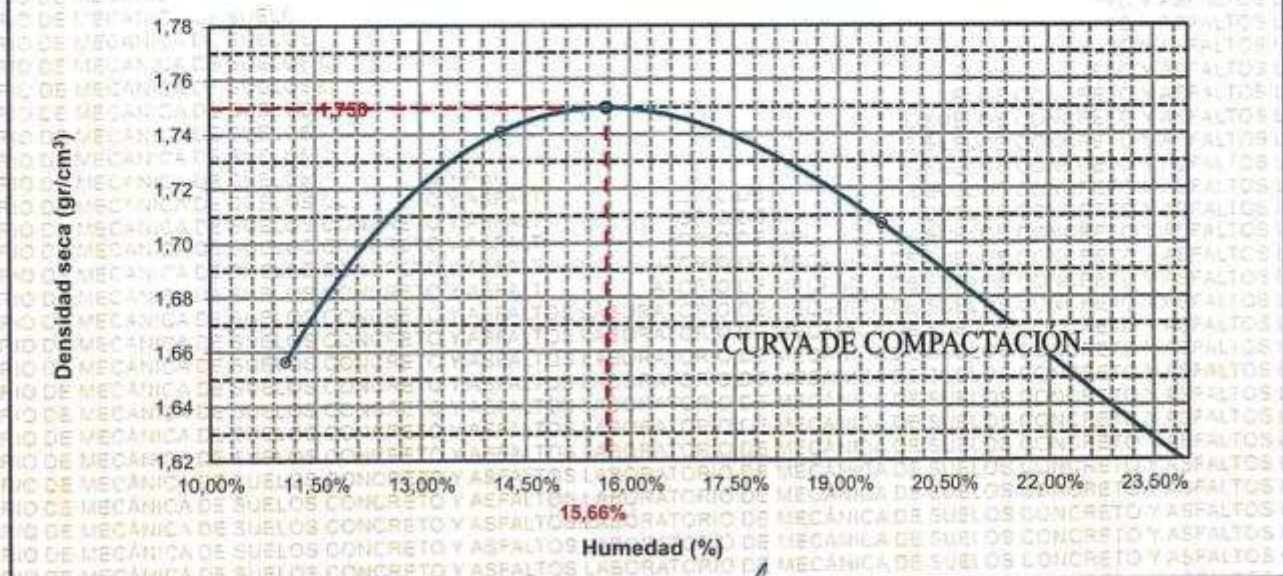
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6034	6065	6014	5876
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1879	1910	1859	1721
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2,009	2,042	1,987	1,840

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	68,81	74,41	82,83	90,52	80,83	92,23	91,61	90,63
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	58,83	63,83	71,77	80,64	73,38	83,52	85,38	83,42
Peso del Agua	gr.	9,98	10,58	11,06	9,88	7,45	8,71	6,23	7,21
Peso de la Capsula	gr.	20,87	25,60	20,51	24,86	22,71	19,43	24,13	23,15
Peso del Suelo Seco	gr.	37,96	38,23	51,26	55,98	50,67	64,09	61,25	60,27
% de Humedad	%	26,29%	27,67%	21,58%	17,65%	14,70%	13,59%	10,17%	11,96%
Promedio de Humedad	%	26,98%		19,61%		14,15%		11,07%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,582		1,707		1,741		1,656	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1,750 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 15,67%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



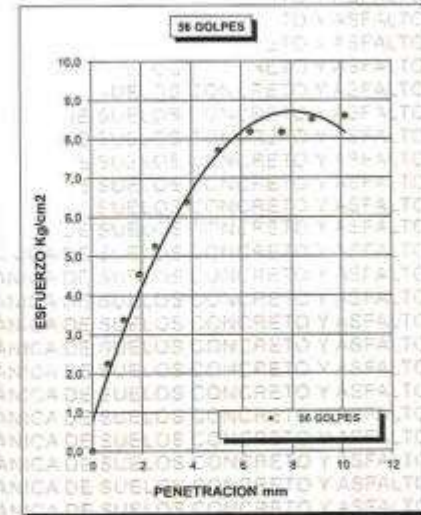
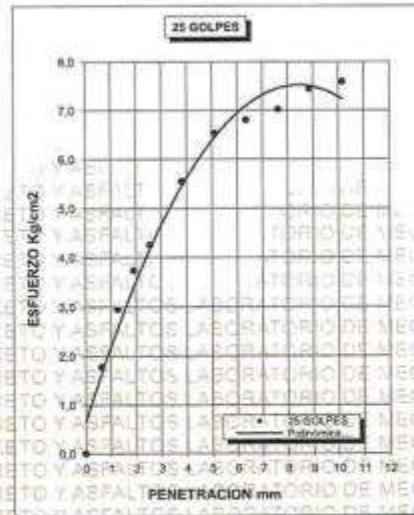
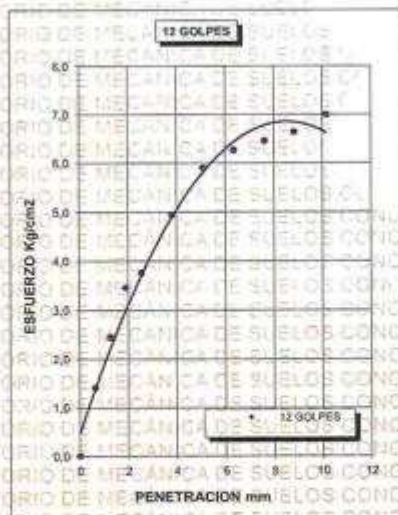
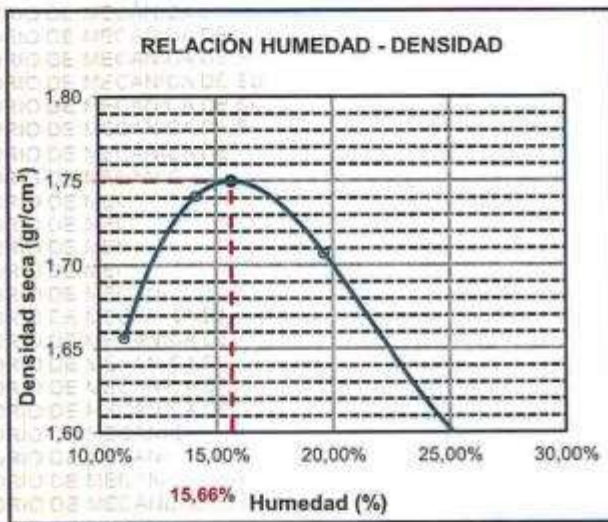
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



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 :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCILAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUIPI 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1,750
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUIPI	HUMEDAD OPTIMA (%) 15,7%
MUESTRA :	CALICATA 2 - MUESTRA 2 + RESINA DE PINO AL 2,5%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 6,90
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 6,11
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 5,38

