



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES



**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE
Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS
PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA
SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

ELMER JOSE FLORES CHINO

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL**

MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

JULIACA – PERÚ

2024



**UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE
Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS
PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA
SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

ELMER JOSE FLORES CHINO

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

APROBADA POR:

PRESIDENTE DEL JURADO :



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

MIEMBRO DEL JURADO :



Dr. ARNALDO YANA TORRES

MIEMBRO DEL JURADO :



Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

ASESOR DE TESIS :



Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P50



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" ESCUELA DE POSGRADO



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 465-2024-D-EPG-UANCV/J

Juliaca, 27 de noviembre del 2024

VISTOS:

El expediente N° 2024-011126 presentado por el (a) Bachiller, **ELMER JOSE FLORES CHINO**, quien solicita nominación de jurados y Fecha y hora de sustentación de tesis, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez".

CONSIDERANDO:

Que, el (a) Bachiller. **ELMER JOSE FLORES CHINO**, con número de DNI. 46067745 y con número de matrícula 1410151029, ha solicitado asignación de jurados, Fecha y hora de sustentación de la tesis titulado: **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el GRADO de MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL Mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez;

Que, de conformidad con lo previsto en el artículo 18° del Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, **COMITÉ DE INVESTIGACIÓN**;

Que, mediante Resolución N° 435-2024-USA-EPG/UANCV SE APRUEBA Y AUTORIZA LA EJECUCION DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACION y con Resolución N° 807-2024-USA-EPG/UANCV, se APRUEBA Y AUTORIZA EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) titulado: **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA** La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**;

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos en su artículo 28° **DE LA SUSTENTACIÓN**.

Y estando, la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y el Director de la Escuela de Posgrado mediante acta de sorteo de jurado, con registro N° 00025 de fecha 27 de noviembre del 2024 se nomina jurados.

Que, conforme al artículo 66° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que *la Tesis de Posgrado es un trabajo de investigación científica original de actualidad y de alto valor científico*;

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "J" del artículo 17° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el artículo 76° del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - **DECLARAR APTO** para la sustentación presencial del informe final de la investigación (BORRADOR DE TESIS), del (la) Bach: **ELMER JOSE FLORES CHINO**, para optar el GRADO de MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL, Mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO. - **NOMINAR JURADOS** para la sustentación presencial y defensa de la tesis a los siguientes docentes ordinarios:

| | |
|-----------------|------------------------------|
| Presidente | : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA |
| Primer miembro | : Dr. ARNALDO YANA TORRES |
| Segundo miembro | : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO |
| Asesor | : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA |

ARTÍCULO TERCERO. - **PROGRAMAR FECHA Y HORA** de sustentación como se detalla:

| | |
|-------|--------------------------------------|
| Fecha | : miércoles 04 de diciembre del 2024 |
| Hora | : 10:00 a.m. |
| Lugar | : Aula N° 310 EPG-UANCV-JULIACA |

ARTÍCULO CUARTO. - el Director de la Escuela de Posgrado queda encargado del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, comuníquese y Archívese.


 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 ESCUELA DE POSGRADO
 Dr. Leopoldo Wenceslao Condoni Carl
 DIRECTOR (T)



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0807-2024-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 04 de Julio de 2024

VISTOS:

El Expediente N° 2024-07582 de fecha 21 de Junio de 2024, el (la) Bach. ELMER JOSE FLORES CHINO, con DNI N° 46067745, código de matrícula N° 1410151029, quien solicita Revisión de Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis); INFORME N° 00112-2024-UI-EPG-UANCV y el Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)" del 04 de Julio de 2024, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

CONSIDERANDO:

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N°2024-07582 el (la) Bach. ELMER JOSE FLORES CHINO, solicita la revisión y aprobación del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) titulado: **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**, para optar el GRADO de **MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL** con mención en: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión **FAVORABLE** al Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis).
Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró el asesoramiento en el Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) del **ASESOR DR. EFRAIN PARILLO SOSA**; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según **INFORME N° 00112-2024-UI-EPG-UANCV** y el Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)" en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) para la REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN, titulado: **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA** presentado por el (la) Bach. ELMER JOSE FLORES CHINO, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RATIFICAR, como ASESOR al (a) **DR. EFRAIN PARILLO SOSA**.

