



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



**ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST
SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA
TROCHAS CARROZABLES EN LA
CIUDAD DE PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:
Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

JULIACA - PERÚ

2024



NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 
Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

PRIMER MIEMBRO

: 
Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

SEGUNDO MIEMBRO

: 
Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

: 
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 666-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 17 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-8588 presentado por el (la) Bachiller: **FREDY LINDON HUALPA CCALLATA** 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. **FREDY LINDON HUALPA CCALLATA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.**

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

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

ARTICULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **FREDY LINDON HUALPA CCALLATA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Miercoles 24 de julio del 2024
- * **HORA** : 12:00 a.m.
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. MILTON QUISEP HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 477-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 20 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 6412 por el o (la) Bachiller: **FREDY LINDON HUALPA CCALLATA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 457 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 090 - 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: **FREDY LINDON HUALPA CCALLATA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 090 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el o (la) Bachiller: **FREDY LINDON HUALPA CCALLATA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Milton Quispe Huanca
DECANO
CIP. 47790



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

Dr. Eirain Pazillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 051-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 13 de marzo del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-00209, presentado por el señor (a) **FREDY LINDON HUALPA CCALLATA** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 017-2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 019-2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) estudiante: **FREDY LINDON HUALPA CCALLATA** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 019-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **FREDY LINDON HUALPA CCALLATA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

DR. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



Dr. Efraín Perillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKADUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

22%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|--|-----|
| 1 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 7% |
| 2 | repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet | 5% |
| 3 | Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante | 3% |
| 4 | repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 5 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante | 1% |
| 6 | repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 7 | repositorio.uss.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 8 | repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet | <1% |



Metadatos complementarios - UANCV

| TITULO | |
|---|---|
| ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO | |
| Datos de autor | |
| Nombres y Apellidos | FREDY LINDON HUALPA CCALLATA |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 70398302 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0009-0005-9274-166X |
| Datos de asesor | |
| Nombres y apellidos | ARNALDO YANA TORRES |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 41414676 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0000-0002-6740-5024 |
| Datos del jurado | |
| Presidente del jurado | |
| Nombres Y Apellidos | EFRAIN PARILLO SOSA |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 02416058 |
| Miembro del jurado 1 | |
| Nombres Y Apellidos | LEONEL SUASACA PELINCO |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 40865558 |
| Miembro del jurado 2 | |
| Nombres Y Apellidos | FRITZ WILLY MAMANI APAZA |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 02306659 |

| | |
|--|---|
| Datos de investigación | |
| Línea de investigación | TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17 |
| Grupo de investigación | No aplica. |
| Agencia de financiamiento | Sin financiamiento. |
| Ubicación geográfica de la investigación | <p>Dirección: CIUDAD DE PUNO País: Perú Departamento: Puno Provincia: Puno Distrito: Puno Coordenadas: Latitud: -15.84068 Longitud: -70.02224 https://maps.app.goo.gl/Axk4wwhQVNUTTp576</p> |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación | Marzo 2024 - Julio 2024 |
| URL de disciplinas OCDE - Librería | <p>Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p> |



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS
Dr. Efraín Parillo Bosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo FREDY LINDON HUALPA CCALLATA, identificado con DNI Nro. 70398302, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

ANALISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARRIZABLES EN LA CIUDAD DE PUÑO

Asesorado por: Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 13 de AGOSTO del 2024


Firma del Asesor (obligatoria)


Firma del Estudiante (obligatoria)



Huella



ÍNDICE DE CONTENIDO

| | |
|---------------------------|------|
| ÍNDICE DE CONTENIDO | i |
| ÍNDICE DE TABLAS | v |
| ÍNDICE FIGURAS..... | vii |
| RESUMEN | viii |
| ABSTRACT | ix |
| INTRODUCCIÓN..... | x |

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

| | |
|--|---|
| 1.1 Exposición de la situación problemática..... | 1 |
| 1.2 Planteamiento del problema..... | 3 |
| 1.2.1 Pregunta general..... | 3 |
| 1.2.2 Preguntas específicas..... | 3 |
| 1.3 Justificación de la investigación..... | 3 |
| 1.3.1 Justificación teórica..... | 4 |
| 1.3.2 Justificación económica | 4 |
| 1.3.3 Justificación social | 4 |
| 1.4 Objetivos | 4 |
| 1.4.1 Objetivo general | 4 |
| 1.4.2 Objetivos específicos..... | 4 |
| 1.5 Hipótesis..... | 5 |
| 1.5.1 Hipótesis general | 5 |



1.5.2 Hipótesis específicas 5

1.6 Variables e indicadores 5

1.7 Operacionalización de variables 6

CAPITULO II

MARCO TEORICO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes de la investigación 7

 2.1.1 Antecedentes internacionales 7

 2.1.2 Antecedentes nacionales..... 8

 2.1.3 Antecedentes locales 9

2.2 Marco teórico 11

 2.2.1 Carreteras..... 11

 2.2.2 Organización de carreteras. 12

 2.2.3 Mecánica de suelos..... 18

 2.2.4 Estabilización de suelos..... 22

 2.2.5 Clases de estabilización de suelos 23

 2.2.6 Sika dust seal 27

 1.1.1 Pruebas de mecánica de suelos..... 31

 1.1.2 Subrasante 39

2.3 Marco conceptual 40

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación 43



| | | |
|-------|--|----|
| 3.1.1 | Nivel de investigación | 43 |
| 3.1.2 | Tipo de investigación | 43 |
| 3.1.3 | Método de investigación | 43 |
| 3.1.4 | Diseño de investigación..... | 43 |
| 3.2 | Población y muestra | 44 |
| 3.2.1 | Población | 44 |
| 3.2.2 | Muestra..... | 44 |
| 3.2.3 | Diseño muestral..... | 44 |
| 3.3 | Ámbito de estudio | 44 |
| 3.3.1 | Locación del área en estudio | 44 |
| 3.3.2 | Descripción del área de estudio..... | 45 |
| 3.3.3 | Ensayos de suelos para evaluar sus cualidades mecano-físicas | 45 |

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1 | Presentación de resultados de la investigación..... | 55 |
| 4.2 | Pruebas realizadas en laboratorio..... | 55 |
| 4.2.1 | Granulometría de los Suelos..... | 55 |
| 4.2.2 | Límites de Atterberg..... | 56 |
| 4.2.3 | Resumen de clasificación de suelos. | 57 |
| 4.2.4 | Resumen de Ensayo Proctor Modificado | 57 |
| 4.2.5 | Resumen de Ensayo C.B.R..... | 58 |
| 4.2.6 | Resumen ensayo Proctor modificado + aditivo Sika Dust Seal. | 59 |



| | | |
|-------|--|----|
| 4.2.7 | Resumen ensayo C.B.R. + Aditivo Sika Dust Seal..... | 60 |
| 4.2.8 | Porcentajes de aumento de CBR de los diversos ensayos..... | 61 |
| | CONCLUSIONES..... | 65 |
| | RECOMENDACIONES | 66 |
| | REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS | 67 |
| | ANEXOS..... | 69 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Operacionalización de variables | 6 |
| Tabla 2. Red vial del sistema nacional por superficie de rodadura | 18 |
| Tabla 3. Clasificación de la clase de superficie | 19 |
| Tabla 4. Dosificación del producto..... | 30 |
| Tabla 5. Significado de las curvas | 33 |
| Tabla 6. Categorización de suelos acorde con el Índice de Plasticidad..... | 35 |
| Tabla 7. Organización de suelos de acuerdo al CBR..... | 37 |
| Tabla 8. Grupos de Subrasante en función del CBR. | 40 |
| Tabla 9. Fosas de ensayo excavadas en la calzada | 44 |
| Tabla 10. Organización de suelos según Índice de Plasticidad | 47 |
| Tabla 11. Organización de suelos | 47 |
| Tabla 12. Organización de suelos según Índice de Grupo..... | 48 |
| Tabla 13. Presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón | 53 |
| Tabla 14. Resumen de Parámetros de clasificación..... | 56 |
| Tabla 15. Resumen ensayo Límites de Consistencia..... | 56 |
| Tabla 16. Resumen Organización de suelos SUCS y AASHTO..... | 57 |
| Tabla 17. Resumen ensayo Proctor Modificado | 58 |
| Tabla 18. Resumen de ensayo C.B.R para 0.1” de penetración | 58 |
| Tabla 19. Resumen de ensayo C.B.R para 0.2” de penetración | 59 |
| Tabla 20. Resumen de ensayo Proctor modificado + aditivo Sika Dust Seal..... | 59 |



| | |
|--|----|
| Tabla 21. Resumen de ensayo CBR + aditivo para 0.1” de penetración | 60 |
| Tabla 22. Resumen de ensayo CBR + aditivo para 0.2” de penetración | 61 |
| Tabla 23. Resumen de % de crecimiento de CBR% al 95% y 100% para 0.1” de penetración..... | 62 |
| Tabla 24. Resumen de % de incremento de CBR% al 95% y 100% para 0.2” de penetración..... | 63 |



ÍNDICE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Carreteras comas las vías de comunicación más antiguas | 12 |
| Figura 2. Vía de una trocha carrozable..... | 15 |
| Figura 3. Proceso de pavimentación de una carretera | 16 |
| Figura 4. Estabilización de una carretera no pavimentada | 18 |
| Figura 5. Estabilización física | 24 |
| Figura 6. Estabilización química | 25 |
| Figura 7. Estabilización mecánica | 27 |
| Figura 8. Aditivo sika dust seal | 27 |
| Figura 9. Curvas granulométricas..... | 33 |
| Figura 10. Instrumento de Proctor Modificado | 36 |
| Figura 11. Curva humedad - densidad seca..... | 39 |
| Figura 12. Tamizado del material..... | 46 |
| Figura 13. ensayo para el límite líquido | 49 |
| Figura 14. Compactación de la muestra en 5 capas..... | 50 |
| Figura 15. ensayó de CBR..... | 54 |



RESUMEN

El presente estudio, titulado "Análisis de la aplicación del aditivo sello de polvo de Sika en la estabilización de suelos para caminos de tierra en la ciudad de Puno", tiene como objetivo abordar el problema general de la inadecuada infraestructura vial a nivel nacional. En consecuencia, existe una necesidad imperiosa de contar con caminos de comunicación que faciliten el avance, la integración y el crecimiento económico entre ciudades, anexos, distritos, provincias y regiones. La meta de este proyecto es evaluar el nivel de utilización del aditivo sello de polvo de sika en la estabilización de superficies para vías de tierra en Puno. La investigación sigue un enfoque experimental, centrándose en los resultados deseados y las conexiones efecto-causa entre las variables en evaluación. Las pruebas se realizaron de acuerdo con las directrices señaladas en el Manual de Carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos - sección suelos y pavimentos, 2013. En esta normativa se especifica la cantidad de calicatas útil para cada prueba, que cambia en relación al tipo de carretera. La prueba Proctor modificada sin aditivo se llevó a cabo para determinar la densidad seca límite y el contenido óptimo de humedad, que posteriormente se utilizaron como base para la prueba CBR. El aditivo Sika Dust Seal se adicionó en cantidades variables con base en los resultados del ensayo proctor modificado, tomando como referencia los valores proporcionados en la ficha técnica del elemento. Los resultados de la investigación indican un incremento notable en la capacidad portante de la superficie, específicamente en la prueba CBR, cuando se aplica el aditivo. Este aumento se observa en las tres fosas de ensayo, en comparación con el CBR inicial sin el aditivo. Además, la dosificación óptima del aditivo también arroja resultados positivos, con un aumento de la capacidad portante al 95% de la densidad seca máxima para 0,1" de penetración.

Palabras clave: Estabilización, Valor de soporte California, Aditivo, Máxima Densidad Sika Dust Seal, Seca.



ABSTRACT

The current study, titled "Analysis of the application of the additive sika dust seal in soil stabilization for dirt roads in the city of Puno," aims to address the overall issue of inadequate road infrastructure at the national level. This highlights the necessity for communication routes that facilitate development, integration, and economic growth between towns, annexes, districts, provinces, and regions. The aim of this thesis is to assess the extent to which the additive sika dust seal is used in soil stabilization for dirt roads in the city of Puno. This study employs an experimental approach to investigate the desired research objectives and the cause-effect relationships that exist between the study variables. The testing was conducted in accordance with the Manual de Carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos - sección suelos y pavimentos, 2013, which specifies the required number of test pits for each test based on the road type. The modified Proctor test without additive was conducted to determine the maximum dry density and optimal moisture content, which were subsequently used as the foundation for the CBR test. The Sika Dust Seal admixture was added in varying quantities based on the results of the modified proctor test, using the information provided in the product's technical data sheet as a reference. The research results indicate a notable increase in the soil's bearing capacity, specifically in the CBR (California Bearing Ratio) test, when an additive is applied. This increase is observed in all three test pits, compared to the initial CBR without the additive. Furthermore, the optimal dosage of the additive also yields positive results, with increased bearing capacity at 95% of the maximum dry density for 0.1" of penetration.

Key words: California Bearing Value, Stabilization, Maximum Dry Density, Sika Dust Seal, Additive.



INTRODUCCIÓN

La inestabilidad del subsuelo de las carreteras de grava y tierra del distrito de Bellavista se traduce en un aumento de los gastos de los transportistas, contaminación ambiental y peligros potenciales para el bienestar humano.

En la actualidad, el escaso conocimiento de las tecnologías emergentes relacionadas con la utilización de agregados que optimizan las características mecánicas y físicas de las superficies ha provocado importantes costes asociados al mantenimiento periódico, reparación y restauración de las carreteras. La inestabilidad de las superficies habidas en los niveles de rodadura o subrasantes de las vías sin pavimentar se debe principalmente a factores atmosféricos como el líquido, el viento, el aire, la congelación, así como a la abrasión generada por los vehículos.

Este proyecto investigativo se divide en capítulos (5):

Capítulo I: Definimos la problemática general y los problemas puntuales, y a continuación esbozamos las metas de la presente investigación, junto con las razones y los límites del proyecto.

Capítulo II: En esta sección presentamos el marco teórico, que consta de una descripción de los factores que preceden a nuestro estudio. Hemos recogido las conclusiones de numerosas tesis nacionales e internacionales.

Capítulo III: Se formula el diseño de la metodología del proyecto.

Capítulo IV se realiza un estudio y una explicación exhaustivos y minuciosos de los datos



CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Exposición de la situación problemática

Hoy por hoy, Perú se enfrenta a multitud de retos políticos, económicos y sociales. Un factor que tiene un impacto relevante en el ámbito socioeconómico es el carente progreso de avances en la construcción de nuevas infraestructuras viarias. Existe una proporción significativa de vías de comunicación dentro del país que actualmente son carreteras sin asfaltar. Los datos estadísticos confirman que estas carreteras constituyen un porcentaje considerable. Las razones de la falta de pavimento en ciertas rutas pueden identificarse de la siguiente manera: Una de las razones por las que algunas carreteras de nuestro país no están pavimentadas o asfaltadas es porque tienen poco tráfico, lo que significa que su Índice Medio Diario Anual (IMD) está por debajo del nivel medio de tráfico anual (IMTA) exigido por la legislación vigente.

El Índice de Tráfico Medio Diario Anual (IMDA) está por debajo del umbral necesario por la legislación peruana para ser clasificado como una necesidad urgente. En consecuencia, según este criterio, no es económicamente viable pavimentar estas carreteras. Sin embargo, el establecimiento de estas carreteras es crucial para el avance socioeconómico de Perú, ya que permiten un cómodo acceso a las regiones urbanas y rurales, así como a los centros de operaciones agrícolas, forestales y mineras. Las carreteras sin asfaltar generan



otro problema, que es la descarga de polvo procedente del tráfico de vehículos, lo que provoca dificultades respiratorias.

Casafranca & Pahuachón (2014) afirman que los caminos rurales de la región Puno se encuentran sin asfaltar y en estado de deterioro, lo que imposibilita el tránsito de vehículos. Esto restringe seriamente la circulación de mercancías hacia las capitales distritales.

Por lo tanto, es imperativo aumentar la cantidad de carreteras para garantizar la capacidad de los vehículos de atravesarlas en condiciones tolerables durante períodos prolongados. Del mismo modo, la estabilización del suelo mejora sus cualidades físicas y mecánicas, aumentando su resistencia y garantizando efectos duraderos. El proceso de estabilización del suelo con aditivos implica la categorización del suelo, la determinación de la clase y la dimensión específica de estabilizante y el establecimiento de la estrategia para llevar a cabo la estabilización. La elección de la metodología de modelo para la estabilización de la superficie depende de su aplicación prevista (ALARCÓN, et al., 2020). Asimismo, el desarrollo de esta clase de proyectos contribuye a la economía del país, sobre todo cuando se trata de largos tramos de carreteras. Dadas las circunstancias, se requería examinar y sugerir una tecnología novedosa, lo que llevó a la decisión de utilizar la adición Sika Dust Seal como medio para afirmar la superficie en vías que no fueron pavimentadas.

En la ciudad de Puno, los problemas actuales que se han agravado son los altos niveles de partículas en el aire y el aumento del flujo de tráfico como consecuencia del crecimiento demográfico. Estas influencias tienen un efecto directo tanto en el aire como en el suelo, que son componentes interconectados. Además, también afectan indirectamente a la flora, la fauna y la salud y el bienestar general de los residentes. El crecimiento de partículas a lo largo del proceso de construcción se debe a diversas fuentes, como la extracción, el transporte, la descarga y el uso de materiales sueltos procedentes de

explotaciones mineras y canteras. El tráfico de vehículos contribuye significativamente a la formación de partículas. Esto ocurre cuando los vehículos transportan personas y equipos, lo que provoca la suspensión y degradación de las partículas en la carretera.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Pregunta general*

¿Cuál es el análisis de la aplicación del aditivo sika dust seal en la estabilización de suelos para trochas carrozables en Puno?

1.2.2 *Preguntas específicas*

- ¿Como son las características físicas y mecánicas del suelo natural mediante los ensayos de laboratorio?
- ¿Cuál es la dosificación optima del uso del aditivo Sika Dust Seal?
- ¿Cuáles son las propiedades mecánicas con el uso del aditivo Sika Dust Seal para mejorar el suelo natural?

1.3 Justificación de la investigación

La inspección actual tiene sentido en su búsqueda de nuevos métodos inventivos utilizando el ingrediente Sika Dust Seal para mejorar la estabilización del suelo. El propósito de aplicar esta adición es mejorar las características de los suelos, convirtiéndola en una opción muy eficaz para estabilizar la base del camino de tierra en la región de la investigación.

En el pasado, el material elegido y limitado confirmado en la región era el principal material utilizado para el mantenimiento correspondiente. Sin embargo, al evaluar el nuevo producto responsable de mejorar la fortaleza de la superficie en este proyecto, se recomienda participar enérgicamente en el desarrollo de toma de decisiones sobre su uso.



1.3.1 Justificación teórica

El fin de esta evaluación es normar una dosificación recomendada del nuevo producto, Sika Dust Seal, que sirva de referencia a los profesionales de la ingeniería civil.

1.3.2 Justificación económica

El proyecto propuesto pretende usar el agregado Sika Dust Seal para mejorar la estabilidad del suelo en condiciones desfavorables. Esto es particularmente relevante en una zona donde el material utilizado actualmente plantea importantes retos económicos para la población local. El aditivo Sika Dust Seal está muy bien considerado, es respetuoso con el medio ambiente, rentable y ofrece un excelente rendimiento. Con la incorporación de este agregado se pretende mejorar la entrada rodada para el transporte de elementos en la zona.

1.3.3 Justificación social

Este proyecto busca ayudar a los residentes de esta autopista ofreciéndoles la oportunidad de mejorar su carretera mediante el uso de un elemento estabilizador. El objetivo es abordar los problemas sociales de la erosión de la superficie, la contaminación por polvo y la formación de baches.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar la eficacia de la aplicación del agregado Sika Dust Seal para la estabilización de suelos en calles de tierra de la ciudad de Puno.

1.4.2 Objetivos específicos

- Determinar las características mecánicas y físicas del suelo natural mediante los ensayos estandarizados.
- Determinar la dosificación óptima del uso del aditivo Sika Dust Seal



- Analizar la aplicación del aditivo Sika Dust Seal para optimizar las nuevas propiedades mecánicas mediante el ensayo de Proctor y CBR.

1.5 Hipótesis

1.5.1 Hipótesis general

La aplicación del aditivo Sika Dust Seal mejora la estabilización del suelo para trochas carrozables en la ciudad de Puno.

1.5.2 Hipótesis específicas

- Encontrar las características mecánicas y físicas del suelo natural en el laboratorio de suelos.
- La dosificación óptima del uso del agregado Sika Dust Seal mejora la estabilización del suelo natural.
- La aplicación del aditivo Sika Dust Seal optimiza las nuevas cualidades mecánicas mediante el ensayo de Proctor y CBR.

1.6 Variables e indicadores

✓ Variable independiente

Aditivo Sika Dust Seal

a. Indicadores

- Elemento estabilizante

✓ Variable dependiente

Estabilización de suelos

b. Indicadores

- Granulometría
- Límites de consistencia
- CBR



- Proctor modificado

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

| VARIABLES | DEFINICIÓN | DIMENSIÓN | INDICADOR |
|---|--|---------------------|--|
| Variable independiente: Aditivo Sika Dust Seal | Esta sustancia se deriva de biopolímeros que se dan de forma natural y tiene unas cualidades adhesivas excepcionales para controlar el polvo en las carreteras sin pavimentar. | % | Material estabilizador |
| Variable dependiente: Estabilización de suelos | La estabilización del suelo es una técnica que consiste en aplicar al suelo un producto también llamado como estabilizador. El estabilizador debe mezclarse bien con el suelo y dejarse curar tal cual recomiendan las instrucciones técnicas específicas de la sustancia. | Muestras Ensayos | Granulometría Límite de consistencia CBR Proctor modificado |



CAPITULO II

MARCO TEORICO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

En su estudio titulado "Revisión del estado del arte del uso de polímeros en la estabilización de suelos en la Universidad Santo Tomás de Bogotá", Aguilar et. al (2015) encontraron que la mayoría de los suelos en Bogotá consisten en arcilla. Concluyeron que la utilización de SS299, un polímero líquido que fue analizado en Malasia para estabilizar superficies arcillosas, puede expandirse para la estabilización de carreteras en Bogotá. Esto se debe a que el SS299 ha demostrado mejoras significativas en resistencia, permeabilidad y prevención de asentamientos y erosión.

En 2015 se demostró la efectividad y viabilidad del uso de Base Seal en una carretera secundaria de Bogotá, Colombia, situada en la calle 106 entre carreras 15 y 7, pavimentada en 2007. Se observó que después de siete años, la estabilización polimérica redujo exitosamente las fallas en la capa de rodadura.

En su estudio titulado "Strength and Durability Properties of Expansive Soil Treated With Geopolymer and Conventional Stabilizers" (Propiedades de durabilidad y resistencia de superficies expansivas tratadas con geopolímeros y estabilizadores convencionales), los investigadores Sahoo y Prasad Singh (2022) se propusieron mejorar la resistencia y



durabilidad de los suelos tratándolos con geopolímeros en función a desechos, hormigón Portland y cal hidratada. Sus resultados demostraron que el uso de geopolímero a base de escoria como estabilizador era muy eficaz en suelos expansivos. El estudio concluyó que la estabilización con geopolímeros mejora significativamente tanto la resistencia como la durabilidad del suelo en comparación con los estabilizadores convencionales, dando como resultado una estructura más densa y compacta.

En su estudio titulado "Strength Characteristics of Artificial Organic Soils Stabilized With Copolymer Stabilizer", Law et al. (2018) desarrollaron una investigación en Malasia con la meta de estabilizar un suelo que contenía material orgánico utilizando un copolímero de acetato de vinilo y etileno. El material orgánico consistía en una mezcla de caolín y ácido orgánico en proporciones de 5:5 y 7:3. Los resultados revelaron que la aplicación del 7,5% y el 10% del copolímero de acetato de vinilo y etileno produjo un ligero aumento de la resistencia. En consecuencia, los investigadores concluyeron que el uso del copolímero de acetato de vinilo-etileno para la estabilización de la superficie no se ve influida por la presencia de material de caolín.

2.1.2 Antecedentes nacionales

En su proyecto que lleva por nombre "Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica 2014 de la Universidad Nacional del Centro del Perú", Ramos (2014) finaliza que el agregado de polímeros reciclados, derivados de botellas PET desechables, puede mejorar las cualidades mecánicas y físicas de la superficie utilizado como elemento de subrasante. La superficie ensayada presenta un alto contenido de arcilla y granulometría muy pequeña, careciendo de moléculas de mayor tamaño que son cruciales para una correcta capacidad portante. Añadiendo polímeros reciclados, de entre 5 y 10 mm de modelo rectangular, al 1,5% del peso seco de la superficie, cabe esperar un aumento medio del 26%



en el Coeficiente de Soporte de California (CBR). Este aumento se atribuye a la naturaleza tenaz de las botellas desechables, que, al añadirse al suelo, aumentan la fricción y, en consecuencia, la resistencia.

En su estudio titulado "Evaluación de la aplicación del polímero Sika Dust Seal PE en carreteras sin pavimentar: Intersección AV. San Luis y Cuadra 1 - Palian - Huancayo 2017", el investigador Sulla (2018) tiene como meta analizar la efectividad del elemento Sika Dust Seal PE en la mejora de vías no pavimentadas. El estudio revela que la incorporación de este agregado crece la capacidad portante en un casi 14% adicional cuando se utiliza una distribución de la dosis de 20 L/m³, comparándolo con el uso del elemento sin el agregado. La conclusión extraída de la investigación es que el polímero Sika Dust Seal PE mejora la disposición portante, la densidad límite en seco, la resistencia, la adherencia y reduce la erosión causada por la lluvia.

En su proyecto que lleva por nombre "Influencia del aditivo Sika Dust Seal como agente estabilizador de suelos en la trocha carrozable del tramo La Serma - Tambillo - Jaén, Cajamarca", el investigador Chinchay (2018) tuvo como meta hallar el efecto del agregado Sika Dust Seal en la estabilización de superficies. Los resultados mostraron que el aditivo incrementó los datos de soporte California (CBR) al 95% de la densidad seca límite para una penetración de 0,1". Esta mejora benefició a la arqueta 01 en un 27,91%, a la 02 en un 30,23%, a la 03 en un 19,55% y a la 04 en un 28,23%. El estudio concluyó que la dosis óptima para alcanzar el CBR deseado es un aumento de 0,30 lt/m³ del suplemento.