CBR 5,98

CBR 6,90



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103267



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

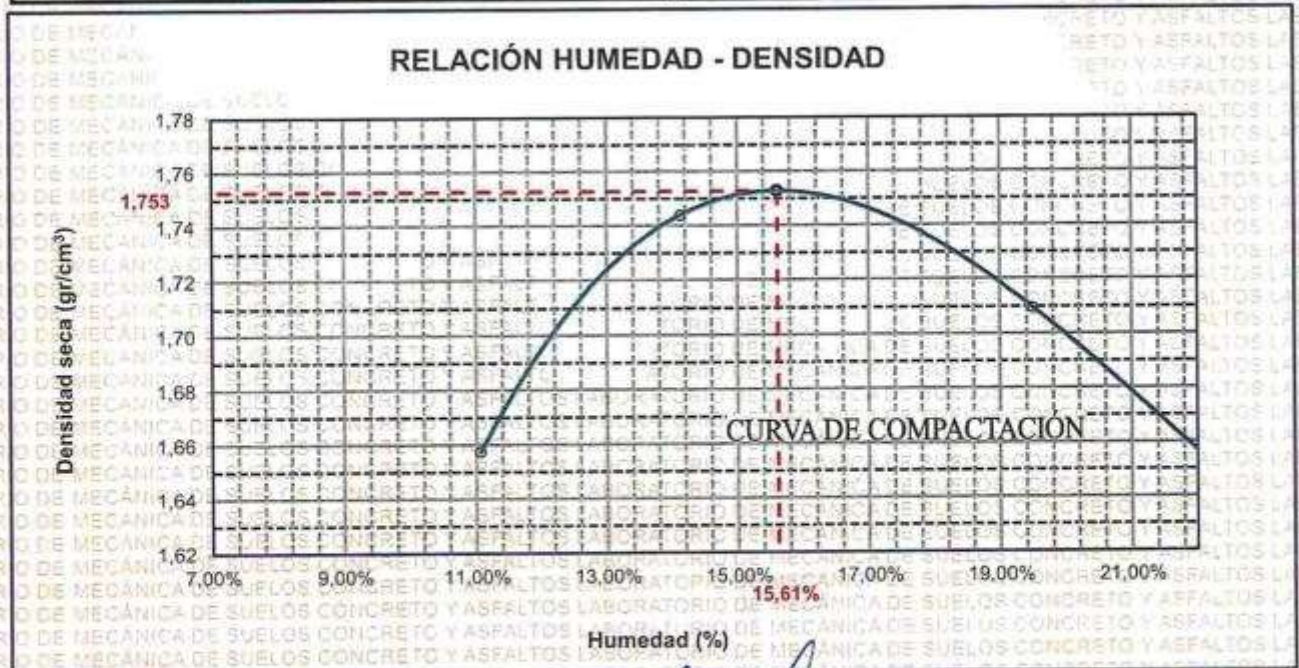
TESIS	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024		
SOLICITANTE	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE		
UBICACIÓN	CARRETERA LLALLI - CUPU		
MUESTRA	CALICATA 3 - MUESTRA 3 + RESINA DE PINO AL 2.5%		
FECHA	AGOSTO DEL 2024		

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6035	6066	6017	5877
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1880	1911	1862	1722
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2,010	2,043	1,990	1,841

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	68,90	74,50	82,92	90,61	80,91	92,32	91,70	90,72
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	58,92	63,92	71,96	80,73	73,47	83,62	85,47	83,51
Peso del Agua	gr.	9,98	10,58	10,96	9,88	7,44	8,70	6,23	7,21
Peso de la Capsula	gr.	20,96	25,69	20,60	24,75	22,82	19,52	24,22	23,24
Peso del Suelo Seco	gr.	37,96	38,23	51,36	55,98	50,65	64,10	61,25	60,27
% de Humedad	%	26,29%	27,67%	21,34%	17,65%	14,69%	13,57%	10,17%	11,96%
Promedio de Humedad	%	26,98%		19,49%		14,13%		11,07%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,583		1,710		1,744		1,657	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1,753 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	15,61%



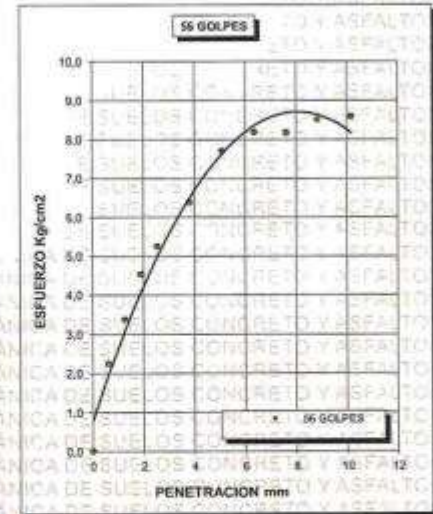
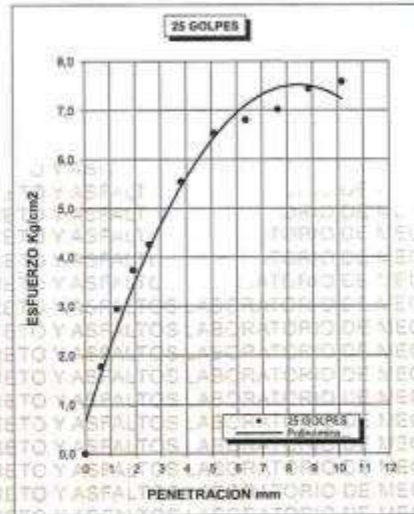
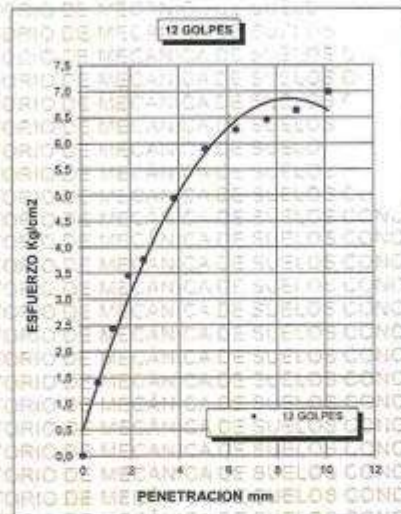
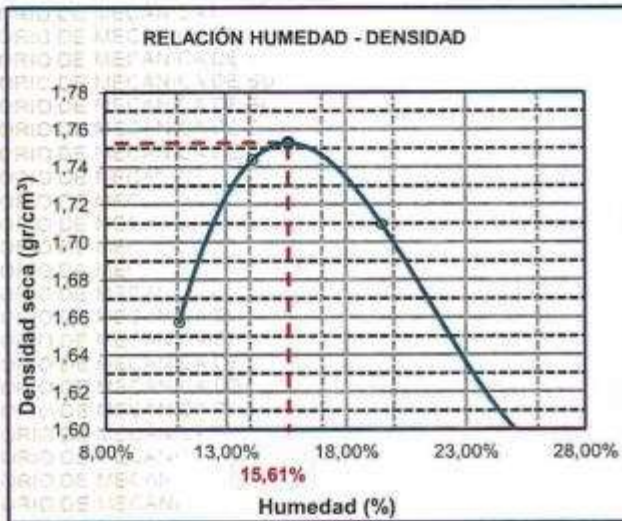
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.SCA. JEFFERSON JULIA
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



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 :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1,753
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPU	HUMEDAD OPTIMA (%) 15,61%
MUESTRA :	CALICATA 3 - MUESTRA 3 + RESINA DE PINO AL 2,5%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 6,29
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 5,46
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



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.S.C.A. FEATURRA
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 C.I.P. 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