ARTICULO TERCERO. - DISPONER que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO
Dr. Leopoldo Mercedes Condori Cari
DIRECTOR (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" ESCUELA DE POSGRADO



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0435-2024-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 09 de mayo de 2024

VISTOS:

El Expediente N° 2024-03095 de fecha 12 de abril de 2024, el (la) Bach. **ELMER JOSE FLORES CHINO**, con DNI N° 46067745, código de matrícula N° 1410151029, quien solicita Revisión de propuesta de Investigación; **INFORME N° 006-2024-UI-EPG-UANCV** y el Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación" del 12 de abril, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

CONSIDERANDO:

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N° 2024-03095 el (la) Bach. **ELMER JOSE FLORES CHINO**, solicita la revisión y aprobación de la propuesta de Investigación titulado: **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**, para optar el **GRADO de MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL** con mención en: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión **FAVORABLE** a la propuesta de investigación.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró la propuesta del **ASESOR DR. EFRAIN PARILLO SOSA**, quien debe estar acreditado y facultado para orientar y ayudar al asesorado en el proceso de elaboración del trabajo de investigación (Tesis) de acuerdo a la **DIRECTIVA N° 004-2019-UANCV-VRAD-OI**; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según **INFORME N° 006-2024-UI-EPG-UANCV** y el **Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación"** en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, titulado: **DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA** presentado por el (la) Bach. **ELMER JOSE FLORES CHINO**, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como ASESOR al DR. EFRAIN PARILLO SOSA.

ARTICULO TERCERO. - DISPONER que la Escuela de Posgrado, la Secretaria Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO
Dr. Leopoldo Yllaccacoma Condori Corti
DIRECTOR (a)



DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELO DE CUINVESTIGACIÓN Y ALTERNATIVAS DE

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|---|--|-----|
| 1 | repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet | 4% |
| 2 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | 2% |
| 3 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 2% |
| 4 | Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante | 1% |
| 5 | repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 6 | Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante | 1% |
| 7 | www.coursehero.com Fuente de Internet | 1% |
| 8 | repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet | <1% |


repositorio.unap.edu.pe



Metadatos Complementarios

| Título de la tesis | |
|--|---|
| DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA | |
| Datos de autor | |
| Nombres y apellidos | Flores Chino, Elmer Jose |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 46067745 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0009-0007-7826-9615 |
| Datos de asesor | |
| Nombres y apellidos | Parillo Sosa, Efrain |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 02416058 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0000-0001-7567-039X |
| Datos del jurado | |
| Presidente del jurado | |
| Nombres y apellidos | Quispe Huanca, Milthon |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 02424528 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0000-0002-4219-1007 |
| Miembro del jurado 1 | |
| Nombres y apellidos | Yana Torres, Arnaldo |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 41417646 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0000-0002-6740-5024 |
| Miembro del jurado 2 | |



| | |
|--|---|
| Nombres y apellidos | Suasaca Pelinco, Leonel |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 40865558 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0000-0001-6657-665X |
| Datos de investigación | |
| Línea de investigación | Tecnología de la Construcción – P50 |
| Grupo de investigación | No aplica. |
| Agencia de financiamiento | Sin financiamiento |
| Ubicación geográfica de la investigación | <p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"</p> <p>https://maps.app.goo.gl/oChVX2AVEVcd1t3k8</p>  |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación | Marzo 2024 – Noviembre 2024 |
| URL de disciplinas OCDE | <p>Ingeniería Civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</p> <p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p> |
| - Librería | |

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
 ESCUELA DE POSTGRADOS

Dr. Segundo Ortiz Cansaya
 DIRECTOR
 DE INVESTIGACIÓN - EPG



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ELMER JOSE FLORES CHINO, identificado con DNI Nro. 46067745, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES,

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:
DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA

Asesorado por: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 8 de ENERO del 2025


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Agradezco a la divinidad Dios, que nos en concesión de nuestros padres que se han esforzado para que pueda ser posible este mi sueño, por ayudarme por creer más en nuestro dios.

Agradezco a mi familia en especial a mis padres que siempre han estado a mi lado y me apoyaron desde que inicie este camino.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a cada profesional de la universidad que contribuyó con el desarrollo de la presente investigación a través de sus conocimientos, experiencia y consejos.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....iii

AGRADECIMIENTO..... iv

ÍNDICE GENERAL v

ÍNDICE DE TABLAS xi

ÍNDICE DE FIGURASxiii

RESUMEN..... xv

ABSTRACTxvii

INTRODUCCIÓN xviii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA..... 1

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 2

 1.2.1. Problema general 2

 1.2.2. Problemas específicos..... 2

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN 3

 1.3.1. Justificación técnica 3

 1.3.2. Justificación económica 3

 1.3.3. Justificación social 4

 1.3.4. Justificación ambiental..... 5

1.4. OBJETIVOS 6

 1.4.1. Objetivo general..... 6

 1.4.2. Objetivos específicos 6

1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCE DE LA INVESTIGACION 6

1.6. LIMITACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN..... 7



- 1.6.1. Limitaciones 7
- 1.6.2. Delimitación 7
- 1.7. HIPÓTESIS 8
 - 1.7.1. Hipótesis general 8
 - 1.7.2. Hipótesis específicas 8
- 1.8. VARIABLES..... 8
 - 1.8.1. Variable independiente 8
 - 1.8.2. Variable dependiente..... 8
- 1.9. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 9