2.1.3 Antecedentes locales

(Alternativa Yucra y Rojas) Esta investigación examina las características mecánicas, físicas y el costo de la utilización de agregados Perma-Zyme y Cloruro de Calcio en el elemento proveniente de dos vías distintas. Este elemento se utilizará como cimentación de una carretera sin pavimentar, mejorando su durabilidad y estabilidad



mediante la compactación del material. Además, se considerará la composición de aditivos del suelo en función de sus especificaciones técnicas y del coste asociado a su aplicación. Los parámetros examinados en este análisis incluyen el LL, el LP, la expansión, la densidad seca límite determinada por la prueba Proctor modificada y el valor de soporte relativo (CBR). Perma Zyme es un material en función a enzimas que se usa para afirmar superficies arcillosas plásticas. Puede reducir el I_p llega a un 11%, disminuir la expansión en un 36%, aumentar la densidad seca límite del Proctor modificada llega en un 0,89% y mejorar el valor de soporte relativo (CBR) en un 24%. Las enzimas del producto funcionan como catalizadores apurando la elaboración de adhesión de las arcillas, lo que reduce la cantidad de espacios vacíos en la estructura del suelo. El cloruro cálcico aumenta considerablemente la tensión superficial, lo que se traduce en una mayor cohesión dentro de la matriz de la superficie. Esto conduce a una reducción del I_p de hasta el 34%, una disminución de la expansión del 13%, un aumento de la densidad seca límite de hasta el 0,89% según la prueba proctor modificada, y una mejora del 26% en el valor de soporte relativo (CBR). Además, el cloruro cálcico ayuda a la consolidación de la superficie al unir las moléculas del suelo y reducir así la fricción entre estas.

(Araca & Sosa) Este proyecto de investigación examina las cualidades mecánicas y físicas de un material de cantera cuando se utiliza el aditivo Perma-Zyme 30X. El objetivo del aditivo es mejorar la resistencia y la estabilidad volumétrica del material, que se utilizará como firme y como base de una carretera sin pavimentar. Esta mejora se consigue mediante un proceso de compactación del material. Además, se tendrá en cuenta la composición de aditivos del suelo en función de sus especificaciones técnicas. Los parámetros examinados en este análisis incluyen el LL, el Lp, la expansión, la densidad seca límite determinada por el ensayo Proctor modificada, y el valor de soporte relativo (CBR). Perma Zyme 30X es un elemento de base enzimática que se usa para estabilizar superficies arcillo-plásticas.



Consigue una inhibición del índice de plasticidad de hasta el 0,23%, una disminución de la expansión del 0,72%, un aumento de la densidad seca límite del material alterado de hasta el 0,49% y una mejora del valor portante relativo (CBR). El porcentaje del 49% y el valor portante relativo (CBR) del 9,84% se atribuyen a las enzimas que funcionan como catalizadores. Esto se debe a que la estructura molecular de las enzimas contiene componentes activos que apuran el procedimiento de aglutinación de la arcilla, lo que provoca una disminución de la proporción de huecos.

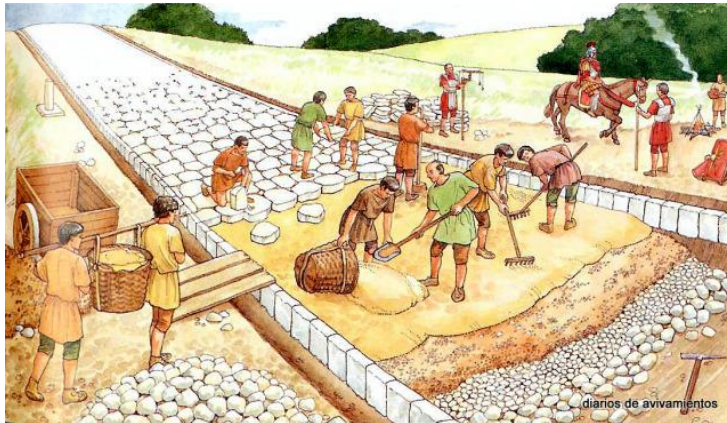
2.2 Marco teórico

2.2.1 Carreteras

Gutiérrez (2010) la define como una vía de dominio y de uso no privado específicamente diseñada y elaborada para la circulación de vehículos de tierra. Una vía es distinta de un camino ya que la número 1 está específicamente diseñada para albergar el movimiento de automóviles de transporte. El modelo de una vía y su superficie de transitabilidad responde a un requerimiento económico y social justificado. Implica incorporar características técnicas y físicas a la infraestructura para garantizar unos resultados óptimos. La meta es brindar un servicio beneficioso a los pobladores, a pesar de los limitados medios locales y nacionales. Tradicionalmente, las vías han servido de medio de transporte y deslizamiento para los viajeros, así como de vía principal para el comercio de productos. Al establecer conexiones entre comunidades y núcleos urbanos, potencian el progreso de diversas empresas en toda la nación. En la actualidad, el intercambio globalizado de medios y utilidades aumenta enormemente la crucialidad de las tareas de las carreteras, que se manifiestan como catalizadores de la competitividad de la economía y el avance de la sociedad. (p.20).

Figura 1.

Carreteras como las vías de comunicación más antiguas



2.2.2 Organización de carreteras.

2.2.2.1 Organización de carreteras acorde a su tarea.

a) Red vial principal.

Gutiérrez (2010) señala que, en nuestro país, el sistema nacional se refiere a la red de vías que conectan las ciudades primarias con los puertos y límites del país (p. 24).

b) Red vial secundaria.

Gutiérrez (2010) define la red vial en nuestro país como el "Sistema Departamental", que cubre principalmente el área de un departamento, una división política del país, o áreas de importancia económica. Estas vías se denominan troncales de departamentos (p. 24).

c) Red vial local.

Se refiere al sistema de carreteras más pequeñas que conectan áreas y comunidades locales.

Gutiérrez (2010) señala que, en el Perú, la red terciaria o local se denomina SISTEMA VECINAL. Este sistema está conformado por caminos vecinales troncales que conectan pequeños poblados, carreteras rurales alimentadores y vinculan caseríos, comunidades y diminutos asentamientos de personas (p. 24).

2.2.2.2 Organización por demanda.

Las carreteras de nuestro país se dividen en relación a la demanda en:



i. Vías de primera clase.

El Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) establece que estas carreteras tienen un IMDA (Índice Medio Diario Anual) mayor a 6000 veh/día. Cuentan con vías distanciadas por un separador central límite de 6.00 m. Cada vía debe tener dos o más carriles con un ancho límite de 3.60 m. Estas carreteras tienen un monitoreo total de las entradas, lo que garantiza flujos de vehículos uniformes sin cruces ni pasos a capas. En las zonas urbanas, se prevén pasarelas peatonales. El firme de este tipo de vías debe estar cubierto de pavimento (p. 12).

ii. Vías de segunda clase.

El Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) define estas vías como aquellas que tienen un volumen de tráfico superior a 4000 vehículos diarios. Tienen calzadas separadas, las cuales están separadas por un distanciador central que puede cambiar entre 1.00 m y 6.00 m de ancho. Cada superficie consta de al menos dos carriles de una anchura mínima de 3,60 m. Estas carreteras tienen un monitoreo medio de las entradas y salidas para garantizar el flujo uniforme del tráfico. También pueden incluir intersecciones o pasarelas peatonales en zonas urbanas. Las superficies de estas carreteras deben estar cubiertas con pavimento.

iii. Autopistas de clase 1.

El Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) señala que se consideran vías arteriales aquellas con IMDA (Tránsito Medio Diario) mayor a 2000 vehículos por día, compuestas por dos carriles en cada calzada, cada uno con un ancho mínimo de 3.60 metros. La carretera puede incluir cruces o pasos de peatones al mismo nivel y, en las áreas metropolitanas, se recomienda disponer de pasarelas o, por último, de medidas de seguridad vial que dejen una circulación más segura a velocidades más elevadas. El firme de estas carreteras debe estar asfaltado.



iv. Autopistas de clase 2.

El Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) señala que estas vías tienen un IMDA (Tránsito Medio Diario) $>$ a 400 vehículos por día y están compuestas por una calzada de dos carriles con un ancho límite de 3.30 metros. La zona puede incluir intersecciones y/o cruces de calzada a nivel del suelo, que permiten a los vehículos realizar maniobras de velocidad con mayor seguridad. Es necesario pavimentar el firme de estas calzadas. En las localidades metropolitanas, es aconsejable implantar puentes para peatones y equipos de seguridad vial.

v. Autopistas de clase 3.

El Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) especifica que estas vías tienen un IMDA (Tráfico Medio Diario) inferior a 400 vehículos diarios. La calzada consta de dos carriles con una anchura límite de 3,00 metros. Ocasionalmente, estas carreteras pueden presentar carriles de hasta 2,50 metros de ancho, junto con la asistencia técnica necesaria. Este tipo de carretera puede mantener eficazmente su funcionalidad mediante soluciones rentables, como la aplicación de técnicas de estabilización del suelo como emulsiones de asfalto y/o micro pavimentos, ya sea en el suelo de la carretera o debajo de ella. Al construir este tipo de carretera, es necesario cumplir los requisitos geométricos especificados para las vías de segunda clase.

vi. Trochas Carrozables.

El Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) establece que estos caminos son vías donde se puede transitar que no cumplen con los requisitos geométricos de una autopista. Típicamente, están diseñados para acomodar un volumen de tráfico de menos de 200 vehículos por día. La carretera consta de calzadas que tienen una anchura mínima de 4,00 m. Para cumplir este requisito, deben construirse plataformas de cruce a intervalos no superiores a 500 m. El firme de la carretera puede estar pavimentado o sin pavimentar.

Figura 2.

Vía de una trocha carrozable



2.2.2.3 Organización por orografía.

Las vías peruanas se clasifican en relación de la topografía predominante del terreno que atraviesan. Las clasificaciones son las siguientes:

A. Terreno plano (tipo 1).

El Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) señala que esta categoría de vías tiene pendientes transversales al eje de las vías iguales o menores al 10%, y pendientes longitudinales que normalmente son $<$ al 3%. En consecuencia, el movimiento de tierras requerido para estas carreteras es mínimo, y no presentan retos significativos en su trazado.

B. Terreno ondulado (tipo 2).

El Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) establece que la carretera tiene pendientes transversales que van del 11% al 50% y pendientes longitudinales que van del 3% al 6%. Estas requieren un movimiento de tierras moderado y permiten alineaciones relativamente rectas sin desafíos significativos de trazado.

C. Terreno accidentado (tipo 3).

El Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) señala que el trazado presenta pendientes transversales que van entre el 51% y el 100% y pendientes longitudinales principales entre el 6% y el 8%. En consecuencia, es necesario un considerable movimiento de tierras, lo que dificulta el trazado de la carretera.

D. Terreno escarpado (tipo 4).

El Manual de Carreteras; Diseño Geométrico (2014) señala que tiene pendientes transversales que superan el 100% del eje de la carretera y pendientes longitudinales inusuales que superan el 8%. Estas fuertes pendientes requieren un movimiento de tierras importante, lo que dificulta el trazado de la carretera.

2.2.2.4 Organización acorde a la clase de superficie de rodadura.

A) Carreteras pavimentadas.

Gutiérrez (2010) define las carreteras asfaltadas como calzadas compuestas por múltiples capas de materiales cuidadosamente seleccionados que soportan directamente el peso de los vehículos y lo organizan a las capas menores de forma dispersa. La carretera debe poseer un nivel satisfactorio de calidad superficial, suficiente fricción superficial, una forma óptima para la seguridad y un atractivo visual específico. Además, en este tipo concreto de carretera, la capa superior consiste en hormigón asfáltico, hormigón hidráulico o adoquines. Estos elementos deberían ser capaces de aguantar las presiones ejercidas sobre todo el sistema estructural (incluyendo la base, la subbase y la subrasante) debido al tráfico y a los factores medioambientales.

Figura 3.

Proceso de pavimentación de una carretera





B) Carreteras no pavimentadas.

Gutiérrez (2010) define las vías sin pavimentar como aquellas que están hechas de elementos granulares y fueron sometidas a mantenimientos superficiales, incluidas obras de alineación, secciones transversales y longitudinales adecuadas y un drenaje adecuado. También pueden referirse a carreteras que se han construido sin tratamiento alguno, como vías de herradura o senderos, para proporcionar acceso a zonas remotas.

La referencia es al "Manual de diseño de carreteras sin pavimentar de baja densidad de tráfico" en la página 26. Las alternativas iniciales para el tipo de firme son las siguientes:

- ✓ Los caminos de tierra son conformados de tierra natural y reforzadas físicamente con grava cuidadosamente elegida mediante un proceso de sacudida.
- ✓ Las carreteras de grava constan de una capa superior de piedras naturales sin procesar, que se eligen a mano o mediante sacudida mecánica. Las piedras utilizadas tienen una dimensión límite de 75 mm.
- ✓ Las carreteras confirmadas se construyen con un nivel superior formada por materiales de cantera. Estos elementos se miden mediante sacudida o se producen de forma natural, y se mezclan en proporciones específicas. La mezcla consta de (3) dimensiones o clases diferentes de elemento: piedra, arena y finos o arcilla. La dimensión máxima de los materiales utilizados es de 25 mm. Estos tipos de carreteras son comunes en el departamento y se consideran una opción sencilla. Se pueden clasificar en dos tipos: -
Carreteras pavimentadas con grava natural o grava triturada:
 - Carreteras construidas con grava triturada homogeneizada.
 - Carreteras con un firme reforzado con materiales industriales.
- ✓ Gravas cuyo firme ha sido reforzado utilizando sustancias como cal, adiciones químicas y otros compuestos similares:

- Los suelos naturales pueden estabilizarse mediante diversos métodos, como la incorporación de elemento granular y ligantes finos, la suma de cal, el uso de adiciones químicas o el empleo de otras técnicas de estabilización.

Tabla 2.

Red vial del sistema nacional por superficie de rodadura

| N° de rutas | Pavimentada | No pavimentada | | Sub total | Proyectado | Total |
|------------------------|-------------|----------------|-------------|-----------|------------|-----------|
| | | Afirmada | Sin afirmar | | | |
| Nacional (143) | 22,671.50 | 2,881.10 | 1,556.10 | 27,108.70 | 1883.50 | 28,992.20 |
| Departamental (397) | 4742.70 | 15346.40 | 7783.60 | 27962.70 | 4975.10 | 32637.80 |
| Vecinal (6398) | 2794.60 | 30895.70 | 84849.60 | 118539.80 | 106.1 | 118645.90 |

Nota. (MTC 2022)

Figura 4.

Estabilización de una carretera no pavimentada



2.2.3 Mecánica de suelos

Karl Von Terzaghi, en 1925, definió la mecánica de suelos como la utilización de los principios de la hidráulica y la mecánica para abordar cuestiones de ingeniería relacionadas con los sedimentos y otras colecciones sueltas de elementos sólidos. Estas partículas se forman a través de la ruptura mecánica o degradación química de las rocas, muy aparte de la presencia de materia orgánica.

Crespo Villalaz (2012) define la ingeniería geotécnica como el campo que se centra en la evaluación de las cualidades, comportamiento y uso de la superficie como elemento de construcción. El objetivo principal es garantizar que las deformaciones y la resistencia de la superficie proporcionen a las estructuras seguridad, durabilidad y estabilidad.

2.2.3.1 El suelo

Juárez Badillo y Rico Rodríguez definen los sedimentos no condensados como elementos sólidos que se forman por la modificación de rocas o suelos. Estos sedimentos son transportados por agentes como el líquido, el hielo o el viento, con la ayuda de la gravedad. Además, también pueden tener contenido orgánico.

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en 2012, el suelo de cimentación se refiere al terreno conformado por tierra, roca o una combinación de ambas. La parte nivelada y compactada de este suelo se utiliza como soporte de los pavimentos.

Tabla 3. *Clasificación de la clase de superficie*

| Clase de suelo | | Dimensión |
|----------------|---------|------------------|
| Grava | Gruesa | 75 a 4.75 mm |
| Arena | Media | 4.75 a 2 mm |
| | Fina | 0.425 a 0.075 mm |
| Fino | Limo | 0.075 a 0.005 mm |
| | Arcilla | Menor a 0.005 mm |

Nota. Manual de carreteras MTC 2013.

2.2.3.2 Organización de suelos

Juárez Badillo y Rico Rodríguez (2005) afirman que la mecánica de suelos ha generado múltiples modelos de organización como resultado de la diversa gama de suelos presentes en la corteza terrestre.

2.2.3.2.1 Sistema unificado de organización de suelos (S.U.C.S)

El sistema SUCS clasifica los suelos asignándoles un nombre de grupo y uno o varios símbolos, junto con los detalles descriptivos necesarios. La organización distribuye

las superficies en grupos principales (2): suelos de grano grueso, que incluyen gravas y arenas, y suelos de grano fino, que consisten en limos y arcillas (Juárez, 2005, p. 153).

I. Suelos gruesos

Las superficies se distribuyen en dos categorías: Las gravas que tienen una fracción gruesa que retiene más del 50% de sus partículas en el tamiz N°4. Arenas que tienen una proporción gruesa igual o superior al 50% que pasa por el tamiz N°4.

Se clasifican en tipos distintos (4):

El elemento sin finos está correctamente graduado y se representa con el símbolo (W). Las gravas bien clasificadas (GW) y las arenas bien clasificadas (SW) son los productos que se obtienen cuando se mezcla con los símbolos genéricos. El signo (P) se utiliza para denotar el material que no tiene finos pero que tiene un grado menos que satisfactorio. Las gravas mal clasificadas (GP) y las arenas mal clasificadas (SP) se componen de esta sustancia cuando se combina con los símbolos genéricos. (M) es el símbolo que se utiliza para señalar el material que no incluye partículas plásticas. Esto da lugar a la formación de gravas limosas (GM) y arenas limosas (SM) cuando se combina con los símbolos genéricos. El signo (C) se utiliza para denotar la sustancia antes mencionada que contiene partículas plásticas. Esto da lugar a la formación de gravas arcillosas (CG) y arenas arcillosas (SC) cuando se combinan con los símbolos genéricos. (Juarez, 2005 p. 153).

II. Suelos Finos

Los suelos se separan en grupos (3): el grupo número 1 consiste en limos y arcillas con un límite líquido (LL) inferior al 50%, el segundo grupo consiste en limos y arcillas con un LL superior al 50%, y el tercer grupo consiste en suelos finos que son altamente orgánicos (Crespo, 2004, p. 92).

Los suelos con un límite líquido inferior al 50% tienen una compresibilidad entre baja y media. Los limos inorgánicos de poca compresibilidad (ML), las arcillas inorgánicas



de poca compresibilidad (CL) y los limos y arcillas orgánicos de baja compresibilidad (OL) están representados por el símbolo (L), que, cuando se utiliza junto con los símbolos generales, denota estos tres tipos de limos. Por el contrario, los suelos que tienen un límite líquido superior al cincuenta por ciento se clasifican como de elevada compresibilidad. Los limos inorgánicos de alta compresibilidad (MH), las arcillas inorgánicas de elevada compresibilidad (CH) y los limos y arcillas orgánicos de alta compresibilidad (OH) son los que se representan por su símbolo, que es la letra H. Cuando se empareja con los símbolos generales, este símbolo significa alta compresibilidad. Los suelos de turba o pantanos, ricos en materia orgánica, se clasifican como un grupo de símbolos distinto denominado Pt. (Juárez, 2005 p. 155).

2.2.3.2.2 Sistema organización de suelos AASTHO

El modelo AASHTO organiza los suelos como material de subrasante en función de su calidad, que va de muy buena a mala. El modelo separa los suelos en dos conjuntos: suelos limo-arcillosos y suelos granulares. Para evaluar la calidad de la superficie se utiliza el índice de grupo (IG). Un IG más bajo indica una óptima calidad de la superficie (Gualán, 2014, p. 26).

A. Suelos Granulares

Estos suelos presentan un contenido de finos igual o inferior al 35% que atraviesa el tamiz N°200. Se dividen en tres agrupaciones: A-1, A-2 y A-3.

El grupo A-1 consiste en mezclas de suelos bien graduados, que contienen cantidades variables de piedra, grava, arena y un material aglutinante de baja plasticidad. Además, este grupo incluye combinaciones bien graduadas que carecen de cualquier sustancia aglutinante. El grupo A-2 es una sustancia particulada que contiene menos del 35% de partículas finas. El grupo A-3 está formado por arenas de playa que tienen un contenido mínimo de limo y carecen de flexibilidad (Gualán, 2014, p. 27).



B. Suelos Finos

Estos suelos se identifican por su composición limo-arcillosa y su contenido en finos, con más del 35% que atraviesa el tamiz N°200. Se organizan en cuatro agrupaciones: A-4, A-5, A-6 y A-7.

Los suelos del grupo A-4 se caracterizan por su textura limosa y su falta de flexibilidad. Estos suelos incluyen un 75% o más de partículas finas que pueden pasar a través del tamiz n.º 200. Los suelos del grupo A-5 se caracterizan por su similitud con los suelos del grupo A-4, ya que presentan elasticidad y tienen un alto LI. El grupo A-6 comprende las arcillas plásticas, con el requisito de que el 75% de estos suelos puedan pasar a través del filtro N° 200. Los suelos del grupo A-7 presentan similitudes con los suelos del grupo A-6, pero poseen propiedades elásticas y tienen límites líquidos elevados (Gualán, 2014, p. 27).

2.2.4 *Estabilización de suelos*

Según Álvarez Pabón (2010), la estabilización de superficies se refiere al conjunto de desarrollo físico y químico que tienen como objetivo alterar las cualidades de las superficies para fines específicos de ingeniería. La meta es crear una mezcla adecuada de materiales y estabilizantes que puedan sustituir a otros elementos no disponibles o más caros.

Guía para la planificación y construcción de carreteras de grava con un uso mínimo de vehículos - MTC, 2008. La técnica busca optimizar la resistencia, la durabilidad, la sensibilidad al agua y la estabilidad bajo un uso continuo, permitiendo que el material tolere condiciones climáticas extremas. La estabilización puede lograrse por medios granulométricos o mecánicos. Consiste en combinar dos o más superficies con características únicas para crear una superficie con granulometría, plasticidad, permeabilidad o impermeabilidad mejoradas.



2.2.5 Clases de estabilización de suelos

2.2.5.1 Estabilización física

El Manual de Carreteras 2014, concretamente el apartado "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", señala que este método de estabilización se emplea para optimizar la superficie induciendo alteraciones físicas en su composición. Existen múltiples técnicas, y las más cruciales son:

- ✓ **Mezclas de Suelos:** Esta forma de estabilización se emplea habitualmente, pero es insuficiente por sí sola para lograr los resultados previstos. Necesita constantemente la consolidación como componente adicional.
- ✓ Digamos, los suelos de textura gruesa, como las arenas gravosas, presentan un alto nivel de fricción interna, lo que les permite resistir fuerzas significativas. Sin embargo, esta característica no garantiza la estabilidad de la superficie. Ya que, por la ausencia de cohesión, las moléculas del suelo pueden moverse libremente, lo que provoca su separación y posible desplazamiento cuando se ven sometidas al tráfico de vehículos.

Por el contrario, las arcillas presentan una dura cohesión y una fricción mínima, lo que se traduce en una menor estabilidad en estándares de alta humedad. Mezclando adecuadamente estos dos tipos de suelo, es posible crear una sustancia duradera que utilice la fuerte fricción interna de un tipo y las propiedades cohesivas del otro para unir los elementos.
- ✓ **Vibroflotación:** Carlos Fernández Loaiza, México, 1982. Este texto describe el proceso de compactación de superficies mediante vibradores, lo que comúnmente se denomina vibrocompactación. Se trata de un método utilizado para estabilizar suelos granulares, como arenas y gravas. La técnica consiste en inducir vibraciones para suspender las partículas, lo que permite reorganizarlas en un estado más compacto.

Figura 5*Estabilización física***2.2.5.2 Estabilización química**

Solminihac, Echeverría, Thenoux, Santiago de Chile, 2013, definen la estabilización química como el proceso de cambio de las cualidades del suelo mediante el agregado de una sustancia específica. Este aditivo, cuando se mezcla con el suelo, normalmente altera las cualidades moleculares de los granos de suelo en la superficie y, en ciertos casos, une los granos entre sí. En consecuencia, se produce un aumento de la resistencia del suelo.

La Normativa Técnica sobre Estabilizadores Químicos MTC E 1109 - 2004 define la estabilización química de superficies como una tecnología que implica el uso de productos químicos al suelo, que deben mezclarse y curarse a fondo de acuerdo con las especificaciones técnicas del producto. La meta primaria del uso de un estabilizador químico es mejorar los atributos específicos del suelo tratado dentro de una profundidad especificada, tanto durante la construcción como en su fase operativa.

El Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", 2014, Sección Suelos y Pavimentos, establece que esta forma de estabilización se basa principalmente en el uso de sustancias químicas específicas. Estas sustancias facilitan el cambio de iones de metal e inducen alteraciones en la composición de las superficies involucradas en el desarrollo. Entre las opciones más utilizadas, se pueden distinguir las siguientes:

- **Cal:** La cal es un elemento económico que reduce la flexibilidad de las superficies arcillosas.
- **El cemento Portland:** se usa sobre todo en arenas gravas o finas para aumentar la resistencia de la superficie.
- **Productos Asfálticos:** Esta emulsión se suele utilizar para material triturado que carece de cohesividad.
- **Cloruro de Sodio:** El cloruro sódico se utiliza para impermeabilizar el suelo y reducir el polvo, sobre todo en superficies arcillosas y limosas.
- **Cloruro cálcico:** Se utiliza para impermeabilizar y reducir el polvo, especialmente en suelos arcillosos y limosos.
- **Escorias de Fundición:** Se usa con frecuencia en los ligantes asfálticos para aumentar su resistencia, impermeabilizarlos y alargar su vida útil.
- **Polímeros:** Los polímeros se emplean con frecuencia en las superficie para mejorar su durabilidad, aumentar su resistencia al agua y prolongar su vida útil.

Figura 6.

Estabilización química



2.2.5.3 Estabilización mecánica

En su publicación de 2004, Raúl A. Colombo afirma que este tipo de estabilización es de suma importancia, ya que no sólo aporta ciertos beneficios por sí misma, sino que también complementa otras formas de estabilización. Esta clase de estabilización se obtiene

impartiendo energía mecánica a la masa de la superficie para producir resultados óptimos, ya que asegura la distribución uniforme de las cargas dentro de una capa determinada. Para estabilizar el suelo mediante estos métodos, es necesario asegurarse de que está adecuadamente humedecido. Es importante tener en cuenta que el porcentaje indicado por las pruebas debe aumentarse para tener en cuenta las pérdidas durante el laboreo, como la mezcla y la evaporación. Además, el suelo debe compactarse utilizando el equipo correcto para la clase específica de material.