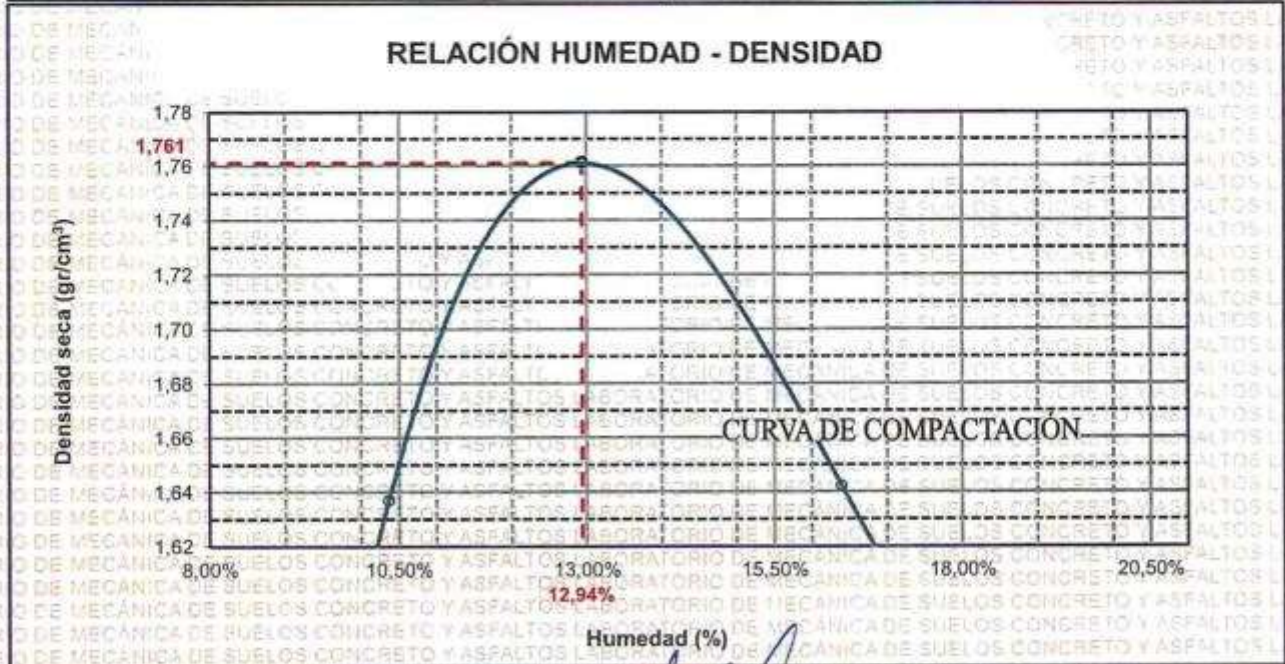
TESIS	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024
SOLICITANTE	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE
UBICACIÓN	CARRETERA LLALLI - CUPU
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + RESINA DE PINO AL 5%
FECHA	AGOSTO DEL 2024

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	5923	5943	5845	5749
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1768	1788	1690	1594
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1,890	1,911	1,807	1,704

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	294,61	275,68	224,80	207,57	173,22	176,29	203,13	192,43
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	255,17	240,35	198,33	183,63	160,71	162,98	191,86	176,02
Peso del Agua	gr.	39,44	35,33	26,47	23,94	12,51	13,31	11,17	16,41
Peso de la Capsula	gr.	72,36	71,39	37,28	37,20	37,34	37,29	40,03	39,65
Peso del Suelo Seco	gr.	182,81	168,96	161,07	146,43	123,37	125,69	151,93	136,37
% de Humedad	%	21,57%	20,91%	16,43%	16,35%	10,14%	10,59%	7,35%	12,03%
Promedio de Humedad	%	21,24%		16,39%		10,36%		9,69%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,559		1,642		1,637		1,553	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1,761 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	12,94%



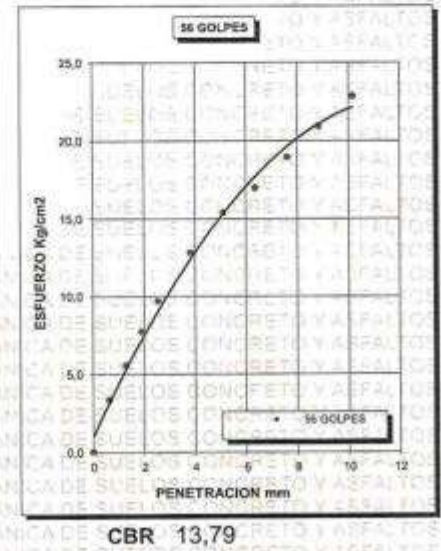
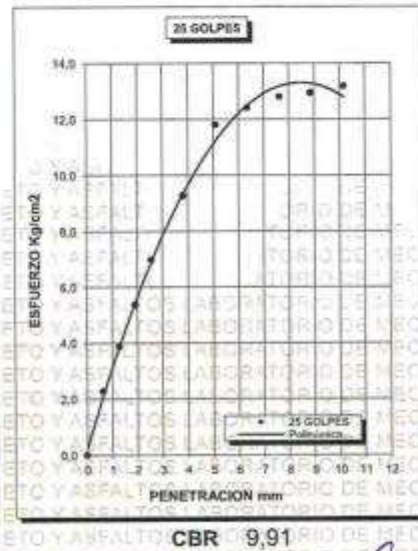
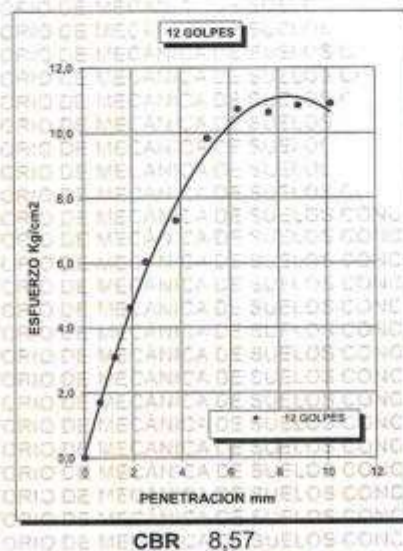
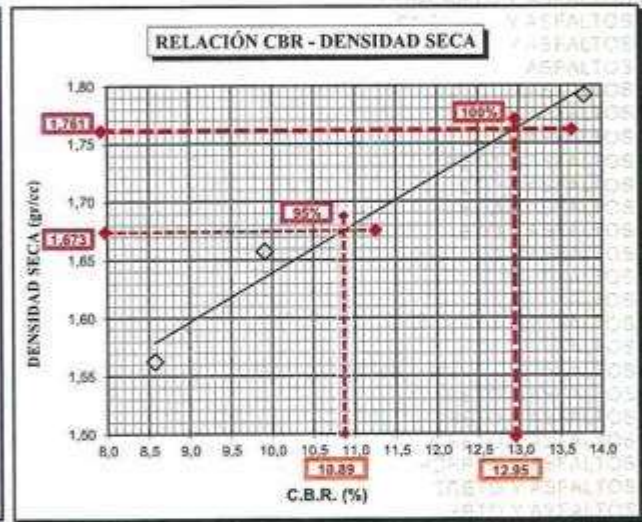
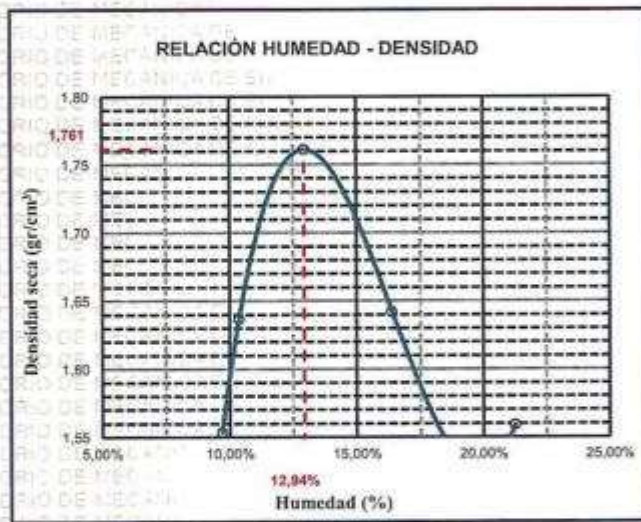
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CIP INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C.A. JEFATURA
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



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 :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1,761
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPU	HUMEDAD OPTIMA (%) 12,94%
MUESTRA :	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + RESINA DE PINO AL 5%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 13,79
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 9,48
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