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

- 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 11
 - 2.1.1. Antecedentes internacionales 11
 - 2.1.2. Antecedente nacional 15
 - 2.1.3. Antecedente local 22
- 2.2. BASES TEÓRICAS 23
 - 2.2.1. Subrasante..... 23
 - 2.2.2. Propiedades físicas de suelos de la subrasante 24
 - 2.2.2.1. Granulometría 25
 - 2.2.2.2. Plasticidad..... 27
 - 2.2.2.3. Equivalente de arena 28
 - 2.2.2.4. Índice de grupo 29
 - 2.2.2.5. Humedad natural 30
 - 2.2.2.6. Clasificación de suelos de subrasante 30
 - 2.2.3. Propiedades mecánicas de suelos de la subrasante 31



| | |
|---|----|
| 2.2.3.1. CBR..... | 32 |
| 2.2.3.2. Resistencia al cizallamiento..... | 33 |
| 2.2.3.3. Resistencia a la fatiga..... | 34 |
| 2.2.3.4. Angulo de fricción interna | 34 |
| 2.2.3.5. Cohesión..... | 35 |
| 2.2.4. Estabilización de suelos | 36 |
| 2.2.5. Métodos de estabilización de suelos general..... | 36 |
| 2.2.6. Métodos de estabilización de suelos según MTC..... | 37 |
| 2.2.6.1. Suelos estabilizados por cemento | 37 |
| 2.2.6.2. Estabilización con cloruro de sodio | 38 |
| 2.2.6.3. Estabilización con cloruro de calcio..... | 39 |
| 2.2.6.4. Estabilización de cloruro de magnesio | 40 |
| 2.2.6.5. Estabilización con productos asfálticos | 42 |
| 2.2.6.6. Estabilización de suelos con cal..... | 43 |
| 2.2.7. Estabilizador orgánico | 45 |
| 2.2.8. Estabilizador metalúrgico..... | 46 |
| 2.2.9. Vía no pavimentada..... | 47 |
| 2.2.10. Capas de una vía no pavimentada | 48 |
| 2.2.10.1. Subrasante..... | 49 |
| 2.2.10.2. Subbase | 49 |
| 2.2.10.3. Capa base..... | 49 |
| 2.2.10.4. Superficie o capa de rodadura..... | 49 |
| 2.2.10.5. Capa de refuerzo (opcional) | 50 |
| 2.2.11. Tipos de vías no pavimentadas | 50 |
| 2.2.11.1. Caminos de tierra..... | 50 |



- 2.2.11.2. Caminos de grava..... 51
- 2.2.11.3. Caminos rurales o vecinales..... 53
- 2.2.11.4. Caminos forestales 54
- 2.2.11.5. Caminos de acceso industrial 55
- 2.2.11.6. Senderos y caminos para senderismo 57
- 2.3. MARCO CONCEPTUAL 59

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN 61
- 3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN 61
- 3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN 62
- 3.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN..... 62
- 3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN 63
- 3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA 63
 - 3.6.1. Población 63
 - 3.6.2. Muestra 64
 - 3.6.3. Procedimiento 64
 - 3.6.4. Técnicas para la recolección de datos 64
 - 3.6.5. Instrumentos 64
- 3.7. VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD 65
 - 3.7.1. Validación de instrumentos..... 65
 - 3.7.2. Confiabilidad de instrumentos 65
- 3.8. TRABAJOS DE CAMPO 65
 - 3.8.1. Recolección de materiales..... 65
- 3.9. PRUEBAS EN LABORATORIO 66



- 3.9.1. Contenido de humedad 66
- 3.9.2. Limite liquido 68
- 3.9.3. Limite plástico 69
- 3.9.4. Índice de plasticidad 70
- 3.9.5. Análisis granulométrico..... 71
- 3.9.6. Proctor modificado 72
- 3.9.7. CBR..... 73