Esta forma de estabilización es responsable de la compactación del suelo y, por tanto, de la obtención de una mejora sustancial sin reacciones químicas notables. Las técnicas predominantes empleadas para la afirmación mecánica incluyen:

- **Compactación:** La consolidación es una tarea mecánica que obliga a las moléculas de la superficie acercarse entre sí eliminando el aire de los poros. Esto provoca una rápida disminución de los huecos y grandes cambios en el volumen del suelo, especialmente en la dimensión de aire.

Según Chang (2007), la consolidación se refiere al proceso mecánico de comprimir fuertemente las moléculas de la superficie entre sí, lo que da como resultado una mayor densidad seca y una menor proporción de vacíos.

La compactación tiene la ventaja de aumentar la resistencia y la disposición portante de la superficie. Reduce la compresibilidad y limita la capacidad de porosidad del líquido. Disminuye la cantidad de asentamientos al reducir la relación de vacíos.

Aunque la compactación tiene sus ventajas, también tiene sus inconvenientes. Uno de estos inconvenientes es que una compactación excesiva puede dar lugar a un elemento muy propenso al agrietamiento. Acrecienta la probabilidad de hinchamiento en superficies finas debido a la humedad y la probabilidad de expansión causada por el frío.

Figura 7*Estabilización mecánica*

2.2.6 Sika dust seal

Sika Dust Seal es una combinación a base de biopolímeros que aglutina eficazmente el polvo en carreteras sin pavimentar y otros lugares propensos a la formación de partículas. Sika Dust Seal posee la disposición de estabilizar suelos, resultando en la formación de una superficie robusta y duradera. Sika Dust Seal es adecuado para su aplicación en pendientes y sirve como medida de protección contra la erosión en regiones rurales y áridas.

Figura 8*Aditivo sika dust seal*

2.2.6.1 Tipos de aplicaciones del aditivo sika dust seal

El Sika Dust Seal tiene un amplio rango de usos y puede ser utilizado en vías no pavimentadas hechas de grava y tierra, así como para mejorar áreas rurales (suelos) y



desérticas (arenas). También es adecuado para taludes, acopios y transporte de materiales por camión o tren.

2.2.6.2 Cualidades del suelo una vez usado el aditivo sika dust seal

La superficie se vuelve compacta y se aglomera de forma segura, optimizando la tracción, la comodidad y la seguridad de los coches que la atraviesan.

- ✓ La aglomeración de partículas elimina las nubes de polvo, lo que redundará en una mejora de los parámetros de seguridad al aumentar la visibilidad del conductor y reducir las emisiones de partículas muy peligrosas para las personas y la comunidad.
- ✓ Al ampliar la eficacia del líquido por zona intervenida y reducir la frecuencia de uso, este enfoque disminuye el gasto final de líquido y minimiza la necesidad de equipos, combustible y mano de obra para el monitoreo del polvo en la tarea.
- ✓ Reduce los gastos de mantenimiento de la maquinaria al mitigar los daños causados por la contaminación por polvo.
- ✓ Mejora la disposición de carga del suelo tanto en regiones áridas como húmedas, con lo que se disminuye el gasto de combustible y se minimiza el desgaste de las llantas vehiculares.
- ✓ Reduce el riesgo de proyección de áridos desprendidos al hacer que se aglutinen en la superficie de la carretera, que es resistente al deslizamiento. Esto disminuye la probabilidad de impactos sobre personas, parabrisas y propiedades.
- ✓ Reduce la porosidad de las carreteras minimizando la creación de charcos y barro, optimizando la seguridad de la dirección y reduciendo los gastos de mantenimiento.



- ✓ Reduce la pérdida de materiales valiosos de fuentes de contención o contenedores abiertos susceptibles a la erosión eólica.
- ✓ Las carreteras tratadas con Sika Dust Seal PE son instantáneamente utilizables después de su aplicación, asegurando una óptima disponibilidad de la carretera y poca interrupción del tráfico.
- ✓ Puede ser pulverizado de forma conveniente y rentable utilizando la misma maquinaria empleada para el mantenimiento rutinario de carreteras.

2.2.6.3 Pros del aditivo sika dust seal

- ✓ Se consiguen ahorros económicos y ecológicos al eliminar la necesidad de agua en el proceso de humectación o de mezcla con el producto químico. El aditivo se aplica directamente sin necesidad de agua.
- ✓ Reduce los efectos negativos causados por la descarga de polvo en el aire y optimiza la calidad de vida de las personas afectadas.
- ✓ Mantiene su eficacia durante 2 años, muy aparte de la situación meteorológica. Sin embargo, en situaciones graves, puede ser útil un uso adicional.
- ✓ Es respetuoso con el medio ambiente porque sus componentes son micronutrientes esenciales para todos los organismos.
- ✓ No es necesario cerrar la carretera al tránsito, ya que el efecto es instantáneo.

2.2.6.4 Dosificación

La dosificación del aditivo Sika Dust Seal variará de acuerdo a la aplicación específica y a la clase de superficie.

El cuadro a continuación es una guía general:

Tabla 4*Dosificación del producto*

| Organización del suelo | Primer uso (lt/m ²) | Aplicación para mantenimiento |
|---|---------------------------------|-------------------------------|
| Supresión de polvo plástico | 0.25 – 0.50 | 0.15 – 0.25 |
| Supresión de polvo levemente plástico o no plástico | 0.50 – 0.80 | 0.25 – 0.40 |
| Primordialmente estabilización de suelo | 0.80 – 1.60 | 0.30 – 0.50 |

Nota: Sika Perú S.A.C.

2.2.6.5 Modo de uso

Desplace las imperfecciones y depresiones del camino aflojando el elemento del suelo hasta la profundidad de penetración requerida. El uso de Sika Dust Seal PE antes de la afirmación antesalar puede mejorar la comodidad de trabajo en ciertos caminos.

Para evitar el desgaste del Sika Dust Seal PE y rectificar una penetración continua en el sustrato, utilice una motoniveladora para crear hileras a los dos lados de la carretera con el material suelto.

Luego, administre Sika Dust Seal PE utilizando un camión cisterna que haya sido elaborado correctamente para el trabajo. La tasa de uso podría ser controlada ajustando el flujo de la bomba o la rapidez del camión utilizando la tecnología de alimentación por gravedad. También, también pueden emplearse técnicas de distribución de la dosis a presión. El Sika Dust Seal PE debe mezclarse meticulosamente con la superficie. Los pasos siguientes son típicamente empleados para asegurar la calidad de la mezcla:

- ✓ Aplique una capa del elemento Sika Dust Seal PE, que es un componente esencial del proceso, cubriendo aproximadamente entre un tercio y la mitad del espacio entre las hileras.
- ✓ Ajustar la posición de las hileras hacia el eje, asegurándose de que estén distribuidas uniformemente.

- ✓ Aplicar aproximadamente un tercio del producto pulverizándolo sobre la superficie. Conservar el resto del producto para la fase final del tratamiento de la superficie.
- ✓ Una vez finalizado el proceso de nivelación, aplicar Sika Dust Seal PE cubriendo todo el suelo según se indica. Aplicar una cantidad determinada de elemento si el suelo está húmedo, evitando una excesiva flexibilidad de la superficie.
- ✓ La última etapa consiste en la compactación. Se ha demostrado que los rodillos de neumáticos múltiples dan datos obtenidos recomendables, pero se pueden obtener resultados adecuados mediante la compactación causada por el tráfico. Es recomendable realizar la consolidación mientras el Sika Dust Seal PE aún está húmedo, específicamente cuando el material de la carretera aún es maleable. (Sika Perú S.A., 2014).

1.1.1 Pruebas de mecánica de suelos

A. Ensayo de contenido de humedad

El ensayo del contenido de humedad proporciona información crucial sobre el contenido de humedad de la superficie, tanto en su forma original como después de haber sido modificado. En este experimento, se halla el peso inicial del espécimen y luego se somete a desecación en una estufa mantenida a una temperatura cercana de 110 °C. El espécimen desecado se mide posteriormente en relación con el peso para aproximar su nivel de humedad. (Neyra, 2016).

La fórmula usada para calcular este % se describe a continuación:

$$W = \frac{W_w}{W_s} * 100\% \dots \dots \dots Ec N^{\circ} 1$$

Donde



Ww: es el peso de agua existente en la masa de suelos y

Ws: es el peso de los sólidos en el suelo

El contenido de humedad proporciona un punto de referencia para determinar si está por encima o por debajo del nivel óptimo para la compactación.

B. Evaluación granulométrica:

Es un método usado para hallar la organización granulométrica de un espécimen de superficie. En este proceso, el espécimen de superficie se hace pasar por una serie de tamices con huecos que decrecen, hasta un tamaño de malla del n° 200 (0,074 mm). Las partículas retenidas en cada tamiz se pesan y se calcula el % de su peso en conexión con el peso total del espécimen. A continuación, estos % se suman a los % de partículas retenidas en los tamices más grandes. El porcentaje restante, que suma el 100%, representa la proporción de partículas de suelo de tamaño inferior al representado por la malla en cuestión. Con este método pueden obtenerse puntos en la curva acumulativa para cada apertura respectiva. Esta técnica se convierte en un reto cuando las aperturas son estrechas, en particular cuando se tamizan mallas con un tamaño de N° 100 (0,149 mm) y N° 200 (0,074 mm). En tales casos, suele ser necesario utilizar líquido para facilitar el movimiento del espécimen (procedimiento de lavado). La investigación de dimensión de superficies más pequeñas requiere la aplicación de otros conceptos, como el método del hidrómetro. Este método se utiliza con frecuencia y proporciona un análisis más exhaustivo en comparación con otros métodos.

Porcentaje retenido parcial:

$$\% \text{Retenido Parcial} = \frac{\text{Peso Retenido Parcial}}{\text{Peso Total}} * 100 \dots \dots \text{Ec N}^\circ 2$$

Porcentaje retenido acumulado:

$$\% \text{ Ret. Acumulado} = \% \text{ Ret. Acumulado} + \% \text{ Ret. Parcial} \dots \text{ Ec N}^\circ 3$$

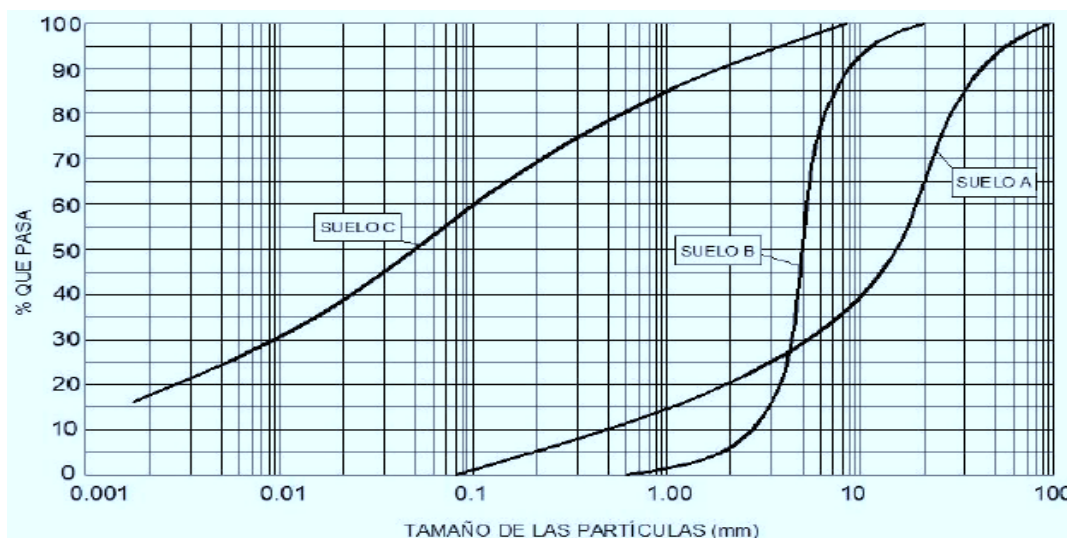
Proporción que pasa por el tamiz:

$$\% \text{ Pasa Tamiz} = 100 - \% \text{ Ret. Acumulado} \dots \dots \text{ Ec N}^\circ 4$$

Un suelo compuesto por partículas de tamaño uniforme se representa mediante una línea vertical, mientras que una curva pronunciada sugiere una amplia gama de tamaños (suelos heterogéneos, suelos bien granulados).

Figura 9.

Curvas de granulometría



Nota: Juárez Badillo, Rico Rodríguez.

Tabla 5

Significado de las curvas

| Clase de curva | Significado |
|----------------|---|
| A | Suelo correctamente gradado y de grano grueso |
| B | Suelo ineficazmente gradado, poco continuo |
| C | Suelo arcilloso o limoso |

C. Límite líquido:

El Ll del suelo hace alusión al contenido de humedad, definido como un % del peso seco del espécimen, en el que el suelo pasa de una condición líquida a una plástica.

El aparato necesario para hallar el Ll del suelo es el descrito a continuación: El platillo Casa Grande es un ranurador de acero inoxidable que se presenta en forma plana o curva. Está equipado con una balanza que tiene una precisión de 0,1 g. Además, tiene un horno de secado y un calibrador que puede aproximar las medidas con una precisión de 0,1 cm. Los materiales necesarios incluyen tamices con un tamaño de malla del n° 40, moldes para medir el contenido de humedad y una espátula (Botía, 2015, p. 42).

Se recoge un subconjunto representativo de toda la muestra, asegurándose de que contiene material suficiente para obtener un peso entre 150 g y 200 g que pueda pasar por el tamiz n.º 40. Para limitar la presencia de muestras que fluyan libremente, puede recurrirse al cuarteo o a la división de la muestra (MTC, 2016, p. 68).

$$LL(\%) = \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \dots \dots \dots Ec N^{\circ} 5$$

Donde:

LL = Límite líquido.

w*n = contenido de humedad del suelo.

N = Cantidad de golpes

D. Límite plástico e índice de plasticidad IP:

Se denomina umbral de formación de bastones a la humedad mínima requerida para que el suelo forme bastones cohesivos de al rededor 3 mm

(1/8") de diámetro al rodarlo entre la palma de la mano y un suelo plano, sin desmoronarse (Crespo, 2004, p. 77).

La distinción radica en la disparidad entre los Ll y Lp, que se basan del número y composición de la arcilla presente en el suelo. Sin embargo, el índice plástico viene determinado únicamente por el contenido de arcilla en la superficie. (Crespo, 2004, p. 78).

$$\text{Limite Plastico}(\%) = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco del horno}} * 100 \dots \dots \text{Ec N}^\circ 6$$

$$\text{Indice plastico} = \text{Limite Liquido} - \text{Limite Plastico} \dots \dots \text{Ec N}^\circ 7$$

Tabla 6

Categorización de suelos acorde con el Índice de Plasticidad

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

Nota: (MTC, 2014).

E. Ensayo de Proctor Modificado:

La NTP 339.141 especifica que esta prueba es una técnica empleada para establecer la correlación entre el contenido de humedad y la densidad de la superficie compactada en un molde de 4 pulgadas de dimensión, utilizando un pisón que cae desde una altura de 18 pulgadas, generando así una fuerza de compactación.

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

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

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

Donde:

M_t = Peso del suelo húmedo más el molde (kg).

M_{md} = Masa del molde compactado (kg).

V = Dimensión del molde.

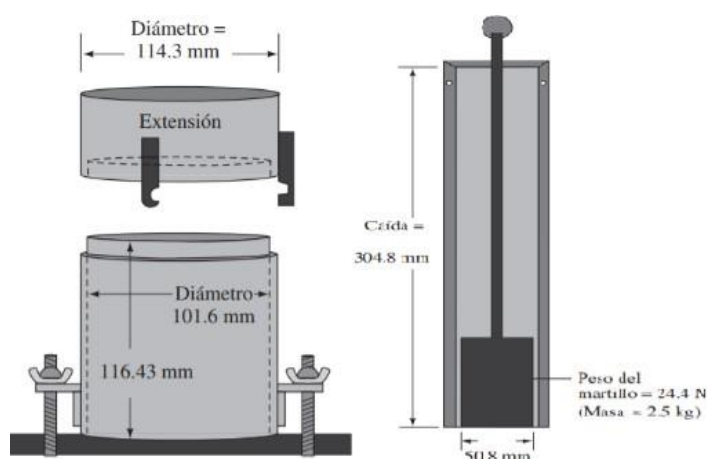
W = Contenido de humedad.

M_w = Masa del suelo húmedo.

M_s = Masa del suelo seco.

Figura 10

Instrumento de Proctor Modificado



F. Prueba de valor relativa de soporte CBR en laboratorio:

Hernández (2008) señala que la función de este ensayo es analizar la disposición de carga de suelos y aditivos consolidados en un ambiente de laboratorio. El ensayo se realiza con niveles óptimos de humedad y niveles variables de compactación. El objetivo es dimensionar la resistencia al cizallamiento de una superficie en situaciones de humedad y densidades monitoreadas, obteniendo en última instancia un valor porcentual de la relación de carga. La División de Carreteras de California creó este ensayo

en 1929 para definir y evaluar la idoneidad del suelo para su uso como subbase o elemento de base en la construcción de vías y aeropuertos.

La tabla siguiente presenta una descripción estándar para equipos de pavimentación:

Tabla 7

Organización de suelos de acuerdo al CBR

| CBR | Organización general | Usos | Organización | |
|---------|----------------------|----------------|------------------------|---------------------|
| | | | SUCS | AASHTO |
| > 50 | Excelente | Base | GW, GM | A1-a, A2-4, A3 |
| 20 - 50 | Bueno | Base, sub-base | GM, GC, W, SM, SP, GP | A1b, A2-5, A3, A2-6 |
| 7 - 20 | Regular | Sub-base | OL, CL, ML, SC, SM, SP | A2, A4, A6, A7 |
| 3 - 7 | Pobre a regular | Subrasante | OH, CH, MH, OL | A4, A5, A6, A7 |
| 0 - 3 | Muy pobre | Subrasante | OH, CH, MH, OL | A5, A6, A7 |

Nota: Carlos Crespo Villalaz, 2004.

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

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

Procedimiento para el cálculo del ensayo de CBR:

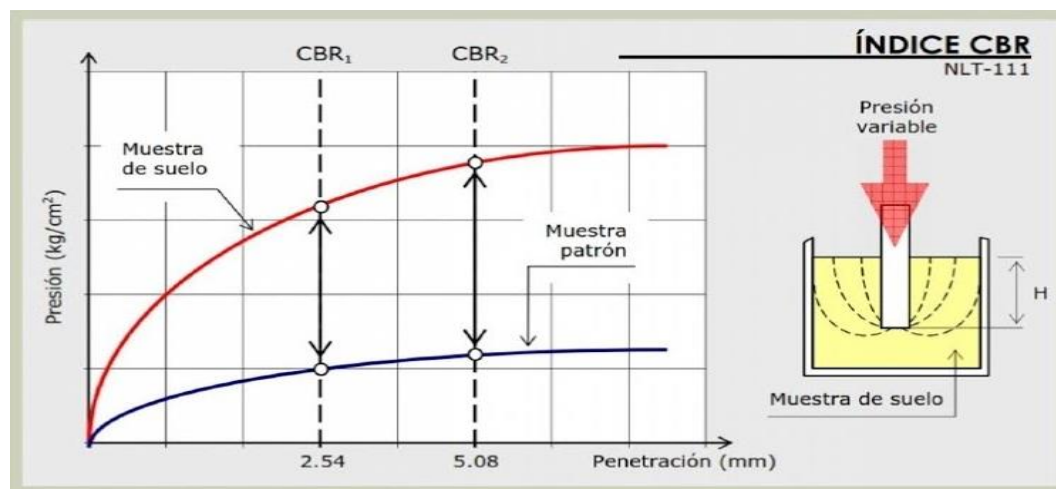
- La NTP 339.145 especifica que el material debe pasar exitosamente por una malla de 19.05 mm (3/4") y ser detenido por una malla de 4.76 mm (N°4). El material capturado por la malla de 3/4" será sustituido por un peso igual de material diferente que se encuentre dentro del rango de tamaño de malla de 3/4" y N° 04.
- La Norma Técnica Peruana 339.145 especifica que el contenido de humedad ideal y la mayor densidad seca deben determinarse utilizando el paso a paso del Proctor modificada. No obstante, para este fin específico, se utilizará un tipo diferente de recipiente (molde CBR) y un pisón de mayor tamaño (con un peso de 10 libras y una altura máxima de caída de 50 cm). El espécimen se someterá a



compactación en cinco niveles, con 12, 25 y 56 golpes cada capa.

Tras determinar el contenido de humedad ideal y la densidad seca más alta, el proceso de compactación se aplicará de manera uniforme a más ensayos.

- Después de añadir la sobrecarga sobre el espécimen, es esencial usar un disco separador de 5 cm de grosor. En este espécimen se regulará el contenido de humedad sacando secciones de la parte de arriba y de abajo, sustituyéndolas.
- Según la Normativa Técnica Peruana 339.145, una sobrecarga se usa para ejercer la misma cantidad de presión que una capa de pavimento situada sobre la base, subbase, subrasante, etc.
- La NTP 339.145 especifica que el ensayo de penetración se basa en compactar y preparar un espécimen con sobrecargas. A continuación, se utiliza un pistón con un diámetro de 2 pulgadas (unos 50,8 mm) para proporcionar una velocidad de penetración de aproximadamente 0,05 pulgadas (1,27 mm) por minuto. Esto permite adquirir mediciones de carga a determinadas profundidades de penetración, como 0,025 pulgadas (0,635 milímetros), 0,050 pulgadas (1,270 milímetros), 0,075 pulgadas (1,905 milímetros), 0,100 pulgadas (2,540 milímetros), 0,200 pulgadas (5,080 milímetros), 0,300 pulgadas (7,620 milímetros), 0,400 pulgadas (10,16 milímetros) y 0,500 pulgadas (12,68 milímetros).

Figura 11*Curva humedad - densidad seca*

1.1.2 Subrasante

La subrasante, que es el nivel superior de una vía durante la fase de movimiento de tierras, funciona como base de apoyo para las capas de pavimento anteriores. Del mismo modo, la subrasante es la parte exterior del relleno que sirve de soporte a las capas de firme. La subrasante está formada por materiales, a menudo conocidos como suelos, que poseen las cualidades necesarias y que se comprimen en varias fases. El objetivo de esta compresión es reducir los espacios entre las moléculas del suelo, lo que dirige a la creación de un material compacto en circunstancias ideales. En consecuencia, esta sustancia sólida puede soportar eficientemente las fuerzas aplicadas por vehículos y peatones sin experimentar ninguna distorsión (MTC, 2013).

La subrasante ejerce una tarea crucial en el desarrollo del pavimento, además de proporcionar soporte. Por lo tanto, la importancia primordial radica en la calidad, el rendimiento y la durabilidad del producto. Los materiales utilizados bajo la subrasante deben poseer un coeficiente de soporte de California (CBR) igual o superior al 6%. En pocas palabras, es necesario un valor CBR del 6% o superior. Si un material no satisface el nivel de CBR, debe mejorarse utilizando un producto o sustituirse por un material que demuestre un rendimiento superior. (Cuipal Chávez, 2018).

El bastidor auxiliar debe estar compuesto de materiales con cualidades suficientes para soportar las cargas ejercidas por los vehículos. Las pruebas CBR se realizan para analizar la calidad de los elementos de la subrasante. Estas pruebas permiten medir tanto la capacidad de carga como la calidad del elemento. La subrasante puede clasificarse en múltiples categorías en función de los valores CBR obtenidos en estas pruebas.

Tabla 8

Grupos de Subrasante en función del CBR.

| Grupos de Subrasante | CBR |
|---------------------------|-------------------------------|
| S5: Subrasante Excelente | De CBR \geq 30% |
| S4: Subrasante Muy Buena | De CBR \geq 20% A CBR < 30% |
| S3: Subrasante Buena | De CBR \geq 10% A CBR < 20% |
| S2: Subrasante Regular | De CBR \geq 6% A CBR < 10% |
| S1: Subrasante Pobre | De CBR \geq 3% A CBR < 6% |
| So: Subrasante Inadecuada | CBR < 3% |

Nota. (MTC, 2013)

2.3 Marco conceptual

- 1. Estabilización de suelos:** Optimiza o regula su capacidad para mantener su volumen, aumenta su fuerza y resistencia a la deformación bajo tensión, mejora su capacidad para permitir el paso de fluidos y mejora su resistencia a los daños causados por el agua. Para evaluar la eficacia de la técnica es necesario realizar pruebas de laboratorio y ensayos al aire libre (YEPES, 2014).
- 2. Aditivo:** Sustancia, química o mineral, que altera o mejora las características de un material o de una combinación de materiales (MTC, 2013).
- 3. CRB (California Bearing Ratio):** V es una medida de la disposición portante relativa de un suelo o material. Se determina midiendo la penetración de una fuerza en una masa de suelo (MTC, 2013).



- 4. Mantenimiento vial:** La conservación de carreteras hace referencia a una serie de actividades técnicas que se elaboran para preservar de modelo constante y eficaz la infraestructura viaria con el fin de ofrecer el mejor servicio posible a los que la usan. Estas tareas pueden ser de carácter rutinario o periódico (MTC, 2013).
- 5. Mantenimiento periódico:** Operaciones de mantenimiento rutinario que se realizan periódicamente en las carreteras para garantizar su óptimo funcionamiento.
- 6. Mantenimiento rutinario:** Se refiere a una serie de actividades continuas que desarrollan en las carreteras con la meta de preservar sus capas de servicio. Estas tareas, conocidas como conservación, es posible realizarse manual o mecánicamente. Incluyen limpieza, bacheo, perfilado, roce, remoción de derrumbes a escala menor, así como limpieza o reparación de juntas de dilatación, elementos de soporte, pintura y drenaje en la parte superior e inferior de los puentes.
- 7. Resistencia a compresión:** Se determina sometiendo una muestra cilíndrica a una fuerza presurizada hasta que se fracture o falle (MTC, 2013).
- 8. Transitabilidad:** Se refiere a capas de servicio prestado por la infraestructura de la vía, que proporciona un flujo fluido e ininterrumpido de vehículos durante un periodo de tiempo específico (MTC, 2013).
- 9. Tratamiento superficial:** Proceso de aplicación de una o varias capas de emulsión asfáltica, que puede contener aditivos y áridos, con propiedades específicas determinadas por criterios técnicos. Normalmente, constan de una, dos o tres capas, a saber, una estructura monocapa o bicapa (MTC, 2013).