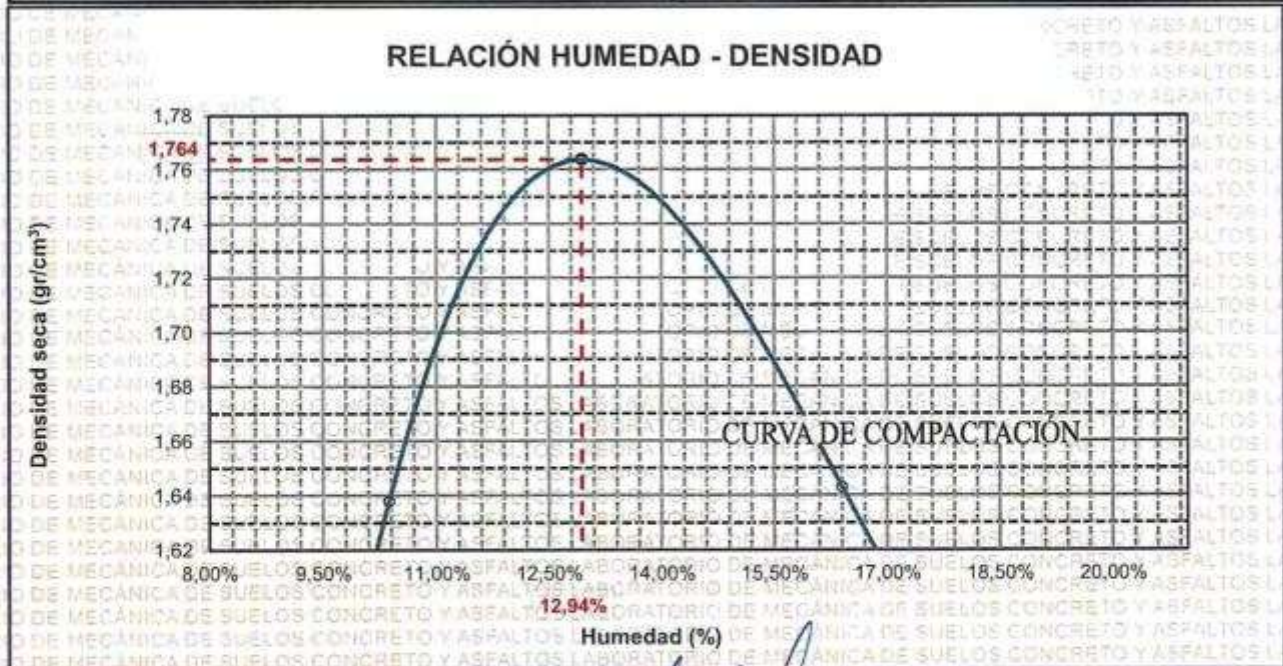
TESIS	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024
SOLICITANTE	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE
UBICACIÓN	CARRETERA LLALLI - CUPU
MUESTRA	CALICATA 2 - MUESTRA 2 + RESINA DE PINO AL 5%
FECHA	AGOSTO DEL 2024

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	5924	5944	5846	5750
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1769	1789	1691	1595
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1,891	1,912	1,808	1,705

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	294,68	275,74	224,86	207,64	173,30	176,34	203,19	192,48
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	255,27	240,41	198,39	183,67	160,77	163,04	191,99	176,07
Peso del Agua	gr.	39,39	35,33	26,47	23,97	12,53	13,30	11,20	16,41
Peso de la Capsula	gr.	72,41	71,46	37,32	37,24	37,40	37,34	40,09	39,71
Peso del Suelo Seco	gr.	182,86	168,95	161,07	146,43	123,37	125,70	151,90	136,36
% de Humedad	%	21,54%	20,91%	16,43%	16,37%	10,16%	10,58%	7,37%	12,03%
Promedio de Humedad	%	21,23%		16,40%		10,37%		9,70%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,560		1,643		1,638		1,554	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1,764 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	12,94%



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

M.S.C.A.
JULIACA

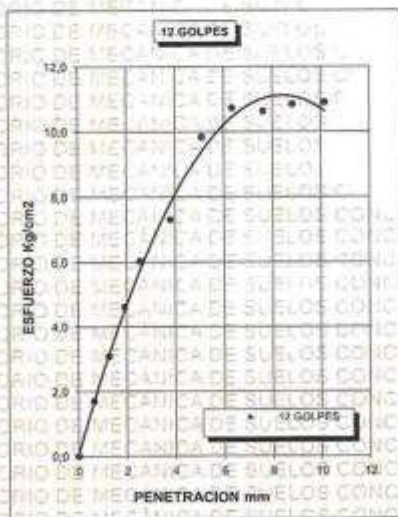
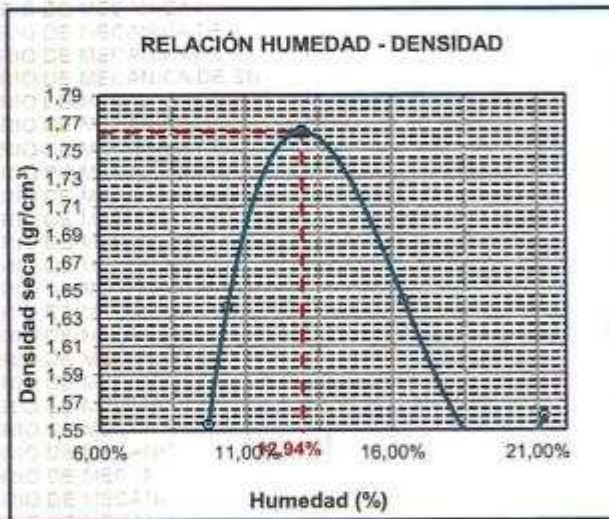
Dr. Arnaldo Yana Torres
C.I.P. 103257



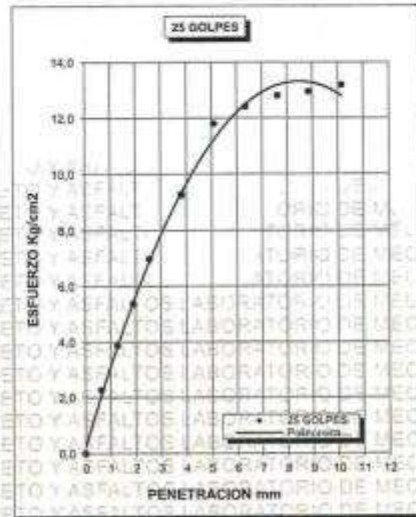
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



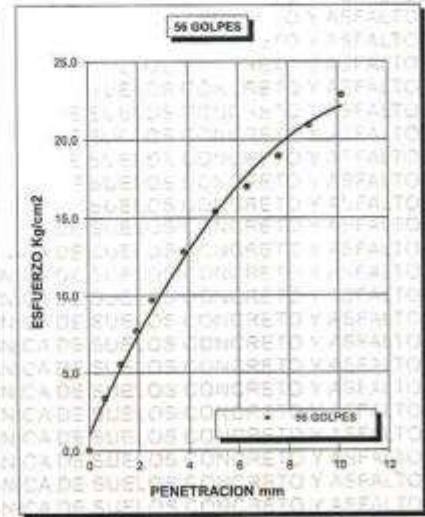
PROYECTO :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1,764
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPU	HUMEDAD OPTIMA (%)	12,94%
MUESTRA :	CALICATA 2 - MUESTRA 2 + RESINA DE PINO AL 5%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	13,78
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	9,01
		CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