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- 4.1. RESULTADOS OBTENIDOS..... 75
 - 4.1.1. Propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentadas 75
 - 4.1.1.1. Propiedades de la avenida Juliaca 75
 - 4.1.1.2. Propiedades de la avenida Marañón..... 82
 - 4.1.2. Efecto del empleo de materiales de origen orgánico y metalúrgicos sobre las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentada de la zona sur de la ciudad de Juliaca 89
 - 4.1.2.1. Propiedades de la subrasante Avenida Juliaca - 5% Cal..... 89
 - 4.1.2.2. Propiedades de la subrasante Avenida Marañón – 5% C. Carbón 93
 - 4.1.3. Alternativas de estabilización más viables para las subrasantes de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca 96
 - 4.1.3.1. Estabilización de suelos de la avenida Juliaca con 15% de Cal.. 96



| | |
|---|-----|
| 4.1.3.2. Estabilización de suelos de la avenida Marañón con 15% de Ceniza de carbón | 100 |
| 4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS | 103 |
| CONCLUSIONES..... | 107 |
| RECOMENDACIONES | 109 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 110 |
| ANEXOS..... | 117 |



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables 9

Tabla 2 Límites de consistencia 75

Tabla 3 Granulometría de la calicata 01 76

Tabla 4 Granulometría de la calicata 02 77

Tabla 5 Granulometría de la calicata 03 78

Tabla 6 Granulometría de la calicata 04 79

Tabla 7 Granulometría de la calicata 05 80

Tabla 8 Grado de compactación de la subrasante 81

Tabla 9 CBR de la subrasante 82

Tabla 10 Límites de consistencia 82

Tabla 11 Granulometría calicata 01 83

Tabla 12 Granulometría calicata 02 84

Tabla 13 Granulometría calicata 03 85

Tabla 14 Granulometría calicata 04 86

Tabla 15 Granulometría calicata 05 87

Tabla 16 Grado de compactación de la subrasante 88

Tabla 17 CBR de la subrasante 89

Tabla 18 Grado de compactación de la subrasante +5% de cal 89

Tabla 19 CBR de la subrasante 92

Tabla 20 Grado de compactación de la subrasante + 5% de ceniza de carbón
..... 93

Tabla 21 CBR de la subrasante 96

Tabla 22 Grado de compactación de la subrasante +15% de cal 96

Tabla 23 CBR de la subrasante, avenida Juliaca 99



Tabla 24 Grado de compactación de la subrasante +15% de ceniza de carbón 100

Tabla 25 CBR de la subrasante, avenida Marañón 103



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Vía principal – Avenida Juliaca66

Figura 2 Vía principal – Avenida Marañón66

Figura 3 Curva granulométrica calicata 0176

Figura 4 Curva granulométrica calicata 0277

Figura 5 Curva granulométrica calicata 0378

Figura 6 Curva granulométrica calicata 0479

Figura 7 Curva granulométrica calicata 0580

Figura 8 Grado de compactación de la subrasante81

Figura 9 Curva granulométrica calicata 0183

Figura 10 Curva granulométrica calicata 0284

Figura 11 Curva granulométrica calicata 0385

Figura 12 Curva granulométrica calicata 0486

Figura 13 Curva granulométrica calicata 0587

Figura 14 Grado de compactación de la subrasante88

Figura 15 Grado de compactación de la subrasante + 5% de cal, calicata 190

Figura 16 Grado de compactación de la subrasante + 5% de cal, calicata 290

Figura 17 Grado de compactación de la subrasante + 5% de cal, calicata 391

Figura 18 Grado de compactación de la subrasante + 5% de cal, calicata 491

Figura 19 Grado de compactación de la subrasante + 5% de cal, calicata 592

Figura 20 Grado de compactación de la subrasante + 5% de ceniza de carbón,
calicata 193

Figura 21 Grado de compactación de la subrasante + 5% de ceniza de carbón,
calicata 294



| | |
|---|-----|
| Figura 22 Grado de compactación de la subrasante + 5% de ceniza de carbón, calicata 3 | 94 |
| Figura 23 Grado de compactación de la subrasante + 5% de ceniza de carbón, calicata 4 | 95 |
| Figura 24 Grado de compactación de la subrasante + 5% de ceniza de carbón, calicata 5 | 95 |
| Figura 25 Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 1 | 97 |
| Figura 26 Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 2 | 97 |
| Figura 27 Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 3 | 98 |
| Figura 28 Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 4 | 98 |
| Figura 29 Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 5 | 99 |
| Figura 30 Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 1 .. | 100 |
| Figura 31 Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 2 .. | 101 |
| Figura 32 Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 3 .. | 101 |
| Figura 33 Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 4 .. | 102 |
| Figura 34 Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 5 .. | 102 |