- 10. Carretera:** Carretera diseñada para la circulación de vehículos automotores que tengan al menos dos ejes, y sus cualidades geométricas se determinan con base en los criterios técnicos vigentes establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2013).
- 11. Carretera afirmada:** Una vía afirmada se refiere a una carretera que tiene una superficie de rodadura que consiste en una o más capas de AFIRMADO, según lo definido por (MTC, 2013).
- 12. Carretera no pavimentada:** Una carretera sin pavimentar es un tipo de carretera que tiene una superficie de carretera compuesta de grava, afirmado, superficies estabilizadas o suelo original (MTC, 2013).
- 13. Carretera pavimentada:** es un tipo de carretera que tiene una superficie de carretera construida de mezcla bituminosa, que es flexible, o de hormigón Portland, que es rígido (MTC, 2013).
- 14. Carretera sin afirmar:** Es una vía que se encuentra a nivel de subrasante o que ha perdido su superficie de pavimento (MTC, 2013).
- 15. Control de emisión de polvo:** Hace alusión a la disposición del suelo para regular la liberación de partículas finas al ambiente (MTC, 2017).
- 16. Estabilizador de suelo:** Se refiere a una sustancia química, ya sea natural o sintética, que mejora una o más características de comportamiento del suelo por su acción y/o interacción con el suelo (MTC, 2017).



CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación

3.1.1 Nivel de investigación

El nivel de análisis elegido es explicativo y correlacional. La tesis pretende explicar las causas que originaron el problema analizando el efecto del factor independiente sobre el factor dependiente a través de la experimentación.

3.1.2 Tipo de investigación

Realizada mediante experimentos de laboratorio.

3.1.3 Método de investigación

Se empleó el modelo Científico para investigar sistemáticamente y adquirir nuevos conocimientos científicos mediante una serie de procedimientos estructurados, entre los que se incluyen la observación, la medición, la experimentación, la creación de hipótesis, el análisis y la revisión de hipótesis.

3.1.4 Diseño de investigación

El estudio tenía por objeto investigar el impacto de la utilización del agregado en la estabilidad de la capa de rodadura de la calzada. Se calcularon varias dosificaciones para su uso en las pruebas de laboratorio del suelo y en las aplicaciones sobre el terreno.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

La población objeto de análisis está formada por los materiales que conforman la carretera Caminaca - Arapa, es decir desde el kilómetro 2+000 hasta el km 5+000, en la ciudad de Puno. La carretera tiene una superficie de calzada.

3.2.2 Muestra

Para el estudio presente se utilizaron muestras de suelo recolectadas en tres fosas ubicadas en los KM 2+000, KM 3+500 y KM 5+000 de la carretera Caminaca - Arapa en la ciudad de Puno.

3.2.3 Diseño muestral

La composición de las muestras de suelo de la calzada consiste en tres fosas que fueron excavadas a una profundidad de 1.50 metros con la meta de hallar las cualidades de la subrasante.

Tabla 9

Fosas de ensayo excavadas en la calzada

| Lugar | Calicata | Profundidad |
|----------------------------|----------|-------------|
| Carretera Caminaca – Arapa | C – 1 | 1.50 m |
| | C – 2 | 1.50 m |
| | C – 3 | 1.50 m |

3.3 Ámbito de estudio

3.3.1 Locación del área en estudio

Los materiales granulares y arenas aluviales de las canteras investigadas, junto con sus respectivas mezclas, fueron sometidos a ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos de la UANCV, en la ciudad de Juliaca, provincia de San Román. Estas pruebas incluyeron la evaluación de la capacidad portante.

3.3.2 Descripción del área de estudio

El laboratorio de mecánica de suelos de esta organización ha sido reconocido por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL). Además, esta instalación posee herramientas meticulosamente calibradas y proporciona certificados precisos al finalizar cada ensayo.

3.3.3 Ensayos de suelos para evaluar sus cualidades mecano-físicas

I. Contenido de humedad de un suelo MTC E 108

La humedad del suelo, o contenido de humedad, es la organización del peso del líquido en una cantidad específica de superficie en comparación con el peso de los elementos sólidos, representada en porcentaje.

El peso de líquido suprimido se calculó secando la superficie húmeda hasta un peso constante en un horno controlado a una $T^{\circ} 110 \pm 5^{\circ} \text{C}$ utilizando este modelo de operación. El peso del suelo que queda luego de someterse al proceso de secado en estufa se considera el peso de los elementos sólidos. La pérdida de peso resultante del proceso de secado se define como el peso del agua presente.

El cálculo de este porcentaje se determina mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{W_w}{W_s} * 100\%$$

Donde

W_w : es el peso de agua presente en la masa de suelos y

W_s : es el peso de los sólidos en el suelo

El contenido de humedad proporciona un punto de referencia para determinar si está por encima o por debajo del nivel óptimo para la compactación.

II. Evaluación granulométrica MTC E 107

Se refiere a la medición y el estudio de la organización de la dimensión de las moléculas de un espécimen. MTC E 107

La meta de la prueba es hallar con precisión la organización de dimensión de las moléculas de la superficie y las proporciones de suelo que pueden fluir a través de diversos tamaños de malla, hasta 74 mm (n.º 200).

Inicialmente, se divide la muestra, se transfiere al horno y se deshidrata, tras lo cual la muestra se enjuaga en el tamiz n.º 200 y se deshidrata una vez más.

La muestra se distribuye uniformemente por los tamices y se agita para garantizar que no se adhieran partículas extrañas al tamiz. A continuación, se dimensiona la cantidad de muestra retenida en los tamices y se utiliza para determinar el % de muestra retenida y el % de muestra que atraviesa por cada malla (MTC, 2000).

Figura 12

Tamizado del material



III. Determinación de límite líquido, límite plástico e índice MTC E 110 / MTC E 111

El Ll se refiere al contenido de humedad, expresado en %, en el que la superficie pasa de una situación líquida a un estado plástico. Cuando se deja caer una taza 25 veces desde una altura de un centímetro a un ritmo de dos gotas por seg, el límite líquido se define como el contenido de humedad en el que la ranura que divide dos porciones de una masa de tierra se cierra completamente en su base por una distancia de trece milímetros (media pulgada).

El límite plástico, también conocido como P.L., es el contenido mínimo de humedad al que se pueden crear bastones de tierra con un diámetro aproximado de 3,2 milímetros

(1/8 de pulgada) girando la tierra entre la palma de la mano y una superficie plana sin que se rompan. Para determinar el índice plástico, se resta el límite plástico del límite líquido. Este cálculo proporciona una indicación del grado de fluctuación de la plasticidad de la superficie. Gracias a los límites de Atterberg podemos organizar y diferenciar los distintos tipos de suelo. (MTC, 2000).

Tabla 10*Organización de suelos según Índice de Plasticidad*

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

Nota: MTC 2014

Las superficies se caracterizarán y documentarán utilizando el enfoque para la construcción de carreteras. La categorización se realizará utilizando las normas establecidas por AASHTO y SUCS.

Seguidamente se señala una correlación entre los dos esquemas de organización más utilizados, AASHTO y ASTM. (SUCS).

Tabla 11*Organización de suelos*

| AASHTO M-145 | ASTM –D-2487 |
|--------------|--------------------------|
| “A-1-a” | “GW, GP, GM, SW, SP, SM” |
| “A-1-b” | “GM, GP, SM, SP” |
| “A – 2” | “GM, GC, SM, SC” |
| “A – 3” | “SP” |
| “A – 4” | “CL, ML” |
| “A – 5” | “ML, MH, CH” |
| “A – 6” | “CL, CH” |
| “A – 7” | “OH, MH, CH” |

Nota: (MTC, 2014).

Índice de Grupo: El índice regulado por la AASHTO es un sistema de organización de suelos ampliamente usado, basado mayormente en los límites de Atterberg (MTC, 2000). La fórmula especifica el índice de grupo de una superficie:

$$IG = 0.2(a) + 0.005(ac) + 0.01(db)$$

Donde:

A = representa la fracción del % que pasa a través del tamiz de 200 - 74 micras en el F-35. Se denota mediante un número entero positivo que varía entre 1 y 40.

La variable b representa la fracción del % que pasa a través del tamiz con un rango de tamaño de 200 a 74 micras, denotado como F-15. Se denota mediante un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

La ecuación viene dada por $c = LL - 40$, donde LL representa el límite líquido. Denotado por un número entero que va de 0 a 20.

d representa el índice plástico conocido como IP-10. Se indica mediante un número entero que varía entre 0 y 20 o superior.

El índice de grupo es un valor entero no negativo que varía entre 0 y 20 o superior. Si el IG estimado es inferior a cero, se registra como cero. Un suelo con un índice cero indica una calidad excelente, mientras que un suelo con un índice de 20 o superior se considera inadecuado para la ejecución de carreteras (MTC, 2000).

Tabla 12

Organización de suelos según Índice de Grupo

| Índice de Grupo | Suelo |
|---------------------|-----------|
| IG está entre 0 - 1 | Muy Bueno |
| IG está entre 1 - 2 | Bueno |
| IG está entre 2 a 4 | Regular |
| IG está entre 4 a 9 | Pobre |
| IG > 9 | Muy Pobre |

Nota: (MTC, 2014).

Figura 13

Ensayo para el límite líquido



IV. Ensayo de Proctor MTC E 115

La meta del ensayo es hallar el contenido de humedad al que la superficie alcanza su máximo nivel de densidad seca.

El desarrollo de un paso a paso de ensayo es necesario para hallar la conexión entre el contenido de humedad y el peso unitario seco consolidado bajo una energía de consolidación específica (MTC, 2000).

Se utiliza uno de los procedimientos mencionados a continuación, dependiendo de la gradación de las partículas.

Método A

- ✓ Molde de 101.6 mm. de diámetro (4 pulg).
- ✓ El material utilizado debe poder pasar a través de un tamiz de tamaño n° 4 (4,75 mm).
- ✓ El molde se llena con 5 capas
- ✓ cada capa se compacta con 25golpes.
- ✓ Este método es adecuado cuando el 20% o menos del peso del elemento permanece en el tamiz n° 4 (4,75 mm).

Método B

- ✓ El molde tiene un diámetro de 4 pulgadas (101,6 mm).
- ✓ Sólo se utiliza material que pueda pasar por el tamiz de 9,5 mm (3/8 de pulgada) de diámetro.

- ✓ Hay un total de 5 estratos.
- ✓ El número de golpes por estrato es de 25.
- ✓ Cuando el material tiene un peso de más del 20% retenido en el tamiz del n° 4 (4,75 mm) y un peso del 20% o menos retenido en el tamiz de 3/8" (9,5 mm), se indica esta condición.

Método C

- ✓ Molde con un diámetro de 152,4 mm (6 pulgadas).
- ✓ Se utiliza material que pueda pasar a través de un tamiz con un diámetro de ¾ pulgadas (19,0 mm).
- ✓ Hay un total de 5 estratos.
- ✓ Cada estrato consta de 25 golpes.
- ✓ Cuando el material tiene una retención de peso superior al 20% en el tamiz de 3/8 pulgadas (9,53 mm) e inferior al 30% en el tamiz de ¾ pulgadas (19,0 mm).

La masa necesaria para los métodos A y B es de aproximadamente 16 kg (35 lbm), mientras que para el modelo C es de unos 29 kg (65 lbm) de suelo seco. Por consiguiente, la muestra in situ debe pesar al menos 23 kg (50 lbm) y 45 kg (100 lbm) en húmedo (MTC, 2000).

Figura 14.

Compactación de la muestra en 5 capas





V. Ensayo CBR MTC E 132

Sobre la base de un índice de resistencia de la superficie, la meta es lograr la determinación de un determinado número de coeficiente portante, que más frecuentemente se denomina coeficiente portante de California (California Bearing Ratio, CBR). En la mayoría de los casos, la prueba se lleva a cabo en suelos que se han creado en el laboratorio en determinadas circunstancias relativas a la humedad y la densidad. El procedimiento, por otra parte, también puede llevarse a cabo de forma parecida en muestras intactas adquiridas del suelo (MTC, 2000).

Fase de la compactación

- El proceso de secado en un horno es lo que determina los resultados de la prueba. Tras determinar la cantidad de humedad presente de forma natural en el suelo, se aumenta la cantidad de agua necesaria para alcanzar el nivel de humedad especificado para la prueba. La base del molde se utiliza para tomar medidas y, después, se fijan al molde el collar y el disco espaciador. Encima se coloca un disco de papel de filtro grueso del tamaño igual.
- Una vez colocado el molde, se exprime la muestra usando la cantidad adecuada de agua y energía. Esto se hace para adquirir la humedad y densidad adecuadas del suelo.
- Para realizar la prueba, se dan 56, 25 y 10 golpes a cada capa, y se ajusta el contenido de agua de forma que sea suficiente para el nivel óptimo.
- Es de suma importancia investigar el desenvolvimiento de las superficies cohesivas en un amplio espectro de contenido de humedad. Cada capa se somete a 56, 25 y 10 golpes, dependiendo de la cantidad de humedad presente, para formar curvas. El objetivo es generar una serie de curvas que demuestren la conexión entre el peso

específico, el contenido de humedad y la relación entre la capacidad portante y la carga total.

- Para sumergir la probeta, se recoge una cantidad determinada de material, que oscila entre 100 y 500 g (en función de su textura, si es fino o contiene grava), antes y después de la consolidación. A continuación, se mezclan estas dos porciones y se determina el contenido de humedad del suelo. Para obtener el contenido de humedad de la muestra que no está sumergida, se toma la fracción de material del centro de la probeta, que se compacta en el recipiente tras el ensayo de penetración. Para lograr este objetivo, la probeta se extrae del molde y se fractura en dos partes.
- Una vez terminado el desarrollo de consolidación, se quita el collarín y se nivela la probeta con una regla. Se saca el recipiente y se vuelve a montar en sentido contrario, omitiendo la necesidad de un disco espaciador. Se inserta un papel de filtro entre el molde y la base. (MTC, 2000).

Inmersión

- Se coloca una placa de mango perforada en el molde inverso, con los anillos necesarios colocados en la parte superior para soportar una sobrecarga. La sobrecarga total debe ser siempre igual o superior a 4,54 kg (10 lb).
- La medición inicial del oleaje se obtiene colocando el trípode de medición de forma que sus patas se sitúen en los límites del molde. Posteriormente, el molde se sumerge en el tanque mientras la sobrecarga está colocada, permitiendo que el agua fluya libremente por la parte superior e inferior de del espécimen. El espécimen se mantiene en estas circunstancias específicas durante 96 horas, lo que equivale a 4 días.
- Una vez concluida la etapa de inmersión, se vuelve a utilizar el deformímetro para cuantificar el grado de hinchamiento (MTC, 2000).

Penetración

- Se aplica una cantidad adecuada de peso adicional para lograr una intensidad de carga comparable al peso del pavimento, con una tolerancia de $\pm 2,27$ kg. Sin embargo, el peso mínimo utilizado no debe ser inferior a 4,54 kg (10 lb).
- El reloj comparador se coloca para dimensionar la profundidad de penetración del pistón, mientras se aplica un peso de 50N (equivalente a 5 kg) para asegurar el pistón en su lugar.
- Reajuste los punteros de los diales de medición, el dial de anillo de torsión o cualquier otro equipo de medición de carga, y el dial de análisis de penetración en orden consecutivo.
- La tensión en el pistón de penetración se aplica a una velocidad de penetración constante de 1,27 mm (0,05") por minuto. (MTC, 2000).

Expansión

- La dilatación se cuantifica calculando las mediciones del deformímetro y posteriormente de la inmersión. Este resultado se expresa en porcentaje en relación con la altura del espécimen en el recipiente, que mide 127 mm.

Cálculo del índice CBR

- El índice de resistencia CBR representa el valor de la relación de apoyo. El valor de la conexión de apoyo, también llamado índice CBR, representa la proporción de la presión aplicada por el pistón sobre la superficie, a una profundidad específica, en comparación con la presión requerida a la profundidad similar en un espécimen de referencia.

Tabla 13.

Presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón

| Penetración | | Precisión | |
|-------------|----------|-------------------|---------------------|
| Mm | Pulgadas | MN/m ² | kgf/cm ² |
| 2,54 | 0,1 | 6,90 | 70,31 |
| 5,08 | 0,2 | 10,35 | 105,46 |

Nota: MTC E132

Figura 15.

ensayo de CBR





CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Presentación de resultados de la investigación

Con el fin de evaluar los atributos de desempeño de la subrasante del lecho de la carretera, se excavaron fosas y se examinaron muestras en el laboratorio como parte de la investigación. A continuación, los especímenes de suelo se dejaron a pruebas de laboratorio para evaluar los cambios en sus propiedades cuando se introdujo la adición de Sika Dust Seal, comparando los resultados con y sin el aditivo. Tras la excavación de los pozos de prueba en el campo, las cualidades mecano-físicas de la superficie se examinaron en el laboratorio mediante diversas pruebas. Posteriormente, se realizaron pruebas de laboratorio con el agregado Sika Dust Seal, que arrojaron datos obtenidos positivos en cuanto a sus propiedades mecánicas.

4.2 Pruebas realizadas en laboratorio

4.2.1 *Granulometría de los Suelos*

La tabla 16 trae un resumen conciso de los estándares de organización de la superficie derivados de la prueba de granulometría realizada en las muestras recogidas. Esta prueba utilizó el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el método de la Asociación Americana de funcionarios de Carreteras Estatales (AASHTO). Para analizar

tanto las fracciones gruesas como finas de las muestras, se emplearon una serie de tamices de distintos tamaños.

Tabla 14

Resumen de Parámetros de clasificación

| Muestras | D_{10} | D_{30} | D_{60} | C_U | C_C |
|----------|----------|----------|----------|-------|-------|
| C – 1 | 0.53 | 2.25 | 9.30 | 17.55 | 1.03 |
| C – 2 | 0.36 | 2.00 | 7.00 | 19.44 | 1.59 |
| C – 3 | 0.15 | 0.62 | 3.20 | 21.33 | 0.80 |

En base a la tabla proporcionada, es evidente que los pozos de prueba N° 1, 2 y 3 muestran heterogeneidad en sus suelos. Esta conclusión se extrae de los coeficientes de uniformidad calculados, que superan 15.

4.2.2 Límites de Atterberg

Acorde con la Tabla 17, el suelo con el índice de plasticidad más alto se encuentra en el pozo de ensayo n° 04, con un valor de 7,00. Este suelo tiene un límite líquido de 13,00%. Este suelo tiene un Ll de 13,00% y un Lp de 6,00%. Es importante reconocer que el cuadro 15 proporciona la siguiente información. En el pozo de prueba No. 04, la organización de la superficie acorde con los modelos SUCS y AASHTO es la siguiente: el suelo se clasifica como una grava arenosa, pero también presenta limos y arcillas. Esta clasificación se basa en el hecho de que el límite plástico de las arenas es bajo. Sin embargo, es importante señalar que este cálculo tiene en cuenta la presencia de otros materiales dentro de los elementos granulares, lo que da lugar a una composición heterogénea del suelo.

Tabla 15

Resumen ensayo Límites de Consistencia

| Muestras | LL | LP | IP |
|----------|-------|------|------|
| C – 1 | 10.00 | 6.00 | 4.00 |
| C – 2 | 11.00 | 7.00 | 4.00 |
| C – 3 | 13.00 | 6.00 | 7.00 |

4.2.3 Resumen de clasificación de suelos.

La Tabla 18 presenta una visión concisa de las categorías de suelo acorde a los modelos SUCS y AASHTO. Se utilizaron las tablas 04 y 05 para obtener los datos necesarios.

La tabla 18 indica que los pozos de sondeo n° 1 y n° 2 incluyen material con una elevada proporción de grava, mientras que el pozo de sondeo n° 3 contiene material con una combinación de arena y limo. La clasificación AASHTO de los cuatro pozos de prueba revela que el suelo está clasificado como A - 2 - 4 con un índice de grupo de "0".

Esta clasificación indica que la superficie es adecuada para su utilización como material de subrasante. Sin embargo, teniendo en cuenta las condiciones de la capa de rodadura durante los periodos lluviosos y soleados, es necesario mejorar sus cualidades mecano- físicas. Esto se puede conseguir incorporando el aditivo Sika Dust Seal, que evitará la generación de polvo. El polvo es una molestia tanto para los transportistas como para la población circundante.

Tabla 16

Resumen Organización de suelos SUCS y AASHTO

| Muestras | SUCS | AASHTO |
|----------|---|--|
| C - 1 | Símbolo GW Nombre: Grava bien gradada | Símbolo A - 2 - 4 (0) Nombre: Grava arenosa con contenido de Limos o arcillas |
| C - 2 | Símbolo GW Nombre: Grava bien gradada | Símbolo A - 2 - 4 (0) Nombre: Grava arenosa con contenido de Limos o arcillas |
| C - 3 | Símbolo SP - SC Nombre: Arena gravillosa con limos | Símbolo A - 2 - 4 (0) Nombre: Grava arenosa con contenido de Limos o arcillas |

4.2.4 Resumen de Ensayo Proctor Modificado

La prueba Proctor modificada (NTP 339.141) se realizó utilizando muestras de suelo obtenidas de 03 pozos de prueba. La prueba se realizó utilizando el procedimiento C.

La Tabla 17 presenta un resumen conciso de los datos obtenidos de la prueba Proctor modificada realizada en las 03 fosas de prueba, sin el uso de ningún aditivo.

Tabla 17

Resumen ensayo Proctor Modificado

| Muestras | Progresiva | Dens. Seca Max | Humedad Óptima |
|----------|------------|----------------|----------------|
| C - 1 | 2+000 | 2.38 | 4.30 |
| C - 2 | 3+500 | 2.31 | 3.70 |
| C - 3 | 5+000 | 1.93 | 5.10 |

Al examinar los resultados, es evidente que la fosa n° 4 presenta el mayor contenido de humedad óptima. Esto sugiere que cuando el material del suelo en esta zanja alcance un contenido de humedad de 5,10%, alcanzará su máxima densidad seca utilizando métodos de compactación controlada.

4.2.5 Resumen de Ensayo C.B.R

La tabla 18 cuenta con un resumen de los valores dados en la prueba C.B.R. (NTP 339.145) realizada en las zanjas de ensayo. La prueba se realizó después de obtener los resultados del proctor modificado y supuso una penetración de 0,1 pulgadas.

Tabla 18

Resumen de ensayo C.B.R para 0.1" de penetración

| Muestras | Progresiva | CBR al 100% | CBR al 95% |
|----------|------------|-------------|------------|
| C - 1 | 2+000 | 26.45 | 25.80 |
| C - 2 | 3+500 | 27.80 | 26.60 |
| C - 3 | 5+000 | 24.50 | 24.80 |

De acuerdo con los datos, el pozo de prueba C - 2 tiene un California Bearing Ratio (C.B.R.) mayor que los otros pozos de prueba, con un valor de 26,60% al 95% de la densidad seca máxima. Por otro lado, el pozo de prueba C - 3 tiene el menor C.B.R. entre todos los pozos de prueba, con un valor de 24.80% al 95%.

La tabla 19 muestra los datos de la prueba C.B.R. (NTP 339.145) realizada en los pozos de prueba, con una profundidad de penetración de 0,2 pulgadas.

Tabla 19

Resumen de ensayo C.B.R para 0.2" de penetración

| Muestras | Progresiva | CBR al 100% | CBR al 95% |
|----------|------------|-------------|------------|
| C - 1 | 2+000 | 21.50 | 19.80 |
| C - 2 | 3+500 | 20.40 | 20.20 |
| C - 3 | 5+000 | 18.80 | 18.20 |

Los resultados demuestran que el pozo de prueba C - 2 tiene un mayor California Bearing Ratio (C.B.R.) en comparación con los otros pozos, con un valor de 20,20% al 95% de la densidad seca límite. Por el contrario, el pozo C - 3 presenta el C.B.R. más bajo de todos los pozos, con un valor de 18,20% al 95%.

4.2.6 Resumen ensayo Proctor modificado + aditivo Sika Dust Seal.

La Tabla 20 señala un resumen conciso de los datos obtenidos de la prueba Proctor modificada, junto con el uso del aditivo Sika Dust Seal.

Tabla 20

Resumen de ensayo Proctor modificado + aditivo Sika Dust Seal

| Dosificación agua más aditivo | | | | |
|-------------------------------|----------------|---------------|----------------|----------------|
| Muestras | Agua (cm3) | Aditivo (cm3) | Dens. Seca Max | Humedad Óptima |
| C - 1 | 2%, 4%, 6%, 8% | 6.37 | 2.26 | 3.60 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 8.49 | 2.30 | 3.80 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 10.62 | 2.31 | 4.50 |
| C - 2 | 2%, 4%, 6%, 8% | 6.37 | 2.29 | 3.50 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 8.49 | 2.30 | 3.26 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 10.62 | 2.31 | 3.36 |
| C - 3 | 2%, 4%, 6%, 8% | 6.37 | 2.30 | 3.22 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 8.49 | 2.31 | 3.09 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 10.62 | 2.33 | 3.32 |

Tabla 21.*Resumen de ensayo CBR + aditivo para 0.1" de penetración*

| Dosificación agua más aditivo | | | | |
|-------------------------------|----------------|---------------|-------------|------------|
| Muestras | Agua (cm3) | Aditivo (cm3) | CBR al 100% | CBR al 95% |
| C – 1 | 2%, 4%, 6%, 8% | 6.37 | 33.60 | 33.60 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 8.49 | 32.00 | 31.50 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 10.62 | 33.60 | 32.60 |
| C – 2 | 2%, 4%, 6%, 8% | 6.37 | 31.80 | 31.60 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 8.49 | 32.00 | 31.50 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 10.62 | 32.00 | 31.80 |
| C – 3 | 2%, 4%, 6%, 8% | 6.37 | 31.80 | 31.00 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 8.49 | 31.80 | 31.50 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 10.62 | 33.20 | 31.80 |

La Tabla 20 muestra que los datos demuestran densidades secas superiores a 2.31 g/cm³. Esto se debe a que en estas pruebas se utilizó una mayor cantidad de agregado en comparación con los otros ensayos, concretamente 10,62 cm³ de agregado por espécimen. Los contenidos de humedad recomendados para realizar la prueba C.B.R. con agregado se especifican en la tabla correspondiente.

4.2.7 Resumen ensayo C.B.R. + Aditivo Sika Dust Seal.

La tabla 21 señala un resumen conciso de los datos obtenidos en la prueba C.B.R. (NTP 339.145) con la inclusión de un aditivo. Los siguientes resultados se refieren específicamente a una profundidad de penetración de 0,1 pulgadas.