CBR 8,66



CBR 10,14



CBR 13,78



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

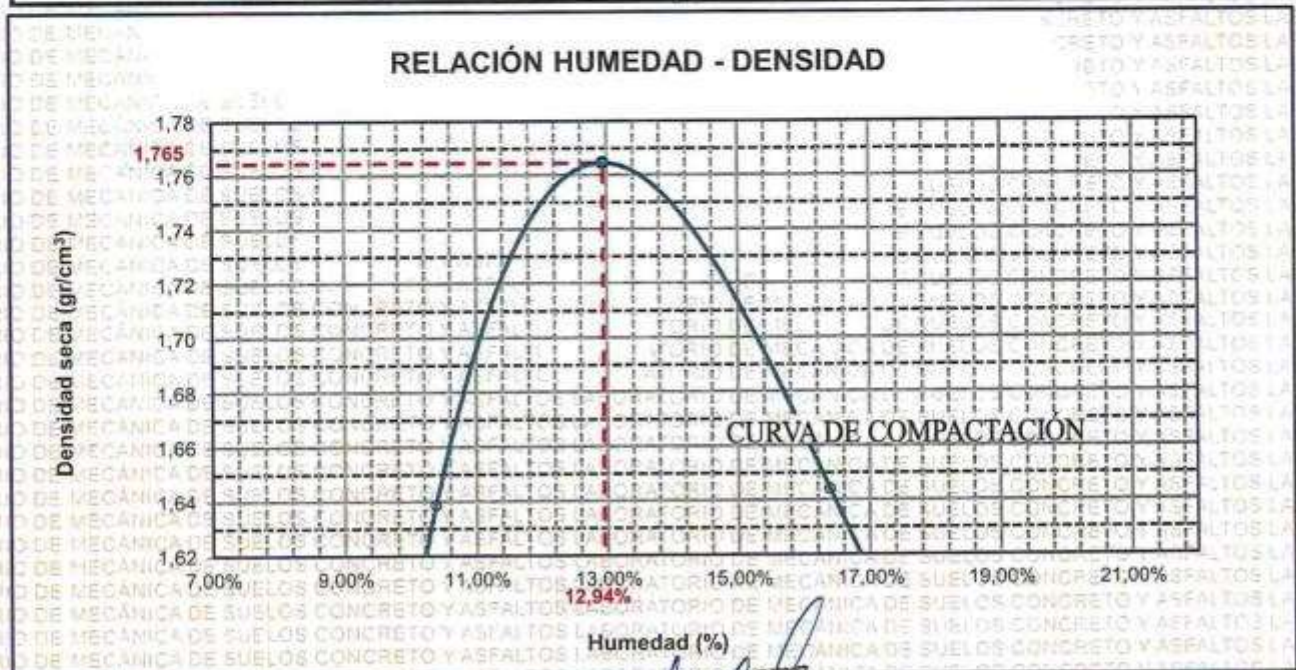
TESIS	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024		
SOLICITANTE	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE		
UBICACIÓN	CARRETERA LLALLI - CUPU		
MUESTRA	CALICATA 3 - MUESTRA 3 + RESINA DE PINO AL 5%		
FECHA	AGOSTO DEL 2024		

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	5925	5945	5847	5751
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	1770	1790	1692	1596
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	1,892	1,913	1,809	1,706

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	294,75	275,83	224,95	207,73	173,45	176,43	203,31	192,59
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	255,36	240,52	198,51	183,76	160,88	163,15	162,10	176,16
Peso del Agua	gr.	39,39	35,31	26,44	23,97	12,57	13,28	11,21	16,43
Peso de la Capsula	gr.	72,50	71,57	37,41	37,33	37,52	37,45	40,21	39,80
Peso del Suelo Seco	gr.	182,86	169,95	161,10	146,43	123,36	125,70	151,89	136,36
% de Humedad	%	21,54%	20,90%	16,41%	16,37%	10,19%	10,56%	7,38%	12,05%
Promedio de Humedad	%	21,22%		16,39%		10,38%		9,71%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,561		1,644		1,639		1,555	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	1,765 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	12,94%



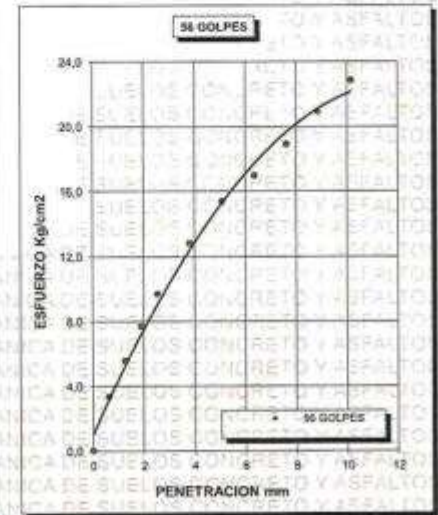
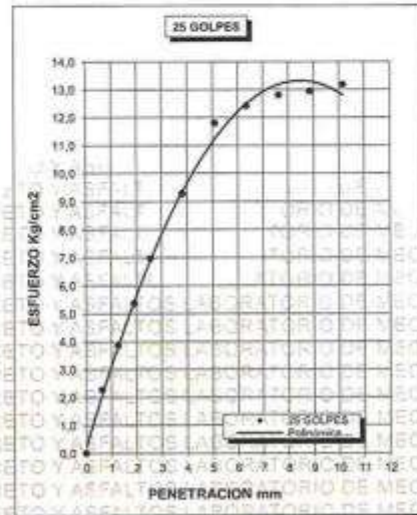
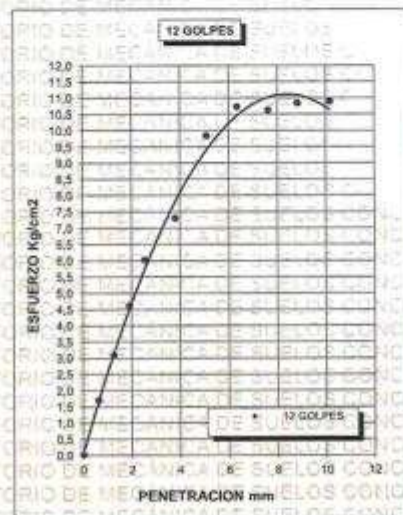
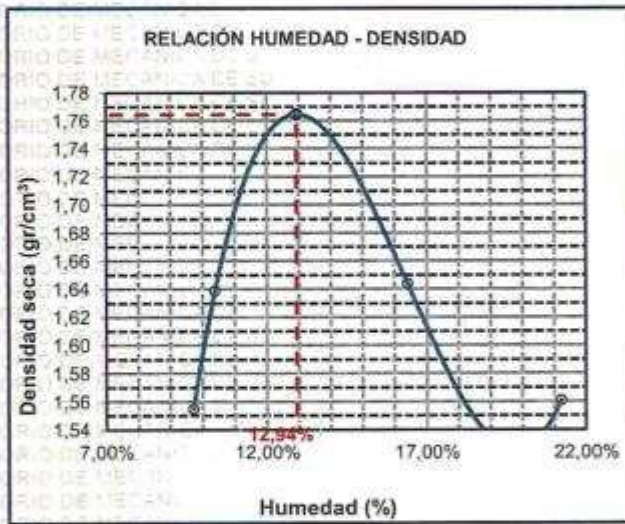
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 M.S.C.A. JEFEATURA
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP/103257



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 :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1,765
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPI	HUMEDAD OPTIMA (%)	12,94%
MUESTRA :	CALICATA 3 - MUESTRA 3 + RESINA DE PINO AL 5%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	13,83
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	8,89
		CLASIFICACIÓN :	CL
		AASHTO :	A-2
		EMBEBIDO :	4 DIAS