RESUMEN

En la presente investigación titulada "Determinación de la calidad de suelos de subrasante y alternativas de estabilización de vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca", tiene como objetivo principal ver la calidad de los suelos a nivel de subrasante, considerando sus propiedades físicas y mecánicas, para realizar una estabilización tanto con materiales orgánicos y metalúrgicos. Esta investigación es de enfoque cuantitativo, con un diseño de investigación experimental. Se realizaron los ensayos fundamentales, análisis granulométrico, límites de consistencia, grado de compactación y el ensayo de CBR; para nuestras 2 vías optadas, avenida Juliaca y avenida Marañón, vías principales de la zona sur de la ciudad de Juliaca, se definió que todas las exploraciones cuentan con límite líquido, límite plástico y índice de plasticidad, para los ensayos de grados de compactación y CBR, primeramente se realizó en la subrasante en su estado natural, después con la incorporación de 5% de cal y 5% de ceniza de carbón, en ambas vías, seguidamente se realizó la estabilización para la mejora de los suelos de subrasante, haciendo la incorporación de 15% de cal y 15% de ceniza de carbón, respectivamente, considerando este último punto de estabilización, nuestro grado de compactación llegó a un MDS 1.904gr/cm³ y un OCH de 15.05%, y un CBR al 100% de 31.54, CBR al 95% de 22.21 para la avenida Juliaca estabilizado con 15% de cal, finalmente nuestro grado de compactación llegó a un MDS 2.049gr/cm³ y un OCH de 15.39%, y un CBR al 100% de 33.96, CBR al 95% de 23.87 para la avenida Marañón estabilizado con 15% de ceniza de carbón, se nota una estabilización aceptable y considerable para nuestros suelos de subrasante.



Palabras clave: Suelos, subrasante, estabilización, vías no pavimentadas



ABSTRACT

In this research entitled "Determination of the quality of subgrade soils and alternatives for stabilization of unpaved main roads in the southern area of the city of Juliaca", the main objective is to see the quality of soils at the subgrade level, considering their physical and mechanical properties, to perform a stabilization with both organic and metallurgical materials. This research has a quantitative approach, with an experimental research design. The fundamental tests were carried out, granulometric analysis, consistency limits, degree of compaction and the CBR test; for our 2 chosen roads, Juliaca Avenue and Marañón Avenue, main roads in the southern area of the city of Juliaca, it was defined that all the explorations have liquid limit, plastic limit and plasticity index, for the compaction degree and CBR tests, The first step was carried out on the subgrade in its natural state, then with the incorporation of 5% lime and 5% coal ash, in both roads, followed by stabilization for the improvement of the subgrade soils, incorporating 15% lime and 15% coal ash, respectively, considering this last stabilization point, our degree of compaction reached an MDS of 1.904gr/cm³ and an OCH of 15.05%, and a CBR at 100% of 31.54, CBR at 95% of 22.21 for Juliaca Avenue stabilized with 15% lime, finally our degree of compaction reached a MDS 2.049gr/cm³ and an OCH of 15.39%, and a CBR at 100% of 33.96, CBR at 95% of 23.87 for Marañón Avenue stabilized with 15% coal ash, an acceptable and considerable stabilization is noted for our subgrade soils.

Key words: Soils, subgrade, stabilization, unpaved roads.



INTRODUCCIÓN

En el ámbito del desarrollo urbano y rural, las redes de transporte constituyen uno de los elementos de infraestructura más fundamentales, influyendo de forma directa en la economía, la accesibilidad y la calidad de vida de las comunidades. Esto es especialmente relevante en áreas en desarrollo, como el caso de la carretera que conecta Juliaca con Arequipa, donde la gestión eficiente de recursos para la construcción y mantenimiento de caminos es crucial para asegurar su sostenibilidad y rendimiento. Este estudio se centra en la evaluación de carreteras de baja transitabilidad, proponiendo opciones de diseño que permitan disminuir el grosor de las capas mediante la estabilización del suelo, con el objetivo de mejorar el desempeño y reducir gastos. La ciudad de Juliaca, situada en la región de Puno, Perú, es un punto estratégico que enlaza diversas rutas comerciales y turísticas clave, incluyendo la ruta hacia Arequipa. Sin embargo, las vías de acceso a Juliaca presentan serios desafíos debido a su bajo nivel de transitabilidad y las complicadas condiciones del terreno y el clima. Estas dificultades no solo aumentan el costo del mantenimiento, sino que también comprometen la fluidez y seguridad del tráfico. En este contexto, se vuelve esencial desarrollar métodos de diseño más eficientes. Este trabajo se propone analizar la eficacia de las técnicas de estabilización del suelo como una solución viable para mejorar las características mecánicas de carreteras de bajo tránsito. Mediante un estudio exhaustivo que incluye análisis del suelo, pruebas de carga y modelización estructural, se pretende definir criterios de diseño que permitan usar capas de pavimento más delgadas sin sacrificar la durabilidad ni la funcionalidad. Con esta investigación, se busca aportar al conocimiento en ingeniería civil para la optimización del diseño de carreteras, proporcionando a



ingenieros y autoridades locales herramientas que les ayuden a tomar decisiones informadas para mejorar la infraestructura vial en la región. Además, se pretende mostrar que, mediante el uso de técnicas avanzadas de estabilización, se puede lograr un equilibrio entre eficiencia económica y respeto al medio ambiente, allanando el camino para futuras investigaciones y aplicaciones en entornos similares.