Con base en las pruebas de laboratorio usados en muestras tomadas de las fosas C-1, C-2 y C-3 sin la adición de ningún aditivo, como se muestra en la Tabla 18, Resumen de las pruebas CBR para 0.1" de penetración, y los resultados presentados en la Tabla 21 de esta sección, es evidente que existe una variación positiva en los resultados CBR. Los valores de CBR, tanto al 95% como al 100% de la densidad límite seca, han crecido en todas

las fosas de prueba, indicando que la resistencia del suelo ha mejorado debido al uso del agregado Sika Dust Seal.

La Tabla 22 muestra los datos dados de la prueba C.B.R. (NTP 339.145) con la inclusión del aditivo Sika Dust Seal, específicamente para una profundidad de penetración de 0.2 pulgadas.

Tabla 22

Resumen de ensayo CBR + aditivo para 0.2" de penetración

| Dosificación agua más aditivo | | | | |
|-------------------------------|----------------|---------------|-------------|------------|
| Muestras | Agua (cm3) | Aditivo (cm3) | CBR al 100% | CBR al 95% |
| C – 1 | 2%, 4%, 6%, 8% | 6.37 | 25.70 | 24.40 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 8.49 | 25.30 | 24.50 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 10.62 | 25.50 | 24.00 |
| C – 2 | 2%, 4%, 6%, 8% | 6.37 | 24.20 | 23.80 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 8.49 | 25.20 | 24.60 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 10.62 | 25.20 | 24.80 |
| C – 3 | 2%, 4%, 6%, 8% | 6.37 | 24.20 | 23.80 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 8.49 | 24.00 | 23.50 |
| | 2%, 4%, 6%, 8% | 10.62 | 25.70 | 24.40 |

Según la tabla 19. El resumen trata de las pruebas CBR realizadas en laboratorio en las fosas C-1, C-2 y C-3. Estas pruebas se realizaron sin añadir ningún aditivo. Estas pruebas se realizaron sin añadir ningún aditivo. Los resultados, presentados en la tabla 22, indican una variación positiva de los valores CBR. Tanto los valores de CBR al 95% como al 100% de la densidad seca máxima han crecido en todas las fosas. Esto sugiere que la resistencia de la superficie ha mejorado debido al uso del agregado Sika Dust Seal.

4.2.8 Porcentajes de aumento de CBR de los diversos ensayos.

La Tabla 23 muestra el incremento porcentual del CBR al 95% y 100% de la Densidad Máxima Seca para una penetración de 0.1 pulgadas, comparado con el CBR convencional calculado sin ningún aditivo, como se señala en el cuadro 18. En base a las

observaciones, se puede inferir que la adición mejora la disposición de carga de las distintas excavaciones.

Tabla 23

Resumen de % de crecimiento de CBR% al 95% y 100% para 0.1" de penetración

| Muestras N° | Aditivo (cm ³) | CBR al 95% | Aumento de CBR al 95% | CBR al 100% | Aumento CBR al 95% |
|----------------|-------------------------------|---------------|--------------------------|----------------|-----------------------|
| C – 1 | 0.00 | 25.80 | 0.00 | 26.45 | 0.00 |
| | 6.37 | 33.60 | 30.23 | 33.60 | 27.03 |
| | 8.49 | 31.50 | 22.09 | 32.00 | 20.98 |
| | 10.62 | 32.60 | 26.36 | 33.60 | 27.03 |
| C – 2 | 0.00 | 26.60 | 0.00 | 27.80 | 0.00 |
| | 6.37 | 31.60 | 18.80 | 31.80 | 14.39 |
| | 8.49 | 31.50 | 18.42 | 32.00 | 15.11 |
| | 10.62 | 31.80 | 19.55 | 32.00 | 15.11 |
| C – 3 | 0.00 | 24.80 | 0.00 | 24.50 | 0.00 |
| | 6.37 | 31.00 | 25.00 | 31.80 | 29.80 |
| | 8.49 | 31.50 | 27.02 | 31.80 | 29.80 |
| | 10.62 | 31.80 | 28.23 | 33.20 | 35.51 |

La tabla anterior muestra que el C.B.R. (California Bearing Ratio) aumenta más favorablemente en la fosa de prueba 01 cuando se adicionan 8.49 cm³ de aditivo, en la fosa de prueba 1 cuando se adicionan 6.37 cm³ de aditivo y en las fosas de prueba 2 y 3 cuando se adicionan 10.62 cm³ de agregado Sika Dust Seal. Estos incrementos ocurren al 95% de la densidad seca máxima para 0.1" de penetración. Cuando se introducen 10,62 cm³ de agregado Sika Dust Seal en las fosas de prueba 2 y 3, se produce un aumento del C.B.R. en comparación con las pruebas habituales de C.B.R. realizadas sin ningún aditivo. La cantidad total de aditivo utilizada en este caso es de 37 cm³.

Además, los datos muestran que la mayor mejora en el C.B.R. (California Bearing Ratio) se produce cuando se añaden 6,37 cm³ de aditivo en la fosa de ensayo 1, y cuando se añaden 10,62 cm³ de aditivo en las fosas 2 y 3. Esto conduce a un aumento significativo

del C.B.R. (California Bearing Ratio). Esto produce un crecimiento relevante del C.B.R. en comparación con los ensayos C.B.R. estándares realizados sin agregado.

En el cuadro se muestra el incremento porcentual del California Bearing Ratio (CBR) al 95% y al 100% de la Densidad Máxima en Seco para una penetración de 0,2 pulgadas, comparado con el CBR convencional calculado sin ningún aditivo, como se indica en la tabla 18. Acorde a las observaciones, se puede inferir que la adición mejora la capacidad portante de las distintas excavaciones.

Tabla 24

Resumen de % de incremento de CBR% al 95% y 100% para 0.2" de penetración.

| Muestras N° | Aditivo (cm3) | CBR al 95% | Aumento de CBR al 95% | CBR al 100% | Aumento CBR al 95% |
|----------------|------------------|---------------|--------------------------|----------------|-----------------------|
| C – 1 | 0.00 | 19.90 | 0.00 | 21.50 | 0.00 |
| | 6.37 | 24.40 | 23.23 | 25.70 | 19.53 |
| | 8.49 | 24.50 | 23.74 | 25.30 | 17.67 |
| | 10.62 | 24.00 | 21.21 | 25.50 | 18.60 |
| C – 2 | 0.00 | 20.20 | 0.00 | 20.40 | 0.00 |
| | 6.37 | 23.80 | 17.82 | 24.20 | 18.63 |
| | 8.49 | 24.60 | 21.78 | 25.20 | 23.53 |
| | 10.62 | 24.80 | 22.77 | 25.20 | 23.53 |
| C – 3 | 0.00 | 18.20 | 0.00 | 18.00 | 0.00 |
| | 6.37 | 23.80 | 30.77 | 24.20 | 28.72 |
| | 8.49 | 23.50 | 29.12 | 24.00 | 27.66 |
| | 10.62 | 24.40 | 34.07 | 25.70 | 36.70 |

La tabla ya vista muestra que el C.B.R. aumenta al 95% de la densidad seca máxima para una penetración de 0,2" en el pozo de ensayo 1 cuando se añaden 8,49 cm³ de aditivo, en el pozo de ensayo 2 cuando se añaden 10,62 cm³ de aditivo y en el pozo de ensayo 3 cuando se añaden 10,62 cm³ de aditivo. Esto da lugar a un aumento del C.B.R. en comparación con las pruebas estándar de C.B.R. realizadas sin aditivo.

Además, muestra que la mayor mejora en el C.B.R. (California Bearing Ratio) al 100% de la densidad seca máxima para una penetración de 0,2 pulgadas se observa en la



fosa de ensayo 1 cuando se introducen 6,37 cm³ de aditivo. De forma similar, en los pozos de ensayo 2 y 3, se consigue un aumento favorable del C.B.R. añadiendo 10,62 cm³ de aditivo al ensayo. Estos resultados demuestran una mejora significativa de la C.B.R. en comparación con las pruebas estándar de C.B.R. realizadas sin agregado.

CONCLUSIONES

- ✓ Tuvo un impacto positivo en la capacidad portante (CBR) de la subrasante la utilización del agregado Sika Dust Seal. Se extrajeron especímenes de las fosas y se sometieron a pruebas de laboratorio del suelo, que revelaron que la utilización del agregado mejoró la estabilidad de la superficie.
- ✓ Comprobado En los pozos de prueba se extrajeron muestras de suelo que se clasificaron acorde al esquema unificado de organización de suelos (SUCS) como suelos GP, GW y SP-SC. Estas superficies consisten en una mezcla de gravas, arenas, limos y pequeñas cantidades de arcillas. En cuanto al modelo de organización AASHTO, las superficies clasificadas como A-2-4 consisten en elemento granular con poca cantidad de partículas. Cuando se usa como elemento de cimentación en pavimentos, la presencia de elemento fino provocará una pérdida de estabilidad, ya que se satura por acción capilar. Los datos del California Bearing Ratio (CBR) para las fosas de prueba 1, 2 y 3, sin el uso de ningún aditivo, indican que los valores del CBR a 0,1 pulgadas de penetración son 25,80%, 26,60% y 31,80%, respectivamente, en conexión con la densidad seca límite al 95%.
- ✓ De acuerdo con el modelo estándar (sin aditivo), el valor CBR al 95% de la densidad seca máxima para una penetración de 0.1 pulgadas es de 26.60%. Sin embargo, al usar el agregado Sika Dust Seal, el valor CBR aumenta a 33.60% en las mismas condiciones. El CBR para las zanjas 1, 2 y 3 aumentó de 25.80% a 33.60%, 26.60% a 31.80% y 24.80% a 31.80%, a cada uno.
- ✓ Marca de verificación La dosis más efectiva para realizar pruebas CBR de suelos en laboratorio se consigue añadiendo 6,37 cm³ de agregado y 209,63 cm³ de agua a un espécimen de superficie que se compactará en un molde CBR. Esta dosis dará como dato obtenido una densidad seca límite de 2,26 g/cm³.



RECOMENDACIONES

- ✓ Con el fin de adquirir nuevos hallazgos, se aconseja utilizar proporciones frescas de aditivo para los ensayos de Proctor modificada y CBR que se realizan en el laboratorio con el aditivo Sika Dust Seal. Estos exámenes deben realizarse de manera adecuada y conforme a los protocolos.
- ✓ Se ha propuesto la realización de nuevos análisis investigativos sobre la utilización de agregados adicionales que optimicen la estabilidad de las superficies en carreteras no pavimentadas, que se caracterizan por la presencia de diferentes tipos de depósitos de suelo.
- ✓ Dentro de la ciudad de Puno, se sugiere fuertemente que las investigaciones que están asociadas con el tema de estudio se lleven a cabo en otras áreas de caminos de tierra o caminos que no son de superficie pavimentada. También, se sugiere que este método particular de estabilización de superficies, que involucra la utilización de agregados, sea tomado en consideración en los niveles bajos de los pavimentos rígidos y flexibles. Esto se debe al hecho de que los aditivos tienen un efecto provechoso en la disposición de carga de los suelos.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Agrela, F., & et al. (2020). Feasible use of cathode ray tube glass (CRT) and recycled aggregates as unbound and cement-treated granular materials for road sub-bases. *Materials*, 13(3), 748.

Al-Ansari, N., & et al. (2019). A comparative evaluation of cement and by-product petrit T in soil stabilization. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(23), 20.

Al-Jabban, W., & et al. (2019). Briefing: Common laboratory procedures to prepare and cure stabilised soil specimens: A short review. *Geotechnical Research*, 7(1), 3-10.

Angulo, D., & Rojas, H. (2016). Ensayos De Fiabilidad Con Aditivo Proes Para La Estabilización Del Suelo En El AA. HH El Milagro, 2016. Universidad Científica Del Perú.

Normas Técnicas Peruanas: NTP 339.128, NTP 339.129, NTP 339.134, NTP 339.135, NTP 339.141, NTP 339.145.

Sika Dust Seal 2014.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2005). Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de Bajo Volumen de Tránsito. Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2014). Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima, Perú.

MTC E 107. (2000). Análisis Granulométrico de Suelos Por Tamizado (Laboratorio). Lima: ICG.

MTC E 108. (2000). Método de Ensayo Para Determinar el Contenido de Humedad de un Suelo (Laboratorio). Lima: ICG.

MTC E 110. (2000). Determinación del Limite Liquido de Suelos (Laboratorio). Lima: ICG.



MTC E 111. (2000). Determinación del Limite plástico e Índice de Plasticidad (Laboratorio). Lima: ICG.

MTC E 115. (2000). Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando Energía Modificada (Laboratorio). Lima: ICG.

MTC E 132. (2000). CBR de Suelo (Laboratorio). Lima: ICG.

AGUILAR, C. (2015). Revisión del Estado del Arte del Uso de Polímeros en la Estabilización de Suelos (Tesis de Pregrado). Universidad Santo Tomás Facultad de Ingeniería Civil Bogotá.

RAMOS, G. (2014). Mejoramiento de Subrasantes de Baja Capacidad Portante Mediante el Uso de Polímeros Reciclados en Carreteras,

Díaz & Mejía, 2004, Bucaramanga, Colombia. "Estabilización de suelos mediante el uso de un aditivo químico a base de compuestos inorgánicos".

Norma técnica de Estabilizadores químicos MTC E 1109 – 2004. Lima – Perú 2011.

Manual de Carreteras: "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos". Lima – Perú 2013.

Juárez Badillo, Rico Rodríguez (2005). Mecánica de Suelos. México. Limusa.

Crespo Villalaz, Carlos (2004). Mecánica de Suelos y Cimentaciones.

Braja M. (2010). Ingeniería Geotécnica. California. J. Ross.

Hernández, J. (2008). Características físicas y propiedades mecánicas de suelos y sus métodos de medición. Guatemala.



ANEXOS



ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tema : Análisis de la aplicación del aditivo Sika Dust Seal en la estabilización de suelos para trochas carrozables en la ciudad de Puno
Ejecutor : Fredy Lindon Hualpa Ccallata

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

| Problema | Objetivos | Hipótesis | Variables | Indicadores | Índices | Instrumentos de medición |
|---|--|---|--|--|---|---|
| Interrogante general. ¿Cuál es el análisis de la aplicación del aditivo sika dust seal en la estabilización de suelos para trochas carrozables en Puno? | Objetivo general. Analizar la eficacia de la aplicación del agregado Sika Dust Seal para la estabilización de suelos en calles de tierra de la ciudad de Puno. | Hipótesis general. La aplicación del aditivo Sika Dust Seal mejora la estabilización del suelo para trochas carrozables en la ciudad de Puno. | Variable independiente: Aditivo Sika Dust Seal | <ul style="list-style-type: none"> Material estabilizador | <ul style="list-style-type: none"> % | <ul style="list-style-type: none"> Ensayos de laboratorio. |
| Interrogantes específicos | Objetivos específicos | Hipótesis específicas | | | | |
| 1. ¿Como son las características físicas y mecánicas del suelo natural mediante los ensayos de laboratorio? | 1. Determinar las características mecánicas y físicas del suelo natural mediante los ensayos estandarizados. | 1. Encontrar las características mecánicas y físicas del suelo natural en el laboratorio de suelos. | | | | |
| 2. ¿Cuál es la dosificación optima del uso del aditivo Sika Dust Seal? | 2. Determinar la dosificación optima del uso del aditivo Sika Dust Seal | 2. La dosificación optima del uso del agregado Sika Dust Seal mejora la estabilización del suelo natural. | Variable dependiente: | <ul style="list-style-type: none"> Granulometría Límite de consistencia CBR Proctor modificado | <ul style="list-style-type: none"> Mm % % % | <ul style="list-style-type: none"> Ensayos de laboratorio. |
| 3. ¿Cuáles son las propiedades mecánicas con el uso del aditivo Sika Dust Seal para mejorar el suelo natural? | 3. Analizar la aplicación del aditivo Sika Dust Seal para optimizar las nuevas propiedades mecánicas mediante el ensayo de Proctor y CBR. | 3. La aplicación del aditivo Sika Dust Seal optimiza las nuevas cualidades mecánicas mediante el ensayo de Proctor y CBR. | Estabilización de suelos | | | |



ANEXO 2
ENSAYOS DE LABORATORIO



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



TESIS : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA

UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO

MUESTRA : C-1

FECHA : 16 DE MAYO DEL 2024

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

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 465.30 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 433.18 |
| PESO DEL TARRO | gr | 48.05 |
| PESO DEL AGUA | gr | 32.12 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 385.13 |
| HUMEDAD % | % | 8.34 |

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

LÍMITE LIQUIDO

LÍMITE PLASTICO

| TARRO N° | | O | P |
|----------------------|----|-------|-------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 48.23 | 46.00 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 43.88 | 41.82 |
| PESO DEL TARRO | gr | 30.29 | 30.09 |
| PESO DEL AGUA | gr | 4.35 | 4.18 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 13.59 | 11.73 |
| HUMEDAD % | % | 32.01 | 35.64 |
| N° DE GOLPES | | 20 | 20 |

| 7 | 4 |
|-------|-------|
| 20.57 | 19.83 |
| 18.40 | 17.75 |
| 6.31 | 6.25 |
| 2.17 | 2.08 |
| 12.09 | 11.50 |
| 17.95 | 18.09 |

LÍMITE LIQUIDO % : 32.92 **LÍMITE PLASTICO %** : 18.02

INDICE PLASTICO % : 14.90

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

UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO
 M.S.C.A.
 JEFATURA

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

TESIS : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO

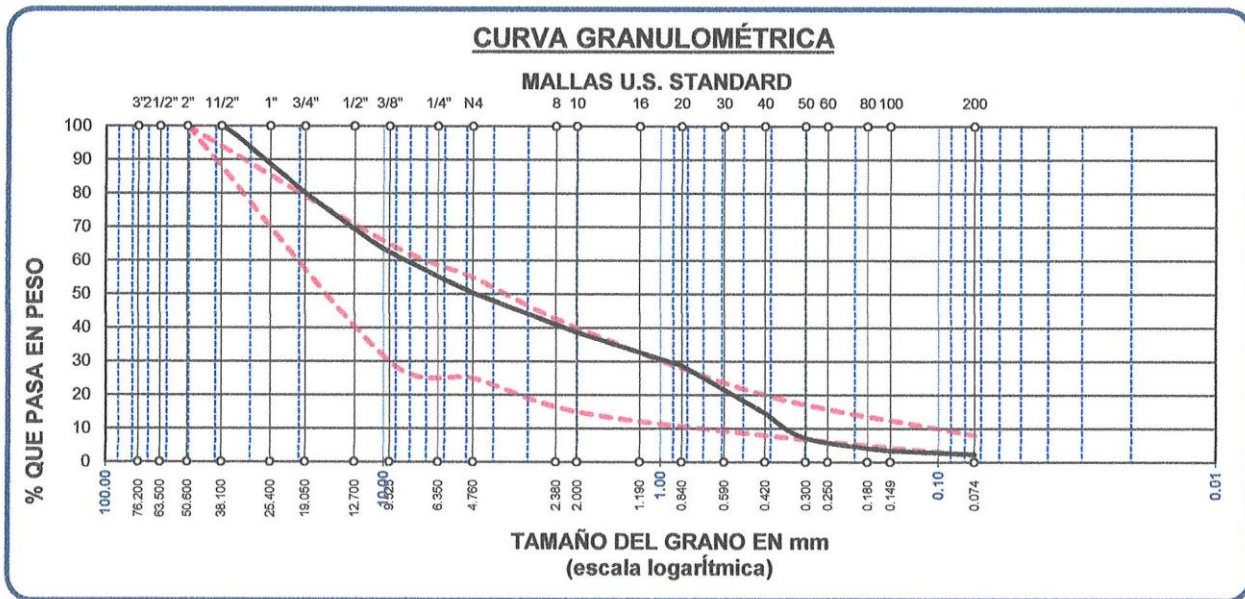
SOLICITANTE : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA

UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO

MUESTRA : C-1

FECHA : 16 DE MAYO DEL 2024

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------|---|
| 3" | 76.200 | | | | | | P.I.= 4000.00 |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | P.L.= 3976.13 |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100% | P.P.= 23.87 |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | % W = 8.34 |
| 1" | 25.400 | 453.00 | 11.33 | 11.33 | 88.68 | | LIMITES DE CONSISTENCIA: |
| 3/4" | 19.050 | 341.00 | 8.53 | 19.85 | 80.15 | | L.L.= 32.92 |
| 1/2" | 12.700 | 428.00 | 10.70 | 30.55 | 69.45 | 30 - 65% | L.P.= 18.02 |
| 3/8" | 9.525 | 274.00 | 6.85 | 37.40 | 62.60 | | I.P.= 14.90 |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | CARACT. GRANULOMÉTRICAS: |
| No4 | 4.760 | 489.00 | 12.23 | 49.63 | 50.38 | 25 - 55% | D10= 0.345 Cu= 24.6 |
| No8 | 2.380 | | | | | | D30= 0.985 Cc= 0.33 |
| No10 | 2.000 | 116.20 | 23.24 | 61.33 | 38.67 | 15 - 40% | D60= 8.51 |
| No16 | 1.190 | | | | | | CLASIFICACIÓN: |
| No20 | 0.840 | 98.30 | 19.66 | 71.24 | 28.76 | | I.G. = |
| No30 | 0.590 | | | | | | SUSCS : GP |
| No40 | 0.420 | 140.06 | 28.01 | 85.35 | 14.65 | 8 - 20% | ASSTHO : A-1-a(0) |
| No50 | 0.300 | 74.20 | 14.84 | 92.82 | 7.18 | | OBSERVACIONES: |
| No60 | 0.250 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.149 | 37.31 | 7.46 | 96.58 | 3.42 | 2 - 8% | |
| No200 | 0.074 | 10.06 | 2.01 | 97.60 | 2.40 | | |
| BASE | | 23.87 | 4.77 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 4000.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | 0.60 | | | | | |



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A.
JEFE LABORATORIO

Mdte. ARNALDO YANATORRES
CIP 103257



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



TESIS : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA

UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO

MUESTRA : C-2

FECHA : 16 DE MAYO DEL 2024

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

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

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

LÍMITE LIQUIDO

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

LÍMITE PLASTICO

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

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

INDICE PLASTICO % : 15.26

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

UANCV - FICE
 CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO
 M.S.C.A.
 JEFAURA

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

TESIS : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO

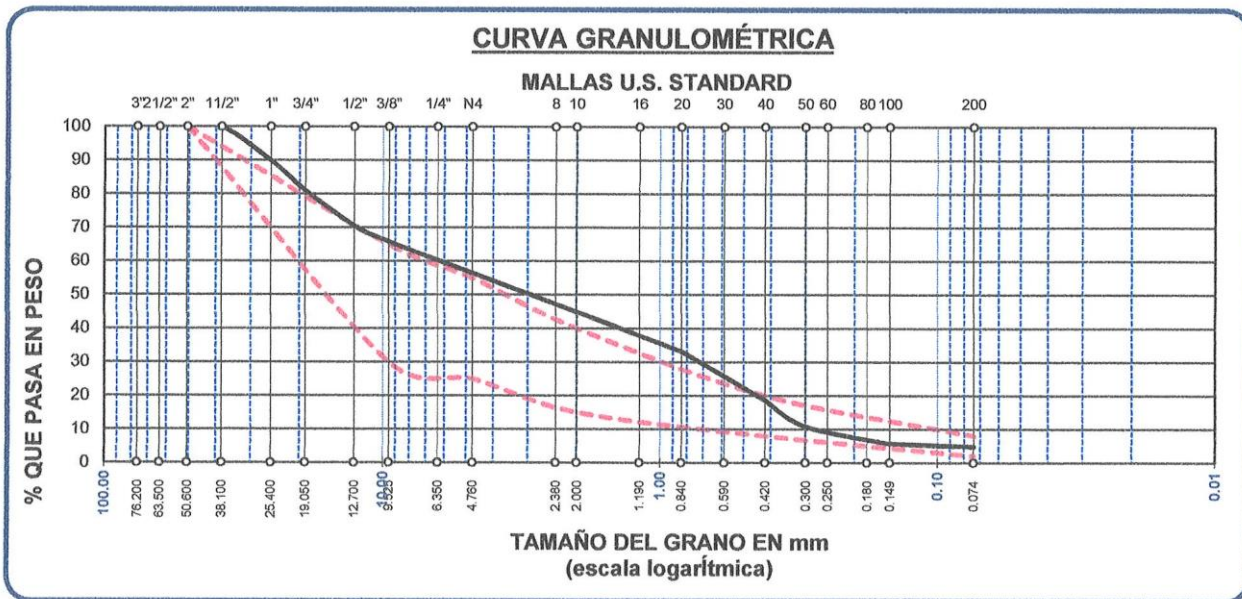
SOLICITANTE : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA

UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO

MUESTRA : C-2

FECHA : 16 DE MAYO DEL 2024

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------|---|
| 3" | 76.200 | | | | | | P.I.= 4000.00 |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | P.L.= 3957.42 |
| 2" | 50.800 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100% | P.P.= 42.58 |
| 1 1/2" | 38.100 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | % W = 5.64 |
| 1" | 25.400 | 403.00 | 10.08 | 10.08 | 89.93 | | LIMITES DE CONSISTENCIA: |
| 3/4" | 19.050 | 356.00 | 8.90 | 18.98 | 81.03 | | L.L.= 30.40 |
| 1/2" | 12.700 | 418.00 | 10.45 | 29.43 | 70.58 | 30 - 65% | L.P.= 15.14 |
| 3/8" | 9.525 | 189.00 | 4.73 | 34.15 | 65.85 | | I.P.= 15.26 |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | CARACT. GRANULOMÉTRICAS: |
| No4 | 4.760 | 374.00 | 9.35 | 43.50 | 56.50 | 25 - 55% | D10= 0.275 Cu= 23.8 |
| No8 | 2.380 | | | | | | D30= 0.747 Cc= 0.31 |
| No10 | 2.000 | 102.50 | 20.50 | 55.08 | 44.92 | 15 - 40% | D60= 6.54 |
| No16 | 1.190 | | | | | | CLASIFICACIÓN: |
| No20 | 0.840 | 103.64 | 20.73 | 66.79 | 33.21 | | I.G. = |
| No30 | 0.590 | | | | | | SUSCS : GP |
| No40 | 0.420 | 128.71 | 25.74 | 81.34 | 18.66 | 8 - 20% | ASSTHO : A-1-a(0) |
| No50 | 0.300 | 69.25 | 13.85 | 89.16 | 10.84 | | OBSERVACIONES: |
| No60 | 0.250 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.149 | 45.22 | 9.04 | 94.27 | 5.73 | 2 - 8% | |
| No200 | 0.074 | 8.10 | 1.62 | 95.19 | 4.81 | | |
| BASE | | 42.58 | 8.52 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 4000.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | 1.06 | | | | | |