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

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

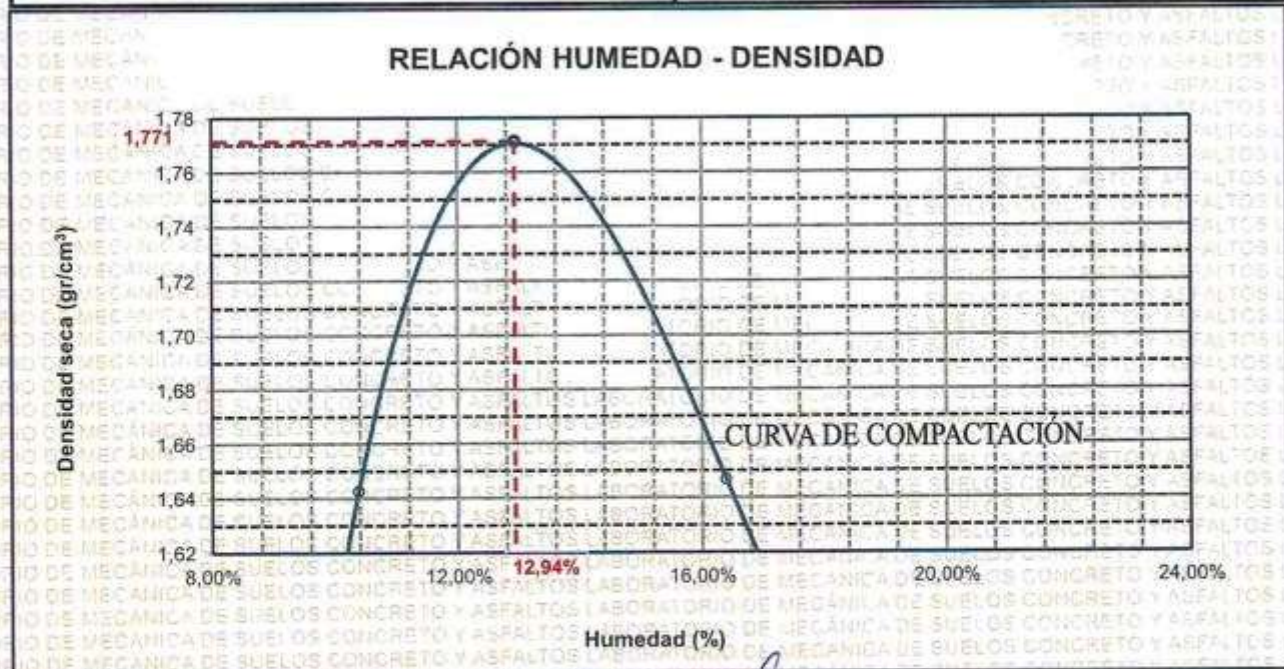
TESIS	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024
SOLICITANTE	: Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE
UBICACIÓN	: CARRETERA LLALLI - CUPU
MUESTRA	: CALICATA 1 - MUESTRA 1 + RESINA DE PINO AL 7.5%
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	5928	5948	5851	5754
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1773	1793	1696	1599
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1,895	1,917	1,813	1,709

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	297,86	278,94	228,06	210,84	176,56	179,54	208,42	195,71
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	258,47	243,63	201,62	186,87	163,99	166,26	195,21	179,27
Peso del Agua	gr.	39,39	35,31	26,44	23,97	12,57	13,28	11,21	16,44
Peso de la Capsula	gr.	75,61	74,68	40,53	40,44	40,63	40,54	43,32	42,91
Peso del Suelo Seco	gr.	182,86	168,95	161,09	146,43	123,36	125,72	151,89	136,36
% de Humedad	%	21,54%	20,90%	16,41%	16,37%	10,19%	10,56%	7,38%	12,06%
Promedio de Humedad	%	21,22%		16,39%		10,38%		9,72%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,564		1,647		1,643		1,558	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1,771 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 12,94%



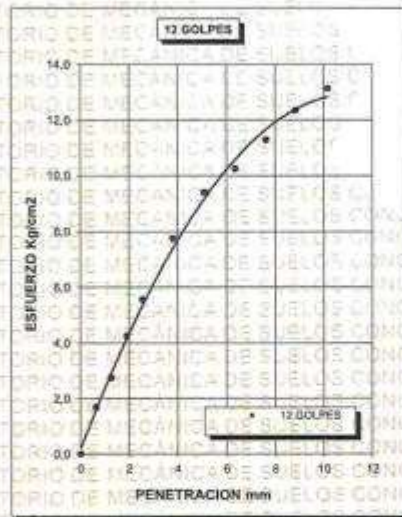
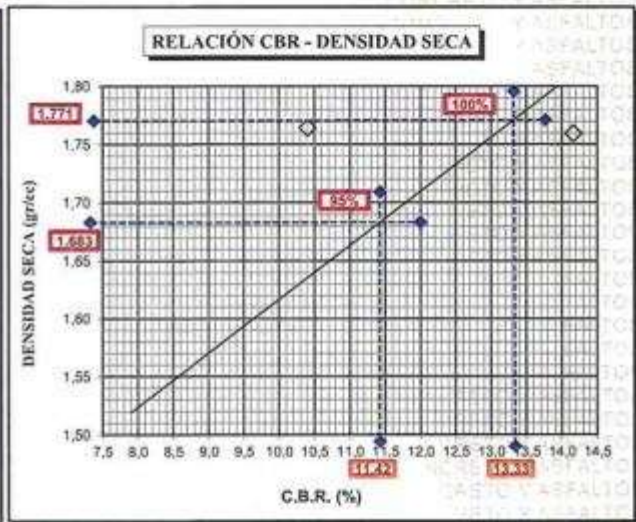
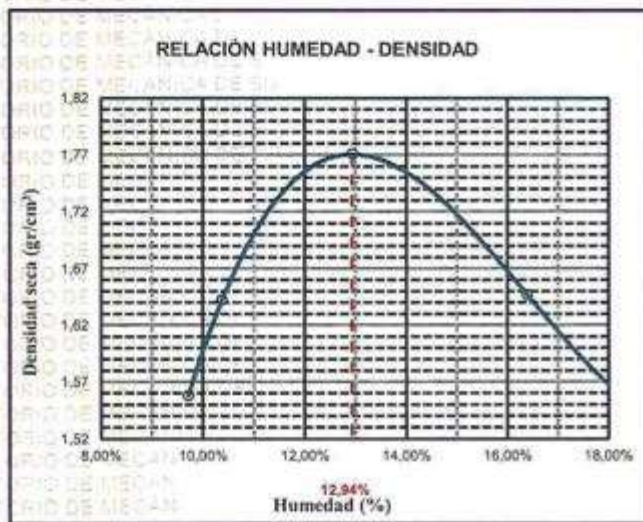
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
[Signature]
Dr. Argaldo Yana Torres
CIP. 103257



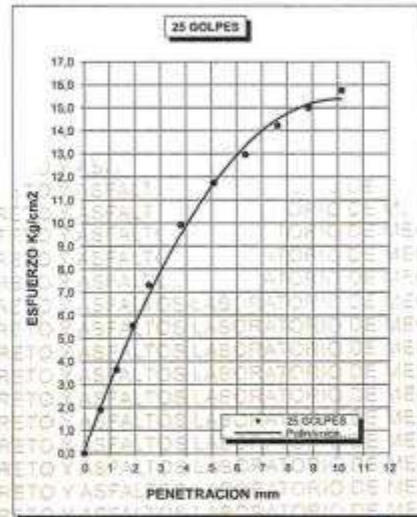
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



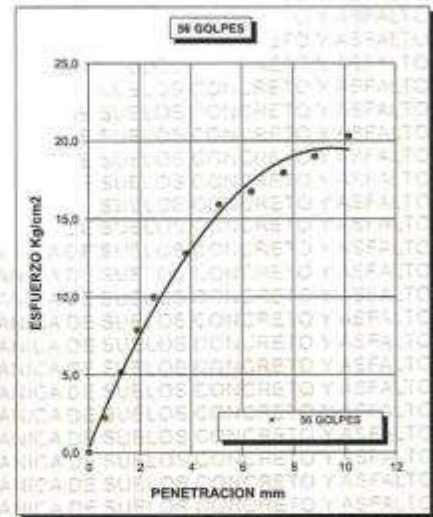
PROYECTO :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1,771
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPI	HUMEDAD OPTIMA (%) 12,94%
MUESTRA :	CALIGATA 1 - MUESTRA 1 + RESINA DE PINO AL 7.5%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 14,16
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 10,41
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 7,91