Capítulo II; La fundamentación teórica: En esta parte se examinan investigaciones previas y la literatura relevante para nuestro estudio. También se utilizan fuentes de referencia para establecer la estructura conceptual que sustenta nuestra investigación.

Capítulo III; En la sección de metodología de un estudio, se proporciona información precisa sobre la clase y alcance del estudio, el diseño de investigación, y los métodos e instrumentos empleados para la recolección y el análisis de datos. En esta parte también se describe la estructura básica de un estudio de investigación.

Capítulo IV: Resultados y discusión: En esta parte se sintetizan y examinan los datos obtenidos, lo cual fundamenta las conclusiones y recomendaciones que surjan de este estudio al ser presentadas y debatidas.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

A nivel global, el mantenimiento y la mejora de carreteras en regiones con recursos limitados suelen representar un reto considerable. Muchos países en desarrollo enfrentan desafíos comunes, como la falta de financiamiento suficiente, el uso de tecnologías de construcción y mantenimiento anticuadas, y políticas públicas que no priorizan la infraestructura vial secundaria. Esta situación se agrava en zonas afectadas por condiciones climáticas extremas o por terrenos complejos, donde las vías de baja transitabilidad tienden a deteriorarse rápidamente y requieren soluciones sostenibles y asequibles. En el contexto peruano, hay una evidente disparidad entre la infraestructura vial en áreas urbanas densamente pobladas y las regiones rurales o con baja densidad de población, como sucede en muchos lugares del sur del país. La falta de mantenimiento adecuado y la ausencia de modernización de las carreteras rurales o de baja transitabilidad no solo afectan la conectividad y el desarrollo económico local, sino que también ponen en riesgo la seguridad de las personas que las utilizan. Esto se traduce en un aumento de los costos de transporte y en una disminución del acceso a servicios básicos para las comunidades que dependen de estas rutas. En el ámbito local, en la ciudad de Juliaca,



especialmente en las rutas alternativas de la salida a Arequipa, el problema de la infraestructura vial deteriorada tiene un impacto directo en el desarrollo económico y social de la región. La escasa transitabilidad de estas vías, sumada a un mantenimiento insuficiente y a la falta de inversión en tecnologías modernas para la estabilización del suelo, contribuye a una reducción en la eficiencia del transporte y a un mayor riesgo de accidentes. Además, durante la temporada de lluvias, el problema se agrava, afectando aún más la estabilidad y seguridad de estas carreteras. Este escenario plantea un desafío significativo para las autoridades locales y nacionales, quienes deben encontrar soluciones innovadoras y eficientes para mejorar la infraestructura vial y, por ende, apoyar el crecimiento económico y social de las comunidades que dependen de estas rutas. Se necesitan enfoques que no solo sean efectivos en términos de costo, sino también sostenibles a largo plazo para abordar estas cuestiones de manera integral.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la calidad de suelos de subrasante y alternativas de estabilización de vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas que presentan los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca?
2. ¿De qué manera los materiales de origen orgánico y metalúrgico inciden en las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca?



3. ¿Cuáles son las alternativas de estabilización más viables para las subrasantes de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca?

1.3. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1. Justificación técnica

La estabilización de suelos de subrasante en obras viales es un aspecto crucial para garantizar la durabilidad y la seguridad de la infraestructura. Para justificar técnicamente las alternativas disponibles, es fundamental considerar la naturaleza del suelo, las condiciones climáticas y la carga de tráfico esperada. Entre las opciones más eficaces, se encuentran la estabilización química y mecánica. La estabilización química, mediante la adición de cal o cemento, es particularmente útil para suelos arcillosos y ofrece ventajas como el aumento de la resistencia a la compresión y la reducción de la plasticidad. Por otro lado, la estabilización mecánica, que utiliza métodos como la compactación o la incorporación de geotextiles, resulta adecuada para suelos granulares, proporcionando refuerzo adicional y reduciendo el riesgo de deformaciones bajo cargas pesadas. Ambas alternativas tienen aplicaciones óptimas dependiendo de las características del suelo y las demandas del proyecto. Así, la elección de la técnica más apropiada debe basarse en un análisis geotécnico riguroso, considerando también factores como la sostenibilidad, el costo y el impacto ambiental.