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JERÓNIMO JERÓNIMO

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257



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



TESIS : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO

SOLICITANTE : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA

UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO

MUESTRA : C-3

FECHA : 16 DE MAYO DEL 2024

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

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 472.60 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 435.26 |
| PESO DEL TARRO | gr | 49.25 |
| PESO DEL AGUA | gr | 37.34 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 386.01 |
| HUMEDAD % | % | 9.67 |

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

LÍMITE LIQUIDO

LÍMITE PLASTICO

| TARRO N° | | C | T |
|----------------------|----|-------|-------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 43.80 | 46.54 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 40.45 | 42.71 |
| PESO DEL TARRO | gr | 30.33 | 30.12 |
| PESO DEL AGUA | gr | 3.35 | 3.83 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 10.12 | 12.59 |
| HUMEDAD % | % | 33.10 | 30.42 |
| N° DE GOLPES | | 15 | 15 |

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

LÍMITE LIQUIDO % : 29.86 **LÍMITE PLASTICO %** : 17.71

INDICE PLASTICO % : 12.14

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

UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL

Mgr. ARNALDO YANA TORRES
 CIF 103257



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



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

TESIS : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO

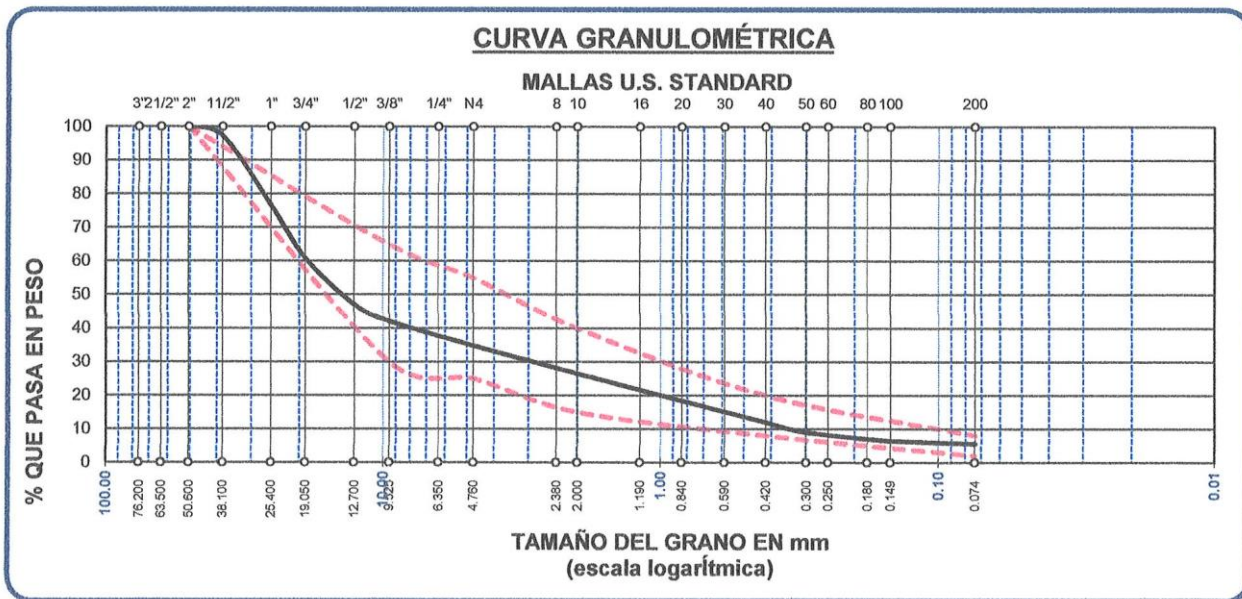
SOLICITANTE : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA

UBICACIÓN : DISTRITO DE PUNO

MUESTRA : C-3

FECHA : 16 DE MAYO DEL 2024

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------|---|
| 3" | 76.200 | | | | | | P.I.= 5000.00 |
| 2 1/2" | 63.500 | | | | | | P.L.= 4920.07 |
| 2" | 50.600 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | 100% | P.P.= 79.93 |
| 1 1/2" | 38.100 | 138.00 | 2.76 | 2.76 | 97.24 | | % W = 9.67 |
| 1" | 25.400 | 1029.00 | 20.58 | 23.34 | 76.66 | | LIMITES DE CONSISTENCIA: |
| 3/4" | 19.050 | 789.00 | 15.78 | 39.12 | 60.88 | | L.L.= 29.86 |
| 1/2" | 12.700 | 689.00 | 13.78 | 52.90 | 47.10 | 30 - 65% | L.P.= 17.71 |
| 3/8" | 9.525 | 248.00 | 4.96 | 57.86 | 42.14 | | I.P.= 12.14 |
| 1/4" | 6.350 | | | | | | CARACT. GRANULOMÉTRICAS: |
| No4 | 4.760 | 367.00 | 7.34 | 65.20 | 34.80 | 25 - 55% | D10= 0.339 Cu= 55 |
| No8 | 2.380 | | | | | | D30= 3.163 Cc= 1.58 |
| No10 | 2.000 | 119.20 | 23.84 | 73.50 | 26.50 | 15 - 40% | |
| No16 | 1.190 | | | | | | CLASIFICACIÓN: |
| No20 | 0.840 | 116.03 | 23.21 | 81.57 | 18.43 | | I.G. = |
| No30 | 0.590 | | | | | | SUSCS : GW |
| No40 | 0.420 | 92.03 | 18.41 | 87.98 | 12.02 | 8 - 20% | ASSTHO : A-1-a(0) |
| No 50 | 0.300 | 43.11 | 8.62 | 90.98 | 9.02 | | OBSERVACIONES: |
| No60 | 0.250 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.149 | 37.15 | 7.43 | 93.56 | 6.44 | 2 - 8% | |
| No200 | 0.074 | 12.55 | 2.51 | 94.44 | 5.56 | | |
| BASE | | 79.93 | 15.99 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 5000.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | 1.60 | | | | | |



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A.
JEFAPIURA
JULIACA - PUNO

Mgt. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

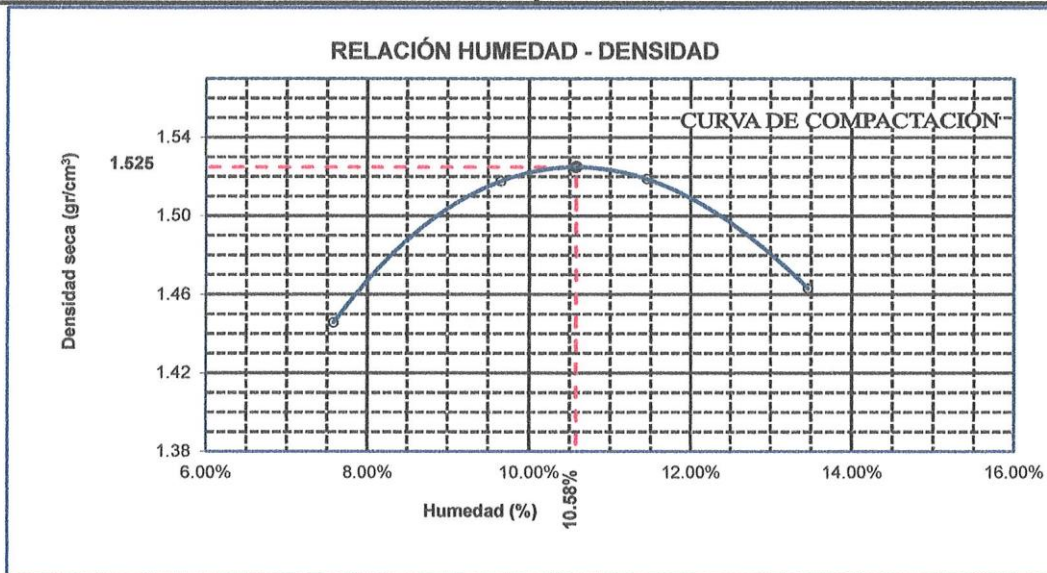
| | |
|--------------------|---|
| TESIS | : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO |
| SOLICITANTE | : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA |
| MUESTRA | : CON 8% DE ADITIVO SIKA DUST SEAT |
| UBICACIÓN | : CIUDAD DE PUNO |
| LUGAR | : PROVINCIA DE PUNO - REGIÓN PUNO |
| FECHA | : 20 DE MAYO DEL 2024 |

| | | | | | |
|--------------------|---|---|--------------------------|---|-----------|
| MOLDE No | : | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE | : | 2109 cm3 |
| No DE CAPAS | : | 5 | GOLPES POR CAPA | : | 56 golpes |

| | | | | | |
|----------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 9280 | 9510 | 9570 | 9501 |
| Peso del Molde | gr. | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 |
| Peso del Suelo Húmedo | gr/cm3. | 3280 | 3510 | 3570 | 3501 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cm3. | 1.555 | 1.664 | 1.693 | 1.660 |

| Capsula No | No | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|--------------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 340.78 | 359.81 | 342.15 | 374.15 | 372.15 | 348.15 | 518.41 | 470.81 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 319.48 | 337.25 | 315.67 | 344.37 | 338.48 | 315.93 | 460.55 | 420.24 |
| Peso del Agua | gr. | 21.30 | 22.56 | 26.48 | 29.78 | 33.67 | 32.22 | 57.86 | 50.57 |
| Peso de la Capsula | gr. | 39.25 | 38.38 | 38.71 | 38.90 | 39.10 | 39.34 | 38.66 | 37.27 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 280.23 | 298.87 | 276.96 | 305.47 | 299.38 | 276.59 | 421.89 | 382.97 |
| % de Humedad | % | 7.60% | 7.55% | 9.56% | 9.75% | 11.25% | 11.65% | 13.71% | 13.20% |
| Promedio de Humedad | % | 7.57% | | 9.65% | | 11.45% | | 13.46% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.446 | | 1.518 | | 1.519 | | 1.463 | |

| | | | | |
|----------------|---------------------------------|-----------------------------|---|--------------|
| METODO: | ASTM D - 1557 MODIFICADO "C" | MAXIMA DENSIDAD SECA | : | 1.525 gr/cm3 |
| | | HUMEDAD OPTIMA | : | 10.58% |



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

UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO
M.S.C.A.
J.P.FARRERA
JULIACA - PERU

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

| | |
|--------------------|---|
| TESIS | : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO |
| SOLICITANTE | : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA |
| MUESTRA | : CON 8% DE ADITIVO SIKA DUST SEAT |
| UBICACIÓN | : CIUDAD DE PUNO |
| LUGAR | : PROVINCIA DE PUNO - REGIÓN PUNO |
| FECHA | : 20 DE MAYO DEL 2024 |

| MOLDE No | III | | II | | I | |
|---------------------------|---------------------------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
| | No DE CAPAS | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| NUMERO DE GOLPES POR CAPA | 12 | | 25 | | 56 | |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR |
| | Peso Suelo Humedo + Molde | gr. 10849 | 10391 | 10937 | 10672 | 11120 |
| Peso del Molde | gr. 6691 | 6691 | 6740 | 6740 | 6750 | 6750 |
| Peso del Suelo Humedo | gr. 4158 | 3700 | 4197 | 3932 | 4370 | 4222 |
| Volumen del Suelo | cc. 2101.36 | 2101.36 | 2113.98 | 2113.98 | 2116.87 | 2116.87 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cc. 1.979 | 1.761 | 1.985 | 1.860 | 2.064 | 1.994 |

| Capsula No | No | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------|--------------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------------|--------|--------|--------------|--|--|--------------|--|--|--------------|--|--|
| | | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. | | | | | | | | | |
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 290.33 | 261.17 | 324.01 | 282.29 | 268.33 | 276.03 | 266.39 | 280.49 | 306.11 | | | | | | | | | |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 265.87 | 242.86 | 310.93 | 264.03 | 253.58 | 264.92 | 251.45 | 265.65 | 294.22 | | | | | | | | | |
| Peso del Agua | gr. | 24.46 | 18.31 | 13.08 | 18.26 | 14.75 | 11.11 | 14.94 | 14.84 | 11.89 | | | | | | | | | |
| Peso de la Capsula | gr. | 38.75 | 39.17 | 39.02 | 39.96 | 39.40 | 38.01 | 38.50 | 38.69 | 38.02 | | | | | | | | | |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 227.12 | 203.69 | 271.91 | 224.07 | 214.18 | 226.91 | 212.95 | 226.96 | 256.20 | | | | | | | | | |
| % de Humedad | % | 10.77% | 8.99% | 4.81% | 8.15% | 6.89% | 4.90% | 7.02% | 6.54% | 4.64% | | | | | | | | | |
| Promedio de Humedad | % | 9.88% | | | 4.81% | | | 7.52% | | | 4.90% | | | 6.78% | | | 4.64% | | |
| Densidad del Suelo Seco | gr/cc. | 1.801 | | | 1.680 | | | 1.847 | | | 1.773 | | | 1.933 | | | 1.906 | | |

EXPANSION

| Fecha | Hora | Tiempo | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | |
|------------|-------------|----------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 13/05/2024 | 09:00: a.m. | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 0 |
| 14/05/2024 | 09:00: a.m. | 24:00:00 | 0.53 | 0.01 | 0.01 | 0.48 | 0.01 | 0.01 | 0.30 | 0.01 | 0.01 |
| 15/05/2024 | 09:00: a.m. | 48:00:00 | 0.56 | 0.01 | 0.01 | 0.50 | 0.01 | 0.01 | 0.33 | 0.01 | 0.01 |
| 16/05/2024 | 09:00: a.m. | 72:00:00 | 0.59 | 0.01 | 0.01 | 0.52 | 0.01 | 0.01 | 0.35 | 0.01 | 0.01 |
| 17/05/2024 | 09:00: a.m. | 96:00:00 | 0.60 | 0.02 | 0.01 | 0.53 | 0.01 | 0.01 | 0.34 | 0.01 | 0.01 |

PENETRACION

| Penetración mm | Tiempo | Carga Est. | MOLDE No III | | | | MOLDE No II | | | | MOLDE No I | | | |
|----------------|--------|------------|--------------|-------|--------|---------|-------------|------|--------|---------|------------|------|--------|---------|
| | | | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. |
| 0.00 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 0.63 | 00:30 | | 18.40 | 103.2 | 5.2 | | 78.60 | 359 | 18.1 | | 65.00 | 301 | 15.2 | |
| 1.27 | 01:00 | | 38.10 | 186.8 | 9.4 | | 108.30 | 485 | 24.5 | | 123.10 | 548 | 27.7 | |
| 1.91 | 01:30 | | 48.50 | 231.0 | 11.7 | | 134.60 | 596 | 30.1 | | 183.40 | 804 | 40.6 | |
| 2.54 | 02:00 | 70.31 | 56.30 | 264.1 | 13.3 | | 149.00 | 658 | 33.2 | | 224.20 | 977 | 49.4 | |
| 3.81 | 03:00 | | 74.90 | 343.0 | 17.3 | | 173.20 | 760 | 38.4 | | 263.20 | 1142 | 57.7 | |
| 5.09 | 04:00 | 105.00 | 85.30 | 387.2 | 19.6 | | 189.00 | 827 | 41.8 | | 302.30 | 1308 | 66.1 | |
| 6.35 | 05:00 | | 93.00 | 419.9 | 21.2 | | 201.20 | 879 | 44.4 | | 341.50 | 1475 | 74.5 | |
| 7.62 | 06:00 | | 102.60 | 460.6 | 23.3 | | 215.30 | 939 | 47.5 | | 362.20 | 1562 | 79.0 | |
| 8.84 | 07:00 | | | | | | | | | | | | | |
| 10.16 | 08:00 | | | | | | | | | | | | | |

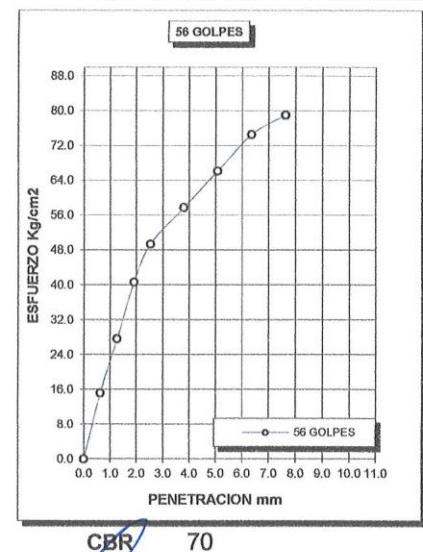
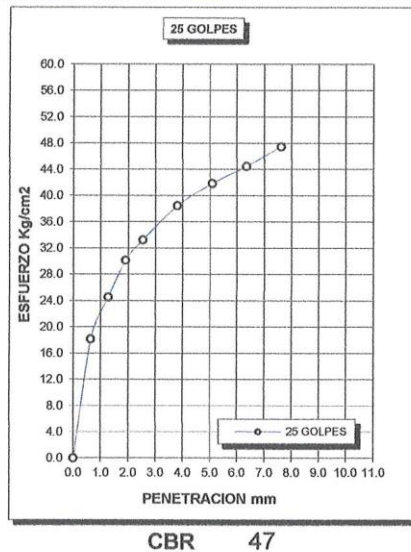
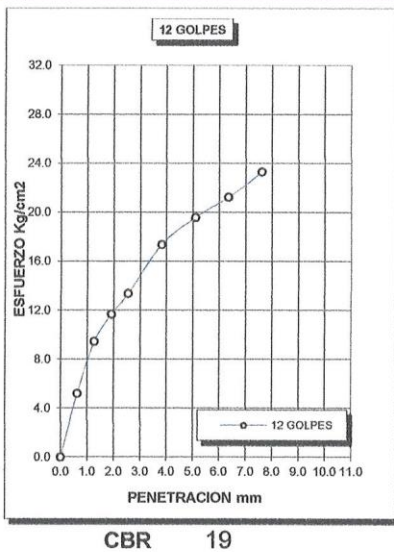
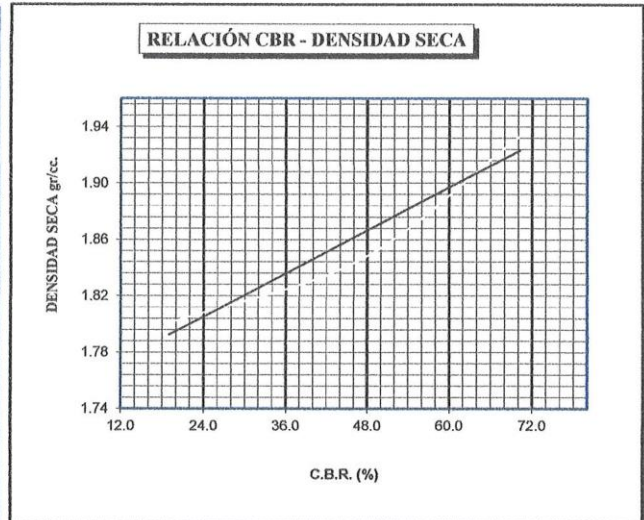
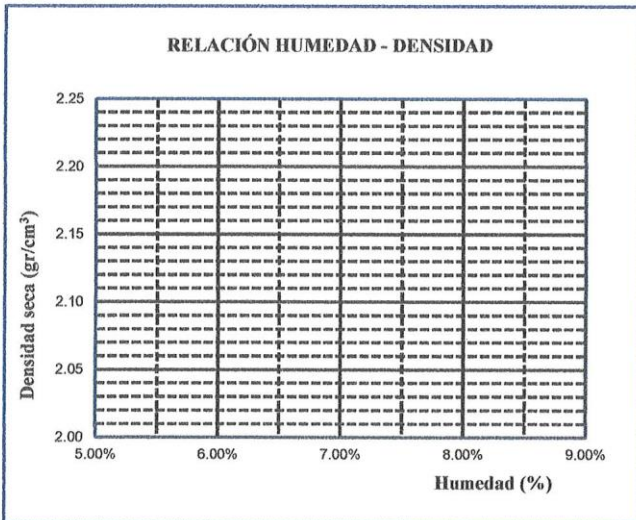
UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A.
JEFATURA
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
C.I.D. 408857



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



| | | |
|--------------------|---|---|
| TESIS | : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO | METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 |
| SOLICITANTE | : : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.) 1.525 |
| MUESTRA | : CON 8% DE ADITIVO SIKA DUST SEAT | HUMEDAD OPTIMA (%) 10.58% |
| UBICACIÓN | : CIUDAD DE PUNO | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 70.22 |
| LUGAR | : PROVINCIA DE PUNO - REGIÓN PUNO | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 47.27 |
| FECHA | : : 20 DE MAYO DEL 2024 | CLASIFICACIÓN : |
| | | AASHTO : : A-1-a (0) |
| | | EMBEBIDO : 4 DIAS |



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

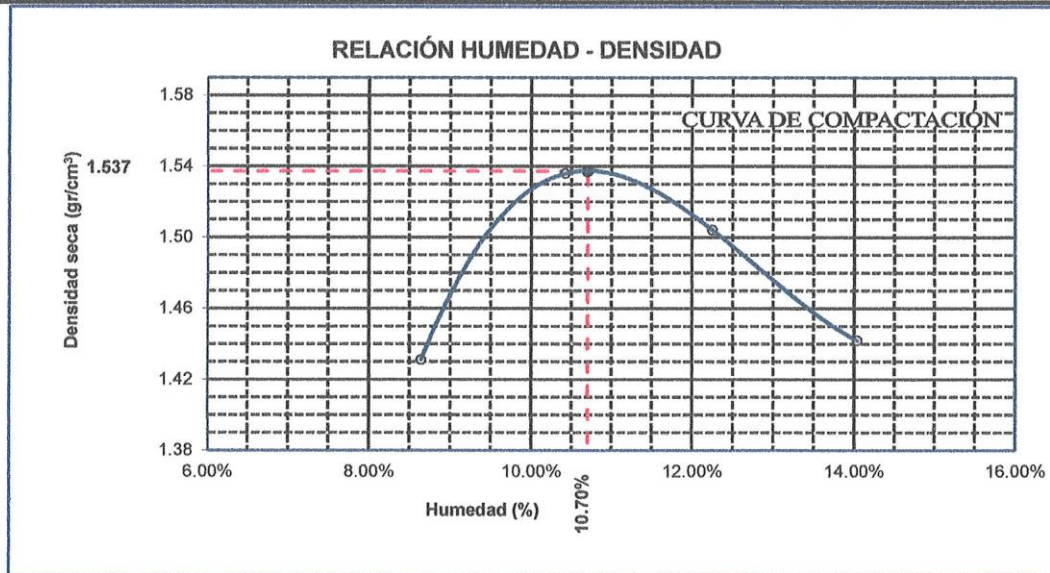
| | |
|--------------------|---|
| TESIS | : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO |
| SOLICITANTE | : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA |
| MUESTRA | : CON 6% DE ADITIVO SIKA DUST SEAT |
| UBICACIÓN | : CIUDAD DE PUNO |
| LUGAR | : PROVINCIA DE PUNO - REGIÓN PUNO |
| FECHA | : 20 DE MAYO DEL 2024 |

| | | | | | |
|--------------------|---|---|--------------------------|---|----------------------|
| MOLDE No | : | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE | : | 2109 cm ³ |
| No DE CAPAS | : | 5 | GOLPES POR CAPA | : | 56 golpes |

| | | | | | |
|----------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 9279 | 9577 | 9561 | 9468 |
| Peso del Molde | gr. | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 |
| Peso del Suelo Húmedo | gr/cm ³ . | 3279 | 3577 | 3561 | 3468 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cm ³ . | 1.555 | 1.696 | 1.688 | 1.644 |

| Capsula No | No | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|--------------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 350.51 | 372.72 | 352.23 | 385.65 | 384.76 | 358.20 | 528.83 | 482.92 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 326.60 | 345.23 | 323.44 | 352.03 | 346.64 | 323.78 | 468.49 | 428.07 |
| Peso del Agua | gr. | 23.91 | 27.49 | 28.79 | 33.62 | 38.12 | 34.42 | 60.34 | 54.85 |
| Peso de la Capsula | gr. | 39.25 | 38.38 | 38.71 | 38.90 | 39.10 | 39.34 | 38.66 | 37.27 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 287.35 | 306.85 | 284.73 | 313.13 | 307.54 | 284.44 | 429.83 | 390.80 |
| % de Humedad | % | 8.32% | 8.96% | 10.11% | 10.74% | 12.40% | 12.10% | 14.04% | 14.04% |
| Promedio de Humedad | % | 8.64% | | 10.42% | | 12.25% | | 14.04% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.431 | | 1.536 | | 1.504 | | 1.442 | |

| | | | | |
|----------------|---------------------------------|-----------------------------|---|--------------------------|
| METODO: | ASTM D - 1557 MODIFICADO "C" | MAXIMA DENSIDAD SECA | : | 1.537 gr/cm ³ |
| | | HUMEDAD OPTIMA | : | 10.70% |



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

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

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



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

| | |
|--------------------|---|
| TESIS | : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO |
| SOLICITANTE | : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA |
| MUESTRA | : CON 6% DE ADITIVO SIKA DUST SEAT |
| UBICACIÓN | : CIUDAD DE PUNO |
| LUGAR | : PROVINCIA DE PUNO - REGIÓN PUNO |
| FECHA | : 20 DE MAYO DEL 2024 |

| | | | | | | |
|----------------------------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
| MOLDE No | III | | II | | I | |
| No DE CAPAS | 5 | | 5 | | 5 | |
| NUMERO DE GOLPES POR CAPA | 12 | | 25 | | 56 | |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR |

| | | | | | | | |
|----------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 10849 | 10391 | 10937 | 10672 | 11120 | 10972 |
| Peso del Molde | gr. | 6691 | 6691 | 6740 | 6740 | 6750 | 6750 |
| Peso del Suelo Humedo | gr. | 4158 | 3700 | 4197 | 3932 | 4370 | 4222 |
| Volumen del Suelo | cc. | 2101.36 | 2101.36 | 2113.98 | 2113.98 | 2116.87 | 2116.87 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cc. | 1.979 | 1.761 | 1.985 | 1.860 | 2.064 | 1.994 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--|--|-------|--|--|-------|--|--|
| Capsula No | No | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 290.33 | 261.17 | 324.01 | 282.29 | 268.33 | 276.03 | 266.39 | 280.49 | 306.11 | | | | | | | | | |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 265.87 | 242.86 | 310.93 | 264.03 | 253.58 | 264.92 | 251.45 | 265.65 | 294.22 | | | | | | | | | |
| Peso del Agua | gr. | 24.46 | 18.31 | 13.08 | 18.26 | 14.75 | 11.11 | 14.94 | 14.84 | 11.89 | | | | | | | | | |
| Peso de la Capsula | gr. | 38.75 | 39.17 | 39.02 | 39.96 | 39.40 | 38.01 | 38.50 | 38.69 | 38.02 | | | | | | | | | |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 227.12 | 203.69 | 271.91 | 224.07 | 214.18 | 226.91 | 212.95 | 226.96 | 256.20 | | | | | | | | | |
| % de Humedad | % | 10.77% | 8.99% | 4.81% | 8.15% | 6.89% | 4.90% | 7.02% | 6.54% | 4.64% | | | | | | | | | |
| Promedio de Humedad | % | 9.88% | | | 4.81% | | | 7.52% | | | 4.90% | | | 6.78% | | | 4.64% | | |
| Densidad del Suelo Seco | gr/cc. | 1.801 | | | 1.680 | | | 1.847 | | | 1.773 | | | 1.933 | | | 1.906 | | |