CBR 10,40



CBR 14,16



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

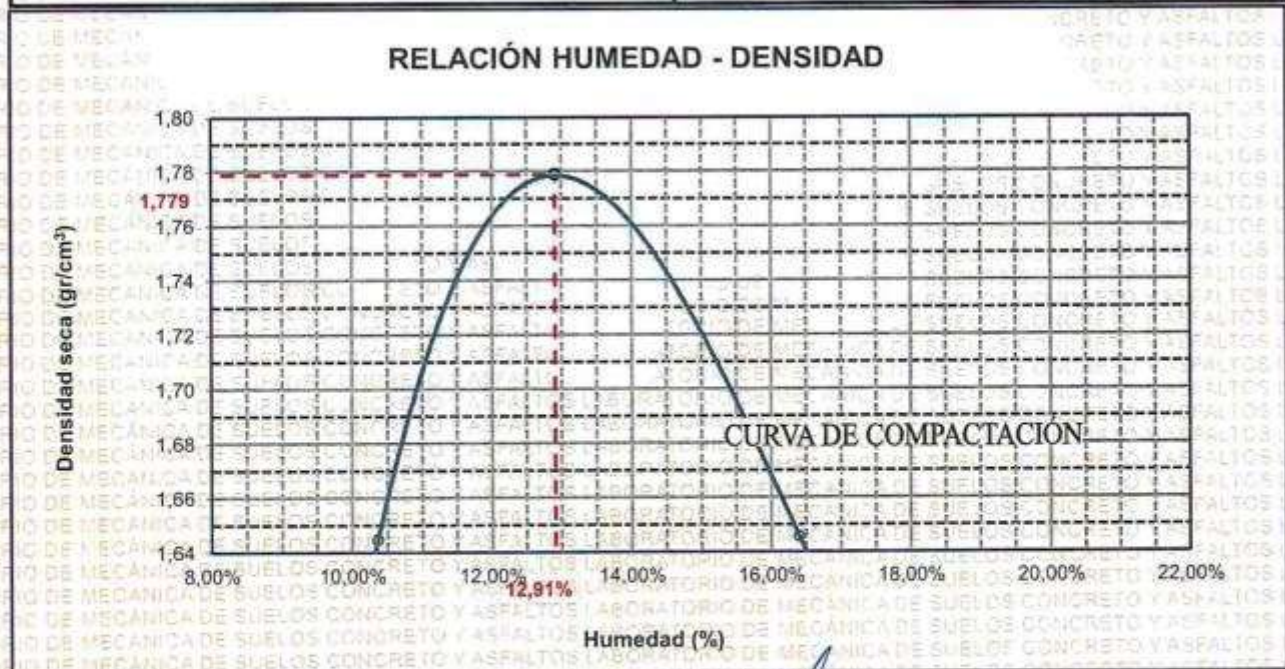
TESIS	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024
SOLICITANTE	: Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE
UBICACIÓN	: CARRETERA LLALLI - CUPU
MUESTRA	: CALICATA 2 - MUESTRA 2 + RESINA DE PINO AL 7.5%
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	5929	5947	5853	5755
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1774	1792	1698	1600
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1,896	1,916	1,815	1,710

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	297,97	278,99	228,17	210,95	176,62	179,65	206,53	195,79
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	258,56	243,68	201,73	185,96	164,08	166,37	193,30	179,35
Peso del Agua	gr.	39,41	35,31	26,44	23,99	12,54	13,28	11,23	16,44
Peso de la Capsula	gr.	75,72	74,79	40,54	40,53	40,72	40,63	43,44	42,99
Peso del Suelo Seco	gr.	182,84	168,89	161,09	146,43	123,36	125,74	151,86	136,36
% de Humedad	%	21,55%	20,91%	16,41%	16,38%	10,17%	10,56%	7,39%	12,06%
Promedio de Humedad	%	21,23%		16,40%		10,36%		9,73%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,564		1,646		1,645		1,559	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1,779 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 12,91%



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

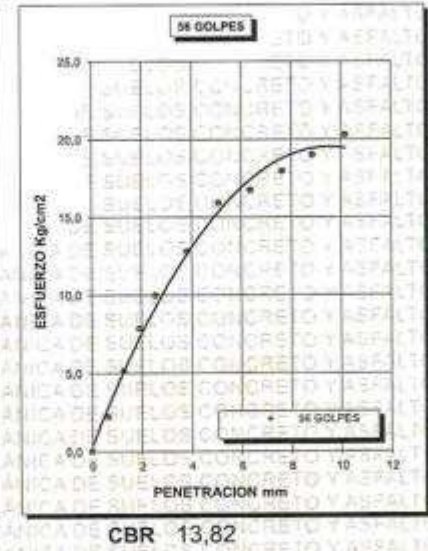
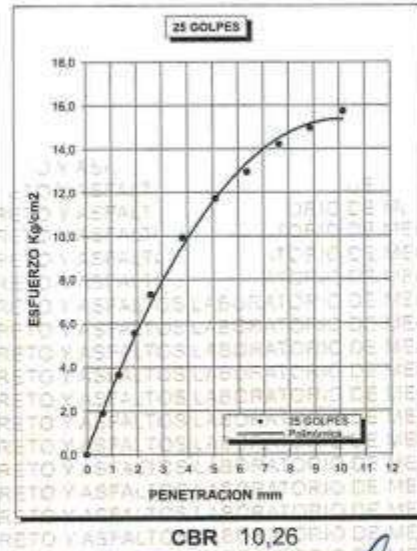
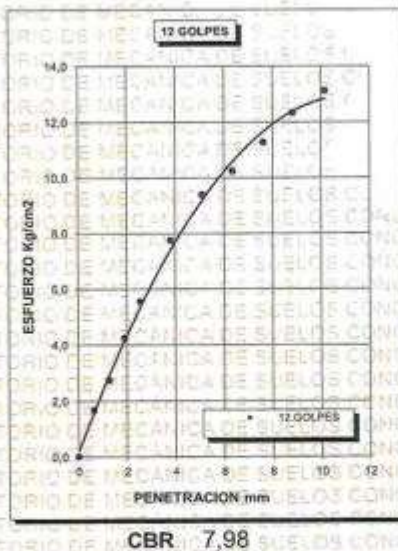
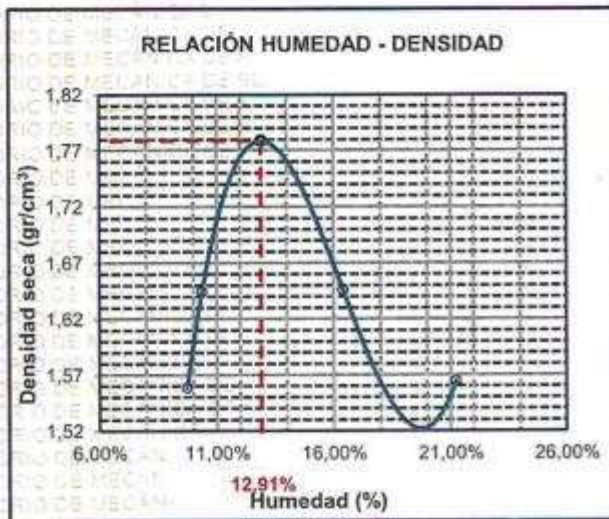
Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



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 :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLU - CUPI 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.) 1,779
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPI	HUMEDAD OPTIMA (%) 12,9%
MUESTRA :	CALICATA 2 - MUESTRA 2 + RESINA DE PINO AL 7,5%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 13,82
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 10,52
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

M.S.C.A. JEFATURA

D. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLI - CUPI 2024
SOLICITANTE	: Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE
UBICACIÓN	: CARRETERA LLALLI - CUPI
MUESTRA	: CALICATA 3 - MUESTRA 3 + RESINA DE PINO AL 7.5%
FECHA	: AGOSTO DEL 2024