1.3.2. Justificación económica

La justificación económica de las alternativas para estabilizar suelos de subrasante en obras viales implica evaluar el costo-beneficio de cada método, teniendo en cuenta factores como el ahorro en mantenimiento, la vida útil



esperada de la infraestructura y los costos iniciales de implementación. La estabilización química, por ejemplo, puede tener un costo inicial más alto debido a la compra de materiales como cal o cemento, pero su durabilidad y capacidad para prevenir futuros problemas estructurales pueden traducirse en menores gastos de reparación y mantenimiento a largo plazo. Por otro lado, la estabilización mecánica, que incluye la compactación y el uso de geotextiles, puede ser menos costosa inicialmente, pero podría requerir un mantenimiento más frecuente debido a la menor resistencia a condiciones extremas. Además, la utilización de materiales reciclados para estabilizar el suelo puede reducir costes y promover la sostenibilidad, generando ahorros significativos en la adquisición de recursos. En última instancia, la decisión debe equilibrar el costo inicial con la durabilidad y la eficiencia a lo largo del tiempo, asegurando que la alternativa elegida ofrezca la mejor relación calidad-precio para la estabilidad y funcionalidad del proyecto vial.

1.3.3. Justificación social

La justificación social de las alternativas para estabilización de suelos de subrasante en obras viales radica en el impacto positivo que estas decisiones tienen en las comunidades locales y en el bienestar general de la sociedad. Una infraestructura vial segura y duradera facilita el acceso a servicios esenciales como hospitales, escuelas y mercados, mejorando la calidad de vida y las oportunidades económicas para las poblaciones circundantes. Al elegir métodos de estabilización que promuevan la resiliencia y reduzcan la necesidad de reparaciones frecuentes, se minimiza la interrupción del tráfico y se disminuye el riesgo de accidentes, lo que contribuye a la seguridad vial y a la fluidez del transporte. Además, optar por alternativas que reduzcan el impacto ambiental,



como el uso de materiales reciclados, puede fomentar una mayor sostenibilidad y responsabilidad social, valores cada vez más importantes para las comunidades y las autoridades locales. En este sentido, la elección de métodos de estabilización que sean duraderos, seguros y sostenibles no solo beneficia la funcionalidad de las vías, sino que también refuerza el compromiso con el desarrollo social y la equidad en el acceso a recursos e infraestructura de calidad.

1.3.4. Justificación ambiental

La justificación ambiental para elegir alternativas en la estabilización de suelos de subrasante en obras viales radica en la necesidad de mitigar el impacto ecológico y reducir la huella de carbono asociada con la construcción y el mantenimiento de infraestructura vial. Al optar por métodos de estabilización que empleen materiales reciclados o subproductos industriales, como cenizas volantes o escoria de acero, se fomenta la reutilización y se disminuye la demanda de recursos vírgenes, lo que contribuye a la conservación ambiental. Este enfoque también reduce los residuos y la contaminación, ya que muchos de estos materiales alternativos, en lugar de ser desechados, encuentran una segunda vida en proyectos viales. Por otro lado, la estabilización química, aunque efectiva, puede requerir el uso de materiales como cal o cemento, cuyos procesos de producción son intensivos en emisiones de carbono y consumo energético. En contraste, la estabilización mecánica, que implica técnicas como la compactación y el uso de geotextiles, tiende a ser menos invasiva y a tener un menor impacto ambiental. La adopción de tecnologías y prácticas que prioricen la sostenibilidad, como sistemas de estabilización que minimicen el uso de productos químicos o que reduzcan el transporte de materiales, puede contribuir



a una infraestructura vial más ecológica y responsable. En resumen, al justificar ambientalmente las alternativas de estabilización de suelos, es crucial considerar el balance entre eficiencia, durabilidad y sostenibilidad, buscando soluciones que permitan el desarrollo de obras viales con un menor impacto sobre el entorno natural.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo general

Determinar la calidad de suelos de subrasante y alternativas de estabilización de vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas que presentan los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca.
2. Evaluar el efecto del empleo de materiales de origen orgánico y metalúrgico sobre las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca.
3. Definir las alternativas de estabilización más viables para las subrasantes de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca.