EXPANSION

| Fecha | Hora | Tiempo | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | |
|------------|-------------|----------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 13/05/2024 | 08:00: a.m. | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 0 |
| 14/05/2024 | 08:00: a.m. | 24:00:00 | 0.53 | 0.01 | 0.01 | 0.48 | 0.01 | 0.01 | 0.30 | 0.01 | 0.01 |
| 15/05/2024 | 08:00: a.m. | 48:00:00 | 0.56 | 0.01 | 0.01 | 0.50 | 0.01 | 0.01 | 0.33 | 0.01 | 0.01 |
| 16/05/2024 | 08:00: a.m. | 72:00:00 | 0.59 | 0.01 | 0.01 | 0.52 | 0.01 | 0.01 | 0.35 | 0.01 | 0.01 |
| 17/05/2024 | 08:00: a.m. | 96:00:00 | 0.60 | 0.02 | 0.01 | 0.53 | 0.01 | 0.01 | 0.34 | 0.01 | 0.01 |

PENETRACION

| Penetración mm | Tiempo | Carga Est. | MOLDE No III | | | | MOLDE No II | | | | MOLDE No I | | | |
|----------------|--------|------------|--------------|-------|--------|---------|-------------|------|--------|---------|------------|------|--------|---------|
| | | | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. |
| 0.00 | 0:00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 0.63 | 00:30 | | 18.40 | 103.2 | 5.2 | | 78.60 | 359 | 18.1 | | 65.00 | 301 | 15.2 | |
| 1.27 | 01:00 | | 38.10 | 186.8 | 9.4 | | 108.30 | 485 | 24.5 | | 123.10 | 548 | 27.7 | |
| 1.91 | 01:30 | | 48.50 | 231.0 | 11.7 | | 134.60 | 596 | 30.1 | | 183.40 | 804 | 40.6 | |
| 2.54 | 02:00 | 70.31 | 56.30 | 264.1 | 13.3 | | 149.00 | 658 | 33.2 | | 224.20 | 977 | 49.4 | |
| 3.81 | 03:00 | | 74.90 | 343.0 | 17.3 | | 173.20 | 760 | 38.4 | | 263.20 | 1142 | 57.7 | |
| 5.09 | 04:00 | 105.00 | 85.30 | 387.2 | 19.6 | | 189.00 | 827 | 41.8 | | 302.30 | 1308 | 66.1 | |
| 6.35 | 05:00 | | 93.00 | 419.9 | 21.2 | | 201.20 | 879 | 44.4 | | 341.50 | 1475 | 74.5 | |
| 7.62 | 06:00 | | 102.60 | 460.6 | 23.3 | | 215.30 | 939 | 47.5 | | 362.20 | 1562 | 79.0 | |
| 8.84 | 07:00 | | | | | | | | | | | | | |
| 10.16 | 08:00 | | | | | | | | | | | | | |

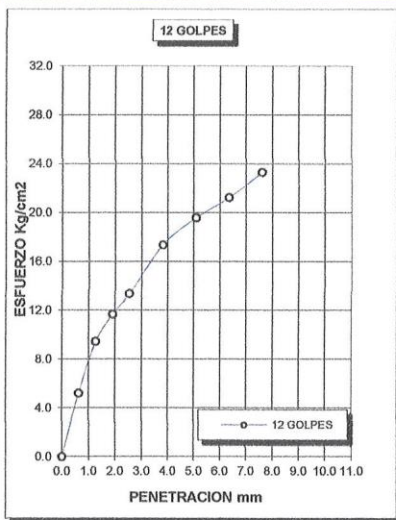
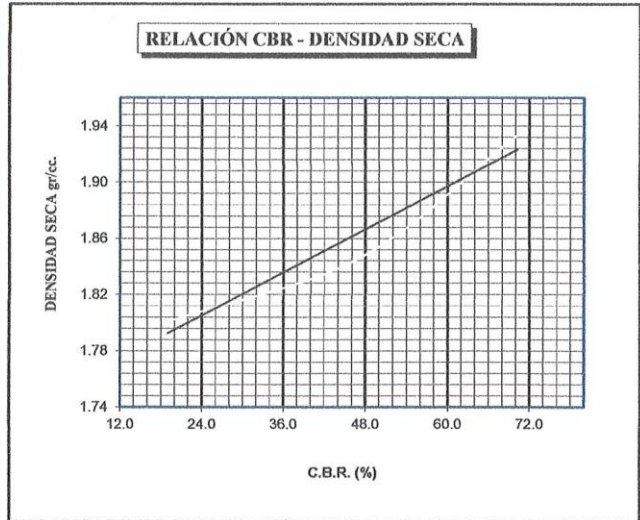
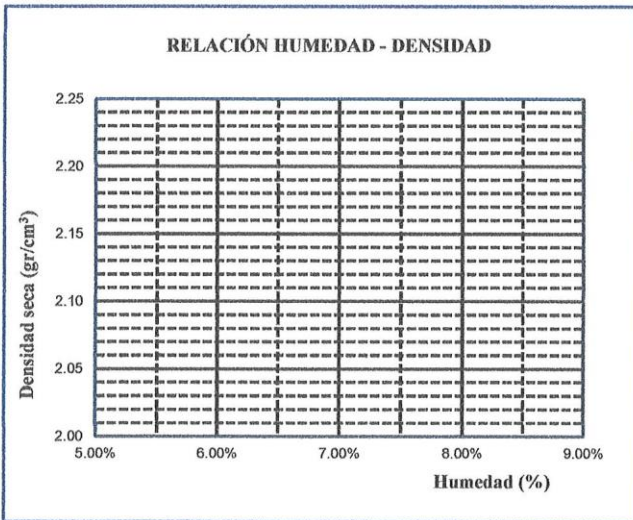
UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A.
JEFATURA
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257



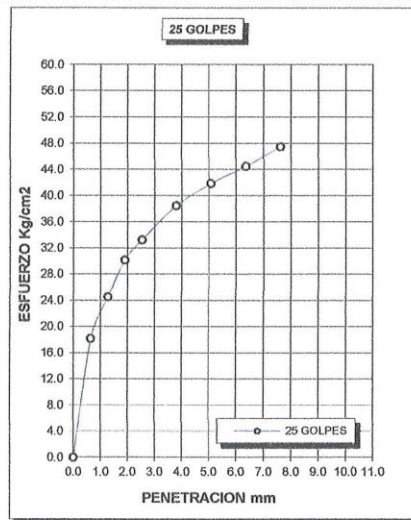
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



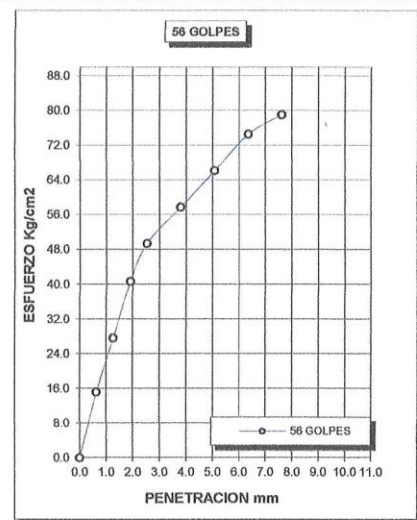
| | | |
|--------------------|---|---|
| TESIS | : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO | METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 |
| SOLICITANTE | : : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.) 1.537 |
| MUESTRA | : CON 6% DE ADITIVO SIKA DUST SEAT | HUMEDAD OPTIMA (%) 10.70% |
| UBICACIÓN | : CIUDAD DE PUNO | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 70.22 |
| LUGAR | : PROVINCIA DE PUNO - REGIÓN PUNO | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 47.27 |
| FECHA | : : 20 DE MAYO DEL 2024 | CLASIFICACIÓN : |
| | | AASHTO : : A-1-a (0) |
| | | EMBEBIDO : 4 DIAS |



CBR 19



CBR 47



CBR 70

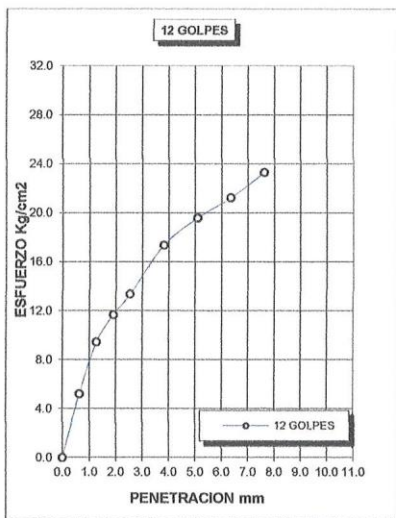
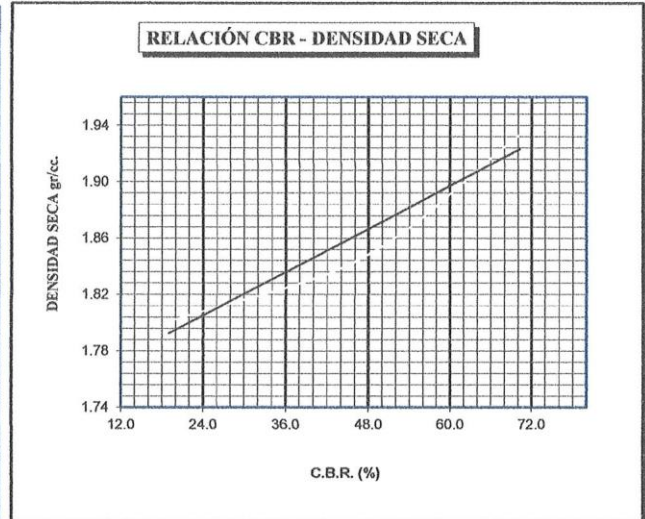
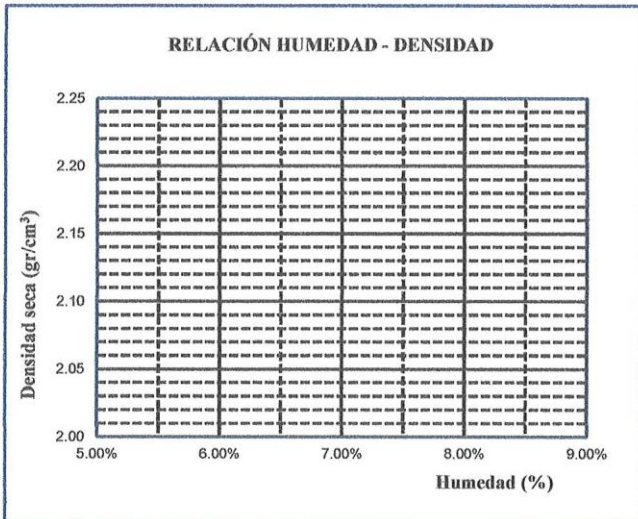
UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A.
 JEFATURA
 Mgr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257



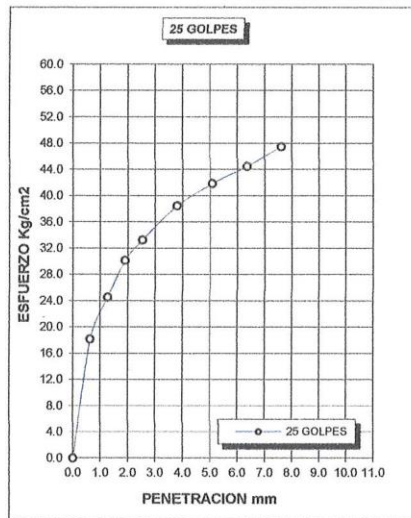
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



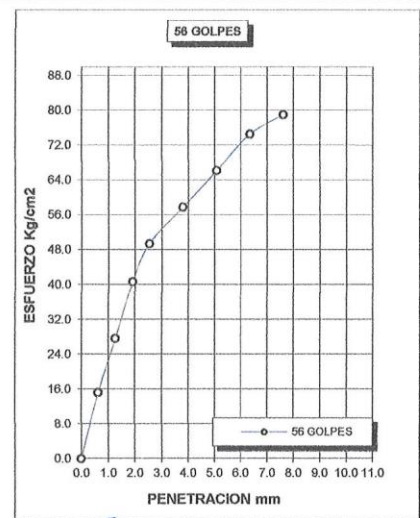
| | | |
|--------------------|---|---|
| TESIS | : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO | METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 |
| SOLICITANTE | : : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.) 1.553 |
| MUESTRA | : CON 4% DE ADITIVO SIKA DUST SEAT | HUMEDAD OPTIMA (%) 10.55% |
| UBICACIÓN | : CIUDAD DE PUNO | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 70.22 |
| LUGAR | : PROVINCIA DE PUNO - REGIÓN PUNO | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 47.27 |
| FECHA | : : 20 DE MAYO DEL 2024 | CLASIFICACIÓN : |
| | | AASHTO : : A-1-a (0) |
| | | EMBEBIDO : 4 DIAS |



CBR 19



CBR 47



CBR 70



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

| | |
|--------------------|---|
| TESIS | : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO |
| SOLICITANTE | : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA |
| MUESTRA | : CON 4% DE ADITIVO SIKA DUST SEAT |
| UBICACIÓN | : CIUDAD DE PUNO |
| LUGAR | : PROVINCIA DE PUNO - REGIÓN PUNO |
| FECHA | : 20 DE MAYO DEL 2024 |

| | | | | | | |
|----------------------------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
| MOLDE No | III | | II | | I | |
| No DE CAPAS | 5 | | 5 | | 5 | |
| NUMERO DE GOLPES POR CAPA | 12 | | 25 | | 56 | |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR |

| | | | | | | | |
|----------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 10849 | 10391 | 10937 | 10672 | 11120 | 10972 |
| Peso del Molde | gr. | 6691 | 6691 | 6740 | 6740 | 6750 | 6750 |
| Peso del Suelo Humedo | gr. | 4158 | 3700 | 4197 | 3932 | 4370 | 4222 |
| Volumen del Suelo | cc. | 2101.36 | 2101.36 | 2113.98 | 2113.98 | 2116.87 | 2116.87 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cc. | 1.979 | 1.761 | 1.985 | 1.860 | 2.064 | 1.994 |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--|--|-------|--|--|-------|--|--|
| Capsula No | No | 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 290.33 | 261.17 | 324.01 | 282.29 | 268.33 | 276.03 | 266.39 | 280.49 | 306.11 | | | | | | | | | |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 265.87 | 242.86 | 310.93 | 264.03 | 253.58 | 264.92 | 251.45 | 265.65 | 294.22 | | | | | | | | | |
| Peso del Agua | gr. | 24.46 | 18.31 | 13.08 | 18.26 | 14.75 | 11.11 | 14.94 | 14.84 | 11.89 | | | | | | | | | |
| Peso de la Capsula | gr. | 38.75 | 39.17 | 39.02 | 39.96 | 39.40 | 38.01 | 38.50 | 38.69 | 38.02 | | | | | | | | | |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 227.12 | 203.69 | 271.91 | 224.07 | 214.18 | 226.91 | 212.95 | 226.96 | 256.20 | | | | | | | | | |
| % de Humedad | % | 10.77% | 8.99% | 4.81% | 8.15% | 6.89% | 4.90% | 7.02% | 6.54% | 4.64% | | | | | | | | | |
| Promedio de Humedad | % | 9.88% | | | 4.81% | | | 7.52% | | | 4.90% | | | 6.78% | | | 4.64% | | |
| Densidad del Suelo Seco | gr/cc. | 1.801 | | | 1.680 | | | 1.847 | | | 1.773 | | | 1.933 | | | 1.906 | | |

EXPANSION

| Fecha | Hora | Tiempo | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | |
|------------|-------------|----------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 13/05/2024 | 10:00: a.m. | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 0 |
| 14/05/2024 | 10 00: a.m. | 24:00:00 | 0.53 | 0.01 | 0.01 | 0.48 | 0.01 | 0.01 | 0.30 | 0.01 | 0.01 |
| 15/05/2024 | 10 00: a.m. | 48:00:00 | 0.56 | 0.01 | 0.01 | 0.50 | 0.01 | 0.01 | 0.33 | 0.01 | 0.01 |
| 16/05/2024 | 10 00: a.m. | 72:00:00 | 0.59 | 0.01 | 0.01 | 0.52 | 0.01 | 0.01 | 0.35 | 0.01 | 0.01 |
| 17/05/2024 | 10:00: a.m. | 96:00:00 | 0.60 | 0.02 | 0.01 | 0.53 | 0.01 | 0.01 | 0.34 | 0.01 | 0.01 |

PENETRACION

| Penetración mm | Tiempo | Carga Est. | MOLDE No III | | | | MOLDE No II | | | | MOLDE No I | | | |
|----------------|--------|------------|--------------|-------|--------|---------|-------------|------|--------|---------|------------|------|--------|---------|
| | | | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. |
| 0.00 | 0:00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 0.63 | 00:30 | | 18.40 | 103.2 | 5.2 | | 78.60 | 359 | 18.1 | | 65.00 | 301 | 15.2 | |
| 1.27 | 01:00 | | 38.10 | 186.8 | 9.4 | | 108.30 | 485 | 24.5 | | 123.10 | 548 | 27.7 | |
| 1.91 | 01:30 | | 48.50 | 231.0 | 11.7 | | 134.60 | 596 | 30.1 | | 183.40 | 804 | 40.6 | |
| 2.54 | 02:00 | 70.31 | 56.30 | 264.1 | 13.3 | | 149.00 | 658 | 33.2 | | 224.20 | 977 | 49.4 | |
| 3.81 | 03:00 | | 74.90 | 343.0 | 17.3 | | 173.20 | 760 | 38.4 | | 263.20 | 1142 | 57.7 | |
| 5.09 | 04:00 | 105.00 | 85.30 | 387.2 | 19.6 | | 189.00 | 827 | 41.8 | | 302.30 | 1308 | 66.1 | |
| 6.35 | 05:00 | | 93.00 | 419.9 | 21.2 | | 201.20 | 879 | 44.4 | | 341.50 | 1475 | 74.5 | |
| 7.62 | 06:00 | | 102.60 | 460.6 | 23.3 | | 215.30 | 939 | 47.5 | | 362.20 | 1562 | 79.0 | |
| 8.84 | 07:00 | | | | | | | | | | | | | |
| 10.16 | 08:00 | | | | | | | | | | | | | |

UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M S C A P DE PUNO JULIACA ZENON

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIF/ 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

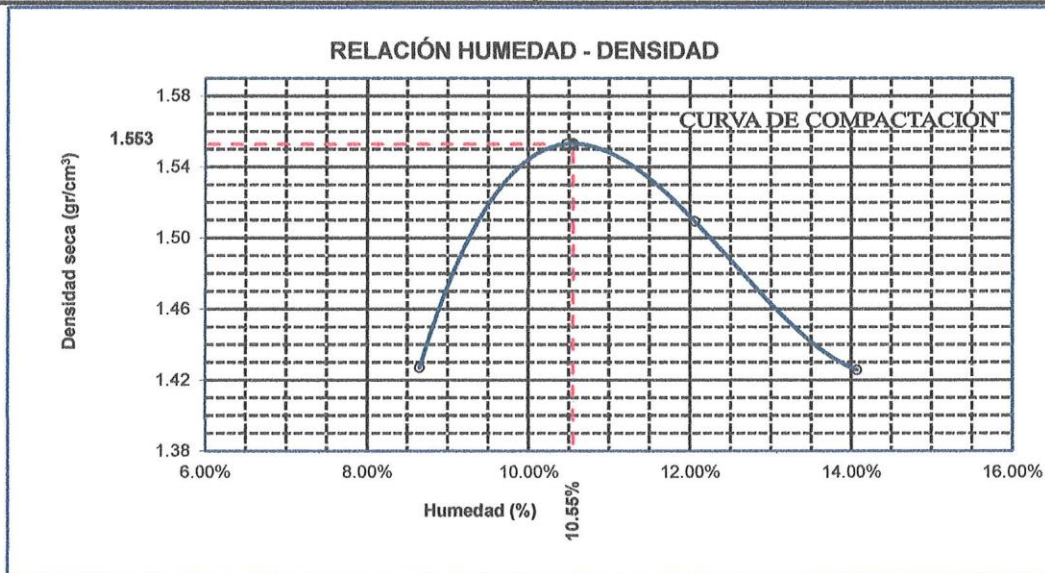
| | |
|--------------------|---|
| TESIS | : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO |
| SOLICITANTE | : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA |
| MUESTRA | : CON 4% DE ADITIVO SIKA DUST SEAT |
| UBICACIÓN | : CIUDAD DE PUNO |
| LUGAR | : PROVINCIA DE PUNO - REGIÓN PUNO |
| FECHA | : 20 DE MAYO DEL 2024 |

| | | | | | |
|--------------------|---|---|--------------------------|---|----------------------|
| MOLDE No | : | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE | : | 2109 cm ³ |
| No DE CAPAS | : | 5 | GOLPES POR CAPA | : | 56 golpes |

| | | | | | |
|---------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 9270 | 9618 | 9567 | 9430 |
| Peso del Molde | gr. | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 |
| Peso del Suelo Húmedo | gr/cm ³ . | 3270 | 3618 | 3567 | 3430 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cm ³ . | 1.550 | 1.716 | 1.691 | 1.626 |

| Capsula No | No | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|--------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 345.67 | 367.67 | 347.13 | 380.70 | 377.35 | 353.12 | 523.50 | 477.49 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 322.48 | 340.19 | 318.72 | 347.41 | 341.53 | 318.81 | 463.57 | 423.30 |
| Peso del Agua | gr. | 23.19 | 27.48 | 28.41 | 33.29 | 35.82 | 34.31 | 59.93 | 54.19 |
| Peso de la Capsula | gr. | 39.25 | 38.38 | 38.71 | 38.90 | 39.10 | 39.34 | 38.66 | 37.27 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 283.23 | 301.81 | 280.01 | 308.51 | 302.43 | 279.47 | 424.91 | 386.03 |
| % de Humedad | % | 8.19% | 9.11% | 10.15% | 10.79% | 11.84% | 12.28% | 14.10% | 14.04% |
| Promedio de Humedad | % | 8.65% | | 10.47% | | 12.06% | | 14.07% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.427 | | 1.553 | | 1.509 | | 1.426 | |

| | | | | |
|----------------|---------------------------------|-----------------------------|---|--------------------------|
| METODO: | ASTM D - 1557 MODIFICADO "C" | MAXIMA DENSIDAD SECA | : | 1.553 gr/cm ³ |
| | | HUMEDAD OPTIMA | : | 10.55% |



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

UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A.
JEFATURA
JULIACA PUNO

Mg^a ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

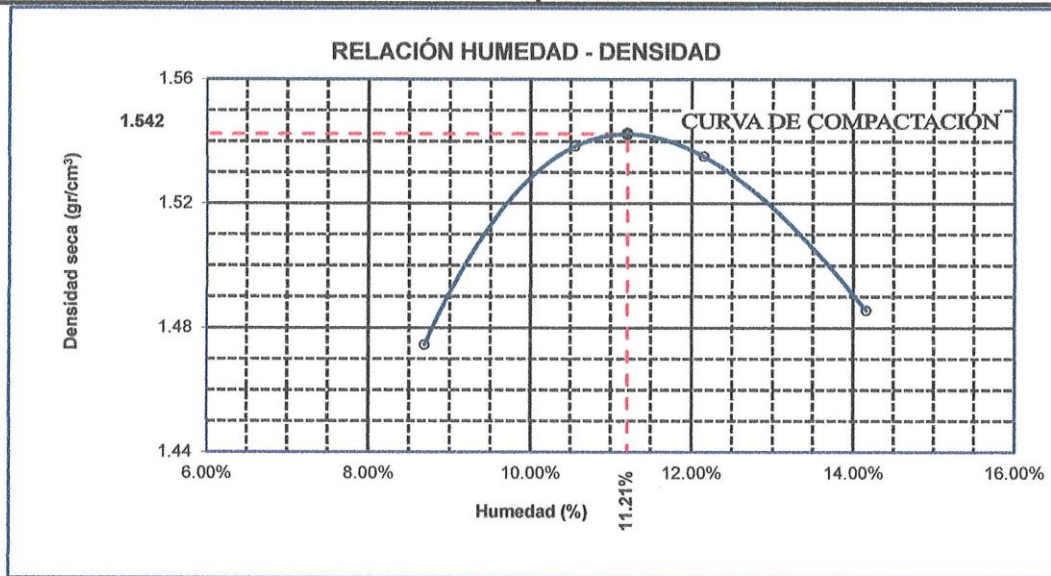
| | |
|--------------------|---|
| TESIS | : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO |
| SOLICITANTE | : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA |
| MUESTRA | : CON 2% DE ADITIVO SIKA DUST SEAT |
| UBICACIÓN | : CIUDAD DE PUNO |
| LUGAR | : PROVINCIA DE PUNO - REGIÓN PUNO |
| FECHA | : 20 DE MAYO DEL 2024 |

| | | | | | |
|--------------------|---|---|--------------------------|---|----------------------|
| MOLDE No | : | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE | : | 2109 cm ³ |
| No DE CAPAS | : | 5 | GOLPES POR CAPA | : | 56 golpes |

| | | | | | |
|----------------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 9380 | 9587 | 9631 | 9577 |
| Peso del Molde | gr. | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 |
| Peso del Suelo Húmedo | gr/cm ³ . | 3380 | 3587 | 3631 | 3577 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cm ³ . | 1.603 | 1.701 | 1.722 | 1.696 |

| Capsula No | No | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|--------------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 342.56 | 364.56 | 344.02 | 377.59 | 374.34 | 350.01 | 520.39 | 474.38 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 319.48 | 337.25 | 315.67 | 344.37 | 338.48 | 315.93 | 460.55 | 420.24 |
| Peso del Agua | gr. | 23.08 | 27.31 | 28.35 | 33.22 | 35.86 | 34.08 | 59.84 | 54.14 |
| Peso de la Capsula | gr. | 39.25 | 38.38 | 38.71 | 38.90 | 39.10 | 39.34 | 38.66 | 37.27 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 280.23 | 298.87 | 276.96 | 305.47 | 299.38 | 276.59 | 421.89 | 382.97 |
| % de Humedad | % | 8.24% | 9.14% | 10.24% | 10.88% | 11.98% | 12.32% | 14.18% | 14.14% |
| Promedio de Humedad | % | 8.69% | | 10.56% | | 12.15% | | 14.16% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.475 | | 1.538 | | 1.535 | | 1.486 | |

| | | | | |
|----------------|---------------------------------|-----------------------------|---|--------------------------|
| METODO: | ASTM D - 1557 MODIFICADO "C" | MAXIMA DENSIDAD SECA | : | 1.542 gr/cm ³ |
| | | HUMEDAD OPTIMA | : | 11.21% |