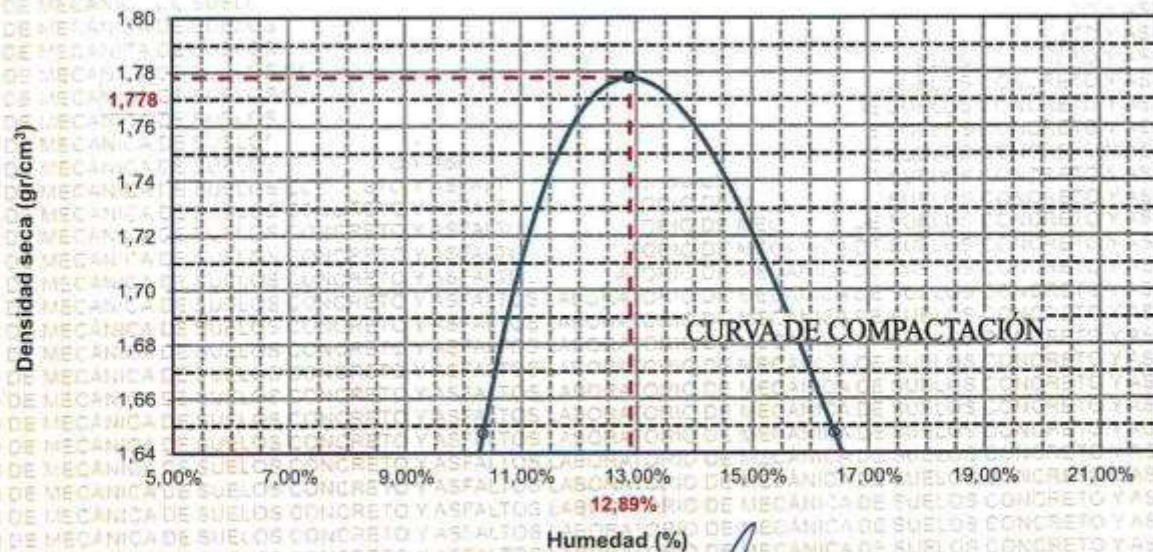
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	5931	5949	5855	5757
Peso del Molde	gr.	4155	4155	4155	4155
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1776	1794	1700	1602
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1,899	1,918	1,817	1,713

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	299,03	280,05	229,22	211,99	177,60	180,70	207,58	196,84
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	259,62	244,73	202,78	187,99	165,14	187,42	196,35	180,41
Peso del Agua	gr.	39,41	35,32	26,44	24,00	12,46	13,28	11,23	16,43
Peso de la Capsula	gr.	75,78	75,84	41,69	41,58	41,77	41,68	44,49	43,04
Peso del Suelo Seco	gr.	182,84	168,89	161,09	146,41	123,37	125,74	151,86	137,37
% de Humedad	%	21,53%	20,91%	16,41%	16,39%	10,10%	10,56%	7,39%	11,96%
Promedio de Humedad	%	21,23%		16,40%		10,33%		9,68%	
Densidad del Suelo Seco	%	1,566		1,648		1,647		1,561	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1,778 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 12,89%

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

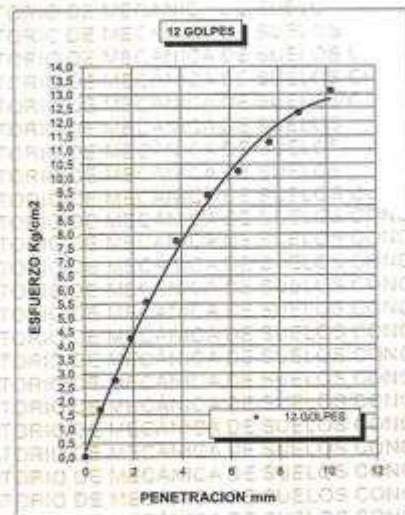
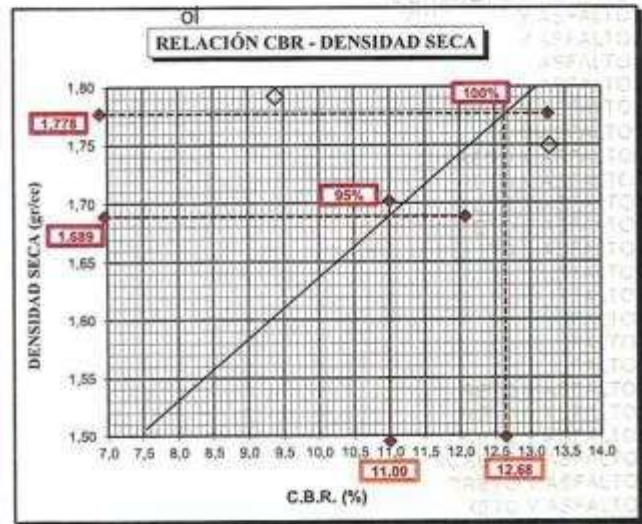
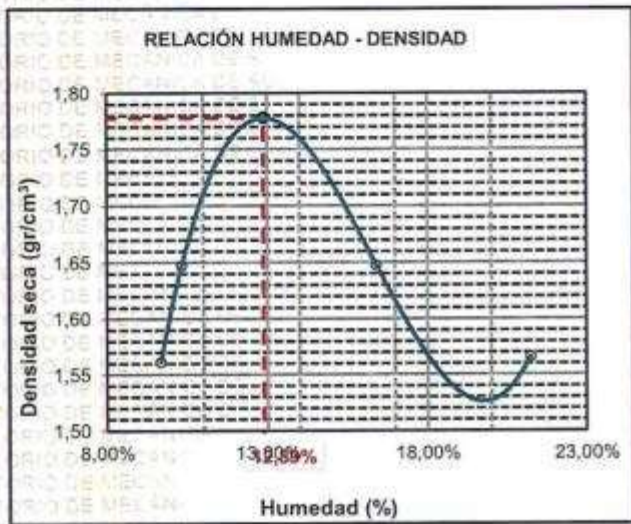
Dr. Arnaldo Yana Torres
 C.I.P. 103257



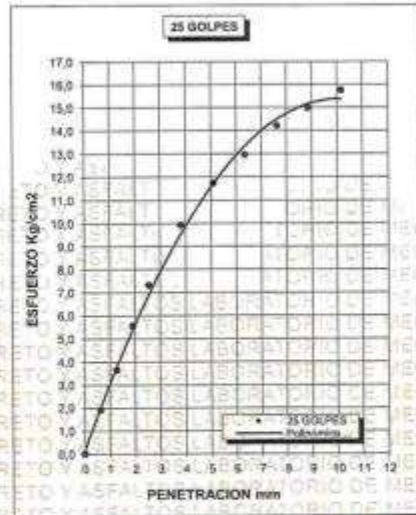
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



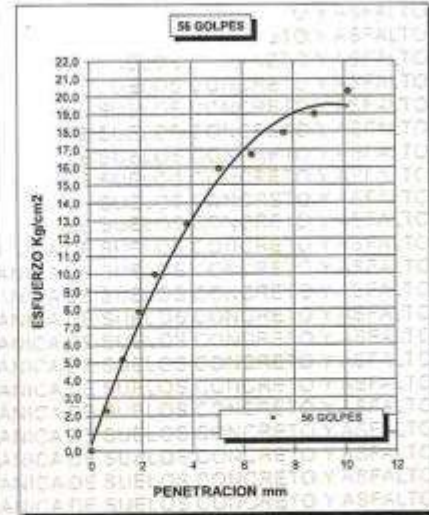
PROYECTO :	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NOPAL EN LA CARRETERA LLALLU - CUPÍ 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. BILL CLINTON CURRO QUISPE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1,778
UBICACIÓN :	CARRETERA LLALLI - CUPÍ	HUMEDAD OPTIMA (%) 12,89%
MUESTRA :	CALICATA 3 - MUESTRA 3 + RESINA DE PINO AL 7.5%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 13,28
FECHA :	AGOSTO DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 9,50
		CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 7,54



CBR 9,38



CBR 13,28

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

LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103267



ANEXO 1 FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 18-12-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: BILL CLINTON CURRO QUISPE

Dirección: Jr. LOS LEONES Mz-A2 Lt-5B Sr. DE LOS MILAGROS

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74697544

Teléfono: 929 894 746 email: clintonc91@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: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES DE SUELOS ARCILLOSOS DE SUBRASANTE
CON EMPLEO DE RESINA DE PINO Y MUCÍLAGO DE NÓPAL
EN LA CARRETERA LLALLI - CUPU 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): RESINA DE PINO, MUCÍLAGO DE NÓPAL, SUBRASANTE, CBR, CONTENIDO DE HUMEDAD,
GRADO DE COMPACTACIÓN, PROPIEDADES FÍSICAS, PROPIEDADES MECÁNICAS.

¿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, entre otros relacionados.

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



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
- Título
- 2da Especialidad
- Maestría
- Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

18-12-2025

Fecha