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

UANCV - FIOP
CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

Mgtr. ARNALDO YANATORRES
CIP 103257



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

| | |
|--------------------|---|
| TESIS | : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO |
| SOLICITANTE | : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA |
| MUESTRA | : CON 2% DE ADITIVO SIKA DUST SEAT |
| UBICACIÓN | : CIUDAD DE PUNO |
| LUGAR | : PROVINCIA DE PUNO - REGIÓN PUNO |
| FECHA | : 20 DE MAYO DEL 2024 |

| | | | | | | | |
|----------------------------------|--|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
| MOLDE No | | III | | II | | I | |
| No DE CAPAS | | 5 | | 5 | | 5 | |
| NUMERO DE GOLPES POR CAPA | | 12 | | 25 | | 56 | |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA | | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR |

| | | | | | | | |
|----------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 11068 | 10551 | 11205 | 10890 | 11315 | 11225 |
| Peso del Molde | gr. | 6795 | 6795 | 6744 | 6744 | 6785 | 6785 |
| Peso del Suelo Humedo | gr. | 4273 | 3756 | 4461 | 4146 | 4530 | 4440 |
| Volumen del Suelo | cc. | 2104.81 | 2104.81 | 2101.91 | 2101.91 | 2096.50 | 2096.50 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cc. | 2.030 | 1.784 | 2.122 | 1.972 | 2.161 | 2.118 |

| | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Capsula No | No | 4 | | | | | | | | |
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 202.28 | 254.47 | 317.00 | 267.30 | 272.59 | 315.00 | 247.17 | 276.50 | 337.00 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 174.20 | 217.60 | 290.80 | 231.51 | 236.20 | 286.14 | 218.52 | 243.96 | 304.89 |
| Peso del Agua | gr. | 28.08 | 36.87 | 26.20 | 35.79 | 36.39 | 28.86 | 28.65 | 32.54 | 32.11 |
| Peso de la Capsula | gr. | 37.53 | 38.88 | 39.00 | 39.06 | 38.16 | 37.00 | 37.99 | 38.69 | 39.24 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 136.67 | 178.72 | 251.80 | 192.45 | 198.04 | 249.14 | 180.53 | 205.27 | 265.65 |
| % de Humedad | % | 20.55% | 20.63% | 10.41% | 18.60% | 18.38% | 11.58% | 15.87% | 15.85% | 12.08% |
| Promedio de Humedad | % | 20.59% | | 10.41% | 18.49% | | 11.58% | 15.86% | | 12.09% |
| Densidad del Suelo Seco | gr/cc. | 1.684 | | 1.616 | 1.791 | | 1.768 | 1.865 | | 1.889 |

EXPANSION

| Fecha | Hora | Tiempo | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | |
|------------|-------------|----------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 13/05/2024 | 10:00: a.m. | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 0 |
| 14/05/2024 | 10 00: a.m. | 24:00:00 | 0.62 | 0.02 | 0.01 | 0.56 | 0.01 | 0.01 | 0.54 | 0.01 | 0.01 |
| 15/05/2024 | 10 00: a.m. | 48:00:00 | 0.69 | 0.02 | 0.01 | 0.59 | 0.01 | 0.01 | 0.58 | 0.01 | 0.01 |
| 16/05/2024 | 10 00: a.m. | 72:00:00 | 0.83 | 0.02 | 0.02 | 0.62 | 0.02 | 0.01 | 0.60 | 0.02 | 0.01 |
| 17/05/2024 | 10:00: a.m. | 96:00:00 | 0.92 | 0.02 | 0.02 | 0.64 | 0.02 | 0.01 | 0.61 | 0.02 | 0.01 |

PENETRACION

| Penetración mm | Tiempo | Carga Est. | MOLDE No III | | | | MOLDE No II | | | | MOLDE No I | | | |
|----------------|--------|------------|--------------|-------|--------|---------|-------------|------|--------|---------|------------|------|--------|---------|
| | | | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. |
| 0.00 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 0.63 | 00:30 | | 2.20 | 34.5 | 4.8 | | 5.20 | 47 | 6.2 | | 7.30 | 56 | 8.6 | |
| 1.27 | 01:00 | | 6.10 | 51.0 | 7.9 | | 9.60 | 66 | 11.4 | | 13.50 | 82 | 18.7 | |
| 1.91 | 01:30 | | 9.70 | 66.3 | 9.8 | | 13.60 | 83 | 13.7 | | 18.10 | 102 | 22.5 | |
| 2.54 | 02:00 | 70.31 | 11.10 | 72.2 | 10.8 | | 18.30 | 103 | 16.6 | | 23.20 | 124 | 24.6 | |
| 3.81 | 03:00 | | 15.60 | 91.3 | 12.0 | | 24.00 | 127 | 19.4 | | 30.40 | 154 | 26.7 | |
| 5.09 | 04:00 | 105.00 | 18.60 | 104.1 | 12.6 | | 28.60 | 147 | 21.7 | | 38.80 | 190 | 27.9 | |
| 6.35 | 05:00 | | 20.90 | 113.8 | 13.2 | | 32.80 | 164 | 24.0 | | 43.60 | 210 | 28.7 | |
| 7.62 | 06:00 | | 23.80 | 126.1 | 13.5 | | 36.40 | 180 | 25.1 | | 48.40 | 231 | 29.6 | |
| 8.84 | 07:00 | | | | | | | | | | | | | |
| 10.16 | 08:00 | | | | | | | | | | | | | |

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



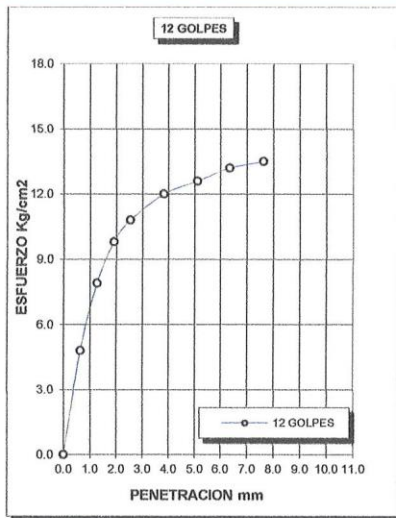
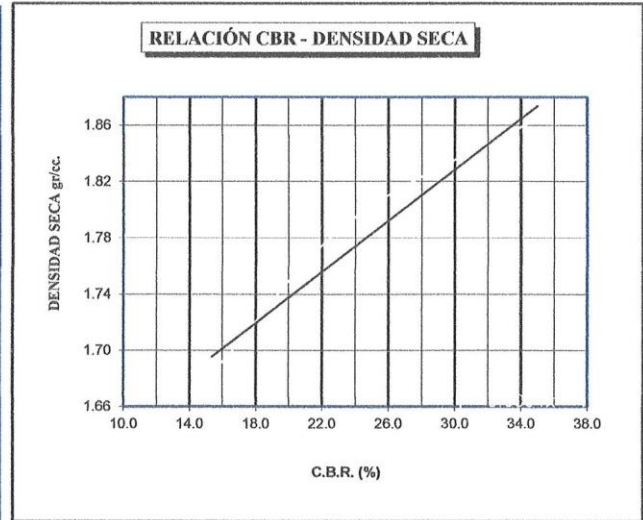
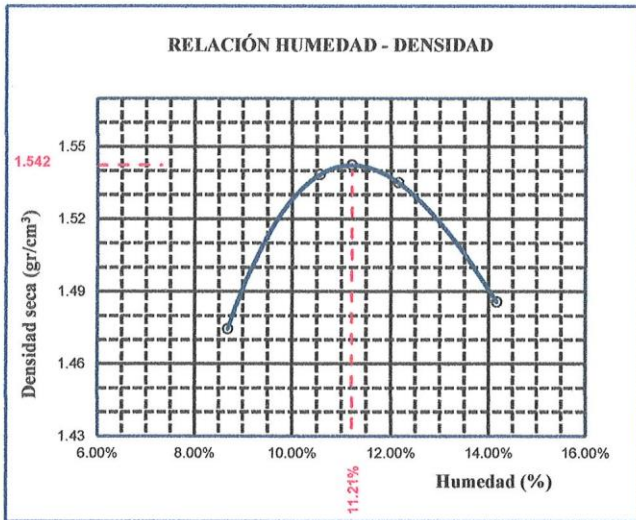
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



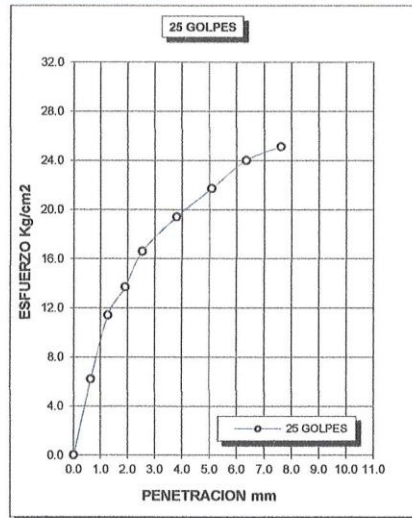
CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)

NORMA ASTM D-1883; MTC E 132

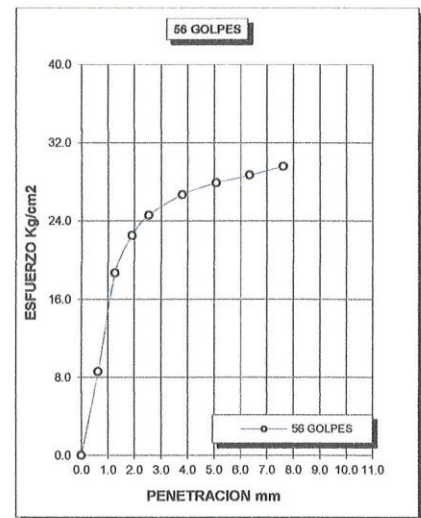
| | | | |
|--------------------|---|--|---------------|
| TESIS | : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO | METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 | |
| | | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) | 1.542 |
| SOLICITANTE | : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA | HUMEDAD OPTIMA (%) | 11.21% |
| MUESTRA | : CON 2% DE ADITIVO SIKA DUST SEAT | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) | 34.99 |
| UBICACIÓN | : CIUDAD DE PUNO | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) | 23.61 |
| LUGAR | : PROVINCIA DE PUNO - REGIÓN PUNO | CLASIFICACIÓN : | |
| FECHA | : 20 DE MAYO DEL 2024 | AASHTO | : : A-2-6 (0) |
| | | EMBEBIDO | : 4 DIAS |



CBR 15



CBR 24



CBR 35

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A.
JEFATURA
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 303257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

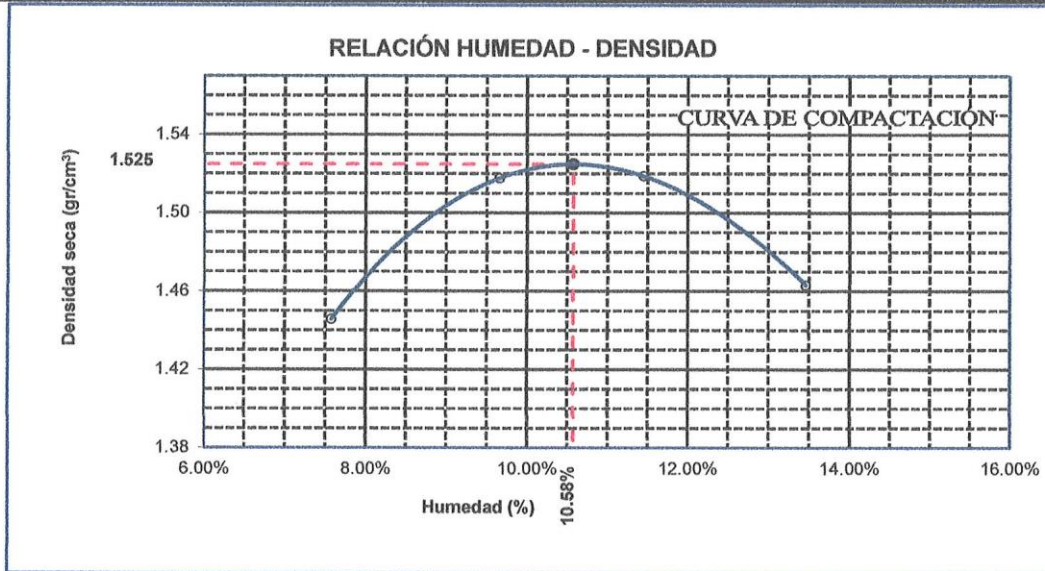
| | |
|--------------------|---|
| TESIS | : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO |
| SOLICITANTE | : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA |
| MUESTRA | : CON 8% DE ADITIVO SIKA DUST SEAT |
| UBICACIÓN | : CIUDAD DE PUNO |
| LUGAR | : PROVINCIA DE PUNO - REGIÓN PUNO |
| FECHA | : 20 DE MAYO DEL 2024 |

| | | | | | |
|--------------------|---|---|--------------------------|---|----------------------|
| MOLDE No | : | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE | : | 2109 cm ³ |
| No DE CAPAS | : | 5 | GOLPES POR CAPA | : | 56 golpes |

| | | | | | |
|---------------------------|----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 9280 | 9510 | 9570 | 9501 |
| Peso del Molde | gr. | 6000 | 6000 | 6000 | 6000 |
| Peso del Suelo Húmedo | gr/cm ³ . | 3280 | 3510 | 3570 | 3501 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cm ³ . | 1.555 | 1.664 | 1.693 | 1.660 |

| Capsula No | No | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|--------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 340.78 | 359.81 | 342.15 | 374.15 | 372.15 | 348.15 | 518.41 | 470.81 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 319.48 | 337.25 | 315.67 | 344.37 | 338.48 | 315.93 | 460.55 | 420.24 |
| Peso del Agua | gr. | 21.30 | 22.56 | 26.48 | 29.78 | 33.67 | 32.22 | 57.86 | 50.57 |
| Peso de la Capsula | gr. | 39.25 | 38.38 | 38.71 | 38.90 | 39.10 | 39.34 | 38.66 | 37.27 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 280.23 | 298.87 | 276.96 | 305.47 | 299.38 | 276.59 | 421.89 | 382.97 |
| % de Humedad | % | 7.60% | 7.55% | 9.56% | 9.75% | 11.25% | 11.65% | 13.71% | 13.20% |
| Promedio de Humedad | % | 7.57% | | 9.65% | | 11.46% | | 13.46% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.446 | | 1.518 | | 1.519 | | 1.463 | |

| | | | | |
|----------------|---------------------------------|-----------------------------|---|--------------------------|
| METODO: | ASTM D - 1557 MODIFICADO "C" | MAXIMA DENSIDAD SECA | : | 1.525 gr/cm ³ |
| | | HUMEDAD OPTIMA | : | 10.58% |



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

UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIF 103257



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

| | |
|--------------------|---|
| TESIS | : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO |
| SOLICITANTE | : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA |
| MUESTRA | : CON 8% DE ADITIVO SIKA DUST SEAT |
| UBICACIÓN | : CIUDAD DE PUNO |
| LUGAR | : PROVINCIA DE PUNO - REGIÓN PUNO |
| FECHA | : 20 DE MAYO DEL 2024 |

| | | | | | | |
|----------------------------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
| MOLDE No | III | | II | | I | |
| No DE CAPAS | 5 | | 5 | | 5 | |
| NUMERO DE GOLPES POR CAPA | 12 | | 25 | | 56 | |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR |

| | | | | | | | |
|----------------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 10849 | 10391 | 10937 | 10672 | 11120 | 10972 |
| Peso del Molde | gr. | 6691 | 6691 | 6740 | 6740 | 6750 | 6750 |
| Peso del Suelo Humedo | gr. | 4158 | 3700 | 4197 | 3932 | 4370 | 4222 |
| Volumen del Suelo | cc. | 2101.36 | 2101.36 | 2113.98 | 2113.98 | 2116.87 | 2116.87 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cc. | 1.979 | 1.761 | 1.985 | 1.860 | 2.064 | 1.994 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|
| Capsula No | No | 4 | | | | | | | | | | | |
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 290.33 | 261.17 | 324.01 | | 282.29 | 268.33 | 276.03 | | 266.39 | 280.49 | 306.11 | |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 265.87 | 242.86 | 310.93 | | 264.03 | 253.58 | 264.92 | | 251.45 | 265.65 | 294.22 | |
| Peso del Agua | gr. | 24.46 | 18.31 | 13.08 | | 18.26 | 14.75 | 11.11 | | 14.94 | 14.84 | 11.89 | |
| Peso de la Capsula | gr. | 38.75 | 39.17 | 39.02 | | 39.96 | 39.40 | 38.01 | | 38.50 | 38.69 | 38.02 | |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 227.12 | 203.69 | 271.91 | | 224.07 | 214.18 | 226.91 | | 212.95 | 226.96 | 256.20 | |
| % de Humedad | % | 10.77% | 8.99% | 4.81% | | 8.15% | 6.89% | 4.90% | | 7.02% | 6.54% | 4.64% | |
| Promedio de Humedad | % | 9.88% | | | 4.81% | 7.52% | | | 4.90% | 6.78% | | | 4.64% |
| Densidad del Suelo Seco | gr/cc. | 1.801 | | | 1.680 | 1.847 | | | 1.773 | 1.933 | | | 1.906 |

EXPANSION

| Fecha | Hora | Tiempo | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | |
|------------|-------------|----------|------|-----------|------|------|-----------|------|------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 13/05/2024 | 09:00: a.m. | 0 | 0.00 | 0.00 | 0 | 0.00 | 0 | 0 | 0.00 | 0 | 0 |
| 14/05/2024 | 09:00: a.m. | 24:00:00 | 0.53 | 0.01 | 0.01 | 0.48 | 0.01 | 0.01 | 0.30 | 0.01 | 0.01 |
| 15/05/2024 | 09:00: a.m. | 48:00:00 | 0.56 | 0.01 | 0.01 | 0.50 | 0.01 | 0.01 | 0.33 | 0.01 | 0.01 |
| 16/05/2024 | 09:00: a.m. | 72:00:00 | 0.59 | 0.01 | 0.01 | 0.52 | 0.01 | 0.01 | 0.35 | 0.01 | 0.01 |
| 17/05/2024 | 09:00: a.m. | 96:00:00 | 0.60 | 0.02 | 0.01 | 0.53 | 0.01 | 0.01 | 0.34 | 0.01 | 0.01 |

PENETRACION

| Penetración mm | Tiempo | Carga Est. | MOLDE No III | | | | MOLDE No II | | | | MOLDE No I | | | |
|----------------|--------|------------|--------------|-------|--------|---------|-------------|------|--------|---------|------------|------|--------|---------|
| | | | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. |
| 0.00 | 0:00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 0.63 | 00:30 | | 18.40 | 103.2 | 5.2 | | 78.60 | 359 | 18.1 | | 65.00 | 301 | 15.2 | |
| 1.27 | 01:00 | | 38.10 | 186.8 | 9.4 | | 108.30 | 485 | 24.5 | | 123.10 | 548 | 27.7 | |
| 1.91 | 01:30 | | 48.50 | 231.0 | 11.7 | | 134.60 | 596 | 30.1 | | 183.40 | 804 | 40.6 | |
| 2.54 | 02:00 | 70.31 | 56.30 | 264.1 | 13.3 | | 149.00 | 658 | 33.2 | | 224.20 | 977 | 49.4 | |
| 3.81 | 03:00 | | 74.90 | 343.0 | 17.3 | | 173.20 | 760 | 38.4 | | 263.20 | 1142 | 57.7 | |
| 5.09 | 04:00 | 105.00 | 85.30 | 387.2 | 19.6 | | 189.00 | 827 | 41.8 | | 302.30 | 1308 | 66.1 | |
| 6.35 | 05:00 | | 93.00 | 419.9 | 21.2 | | 201.20 | 879 | 44.4 | | 341.50 | 1475 | 74.5 | |
| 7.62 | 06:00 | | 102.60 | 460.6 | 23.3 | | 215.30 | 939 | 47.5 | | 362.20 | 1562 | 79.0 | |
| 8.84 | 07:00 | | | | | | | | | | | | | |
| 10.16 | 08:00 | | | | | | | | | | | | | |


 UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL

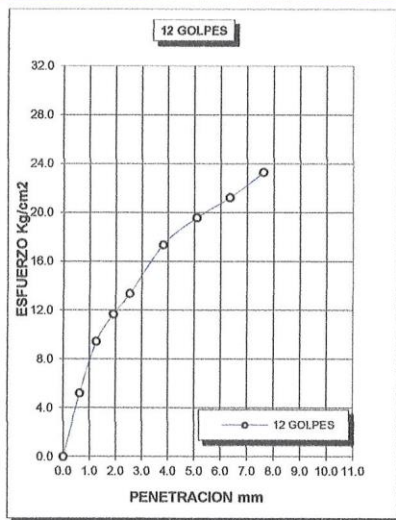
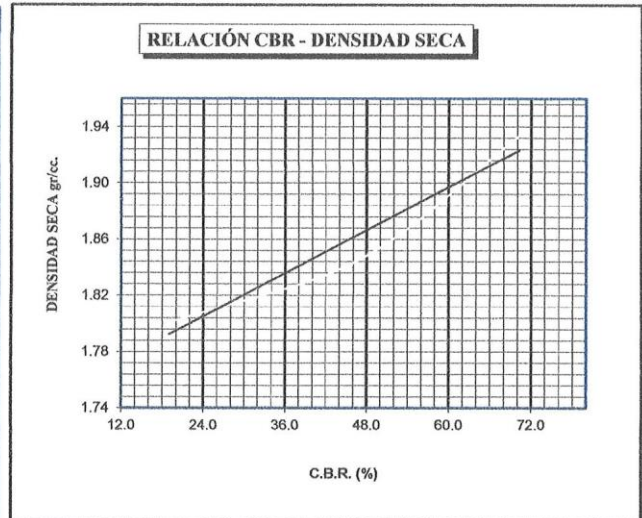
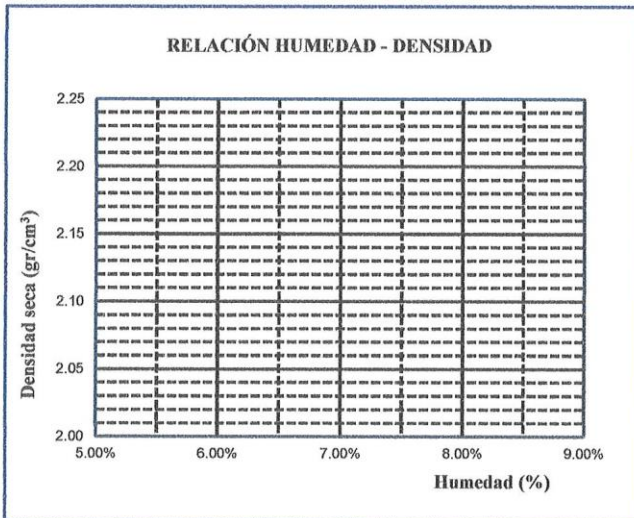
 Mg. ARNALDO YAMA TORRES
 CIR 103257



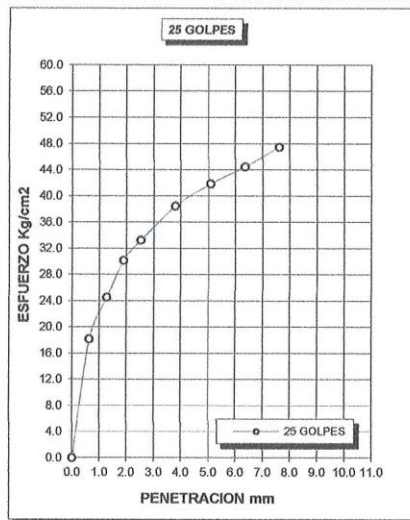
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



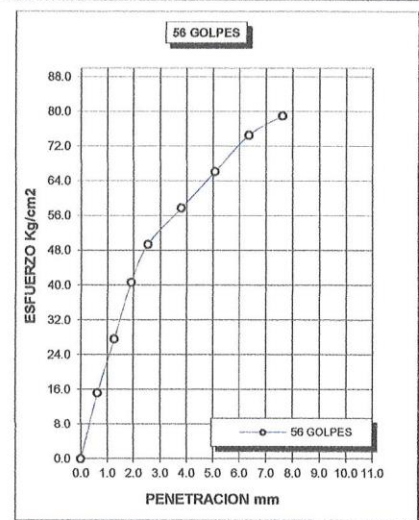
| | | |
|--------------------|---|---|
| TESIS | : ANÁLISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKA DUST SEAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TROCHAS CARROZABLES EN LA CIUDAD DE PUNO | METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 |
| SOLICITANTE | : : Bach. FREDY LINDON HUALPA CCALLATA | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.) 1.525 |
| MUESTRA | : CON 8% DE ADITIVO SIKA DUST SEAT | HUMEDAD OPTIMA (%) 10.58% |
| UBICACIÓN | : CIUDAD DE PUNO | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 70.22 |
| LUGAR | : PROVINCIA DE PUNO - REGIÓN PUNO | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 47.27 |
| FECHA | : : 20 DE MAYO DEL 2024 | CLASIFICACIÓN : |
| | | AASHTO : : A-1-a (0) |
| | | EMBEBIDO : 4 DIAS |



CBR 19



CBR 47



CBR 70

UANCV - FICP
 C.A.P INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A.
 JEFATURA
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 C.I.F. 408257



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 13/08/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: FREDY LINDON HUALPA CCALLATA

Dirección: JR. LAYKAKATA N° 161

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70398302

Teléfono: 900096696 email: fredyhualpa21@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERIA CIVIL

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

Asesor: Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ANALISIS DE LA APLICACIÓN DEL ADITIVO SIKO DUST SEAL EN LA

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PARA TRUCHAS CORROZABLES EN LA

CIUDAD DE PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): ESTABILIZACIÓN, SUELOS, DOSIFICACIÓN

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

1, 2

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

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



2. Referencia de tesis:

- Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN P-17

Firma de Autor



huella digital

13 AGOSTO DEL 2024

Fecha