1.5. IMPORTANCIA Y ALCANCE DE LA INVESTIGACION

La importancia de contar con alternativas para la estabilización de suelos de subrasante en obras viales radica en la necesidad de garantizar la durabilidad y seguridad de las carreteras, así como en la adaptación a diversas condiciones geográficas y climáticas. La subrasante es la base fundamental sobre la que se construyen las capas superiores de la carretera; si esta base no es estable, la



vida útil de la vía se verá comprometida, dando lugar a deformaciones, grietas y otros problemas que pueden poner en riesgo la seguridad vial y aumentar los costos de mantenimiento. Al disponer de múltiples alternativas para la estabilización de suelos, se pueden abordar diferentes tipos de terrenos, desde suelos arenosos hasta arcillosos, y responder a las necesidades específicas de cada proyecto. Esto permite seleccionar la técnica más adecuada según las condiciones locales, las restricciones presupuestarias y los objetivos de sostenibilidad. Alternativas como la estabilización química, mecánica o el uso de materiales reciclados ofrecen flexibilidad y soluciones personalizadas, contribuyendo a la eficiencia y resiliencia de las obras viales. En última instancia, contar con una gama de opciones para estabilizar la subrasante es esencial para construir carreteras más seguras, duraderas y respetuosas con el medio ambiente.

1.6. LIMITACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Limitaciones

La implementación de alternativas para la estabilización de suelos de subrasante en obras viales puede enfrentar varias limitaciones que deben ser consideradas para garantizar la eficacia y sostenibilidad del proyecto. Aquí se destacan algunas de las principales restricciones; condiciones geológicas, recursos financieros, impacto ambiental y capacidad técnica.

1.6.2. Delimitación

Las delimitaciones de este estudio establecen los parámetros y límites que se encontraran en la zona sur de la ciudad de Juliaca.



1.7. HIPÓTESIS

1.7.1. Hipótesis general

La calidad de suelos de subrasante serán deficientes de alta inestabilidad y las alternativas de estabilización se inclinarán a materiales metalúrgicos para la mejora de vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca.

1.7.2. Hipótesis específicas

1. Las propiedades físicas y mecánicas que presentan los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca, serán deficientes con inestabilidad alta por presencia de materiales blandos.
2. El efecto del empleo de materiales de origen orgánico mejorará las características evaluadas y los materiales metalúrgicos optimizarán en gran manera las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca.
3. Las alternativas de estabilización más viables serán los materiales de origen orgánico en formaciones de cenizas para las subrasantes de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca.

1.8. VARIABLES

1.8.1. Variable independiente

Alternativa de estabilización

- Materiales de origen orgánico
- Materiales de origen metalúrgico

1.8.2. Variable dependiente

Calidad del suelo de la subrasante

- Granulometría



- Límites de consistencia
- CBR

1.9. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1

Operacionalización de variables

| Variables | Definición conceptual | Definición operacional | Dimensiones | Indicadores | Instrumentos |
|---------------|---|--|---------------------------------|---|------------------------------------|
| Independiente | Las alternativas de estabilización son diferentes métodos y técnicas empleados para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un suelo, especialmente en el contexto de construcción y mantenimiento de infraestructuras como carreteras, edificaciones o sistemas de drenaje. | Las alternativas de estabilización pueden abarcar una variedad de enfoques, entre los que se incluyen la estabilización química, la estabilización mecánica y el uso de materiales reciclados o subproductos industriales. | Estabilizadores | Material de origen orgánico Material de origen metalúrgico | Plantillas de recolección de datos |
| Dependiente | Esta calidad se evalúa en | En el contexto de | Propiedades físicas y mecánicas | Granulometría | Ensayos de |



| | | | |
|--|---|--|---|
| <p>Calidad de suelos de subrasante</p> | <p>función de varios parámetros clave que determinan la estabilidad y la durabilidad del suelo, así como su capacidad para proporcionar un soporte seguro y confiable.</p> <p>obras viales y otras construcciones, una alta calidad de suelos de subrasante significa que el suelo tiene suficiente resistencia y estabilidad para soportar la estructura construida sobre él, sin sufrir deformaciones o fallos significativos</p> | <p>Límites de consistencia</p> <p>Máxima densidad seca</p> <p>Capacidad de soporte</p> | <p>laboratorio</p> <p>Equipos de medición</p> |
|--|---|--|---|



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Zhao et al. (2024) en su investigación "Propiedades mecánicas y pruebas de campo de suelo estabilizado con residuos de cal y sosa para subrasante", sostiene que Para ampliar las fuentes de relleno de subrasante y la utilización de residuos de soda (SR), se empleó SR para modificar la arcilla agregando una pequeña cantidad de cal para una mayor estabilización, formando un suelo estabilizado con residuos de cal y soda (LSRSS). Se estableció una serie de vías de investigación intensivas, desde las pruebas de las propiedades mecánicas de laboratorio, la divulgación del mecanismo y la verificación de campo hasta el efecto operativo. A través de experimentos de resistencia a la compresión no confinada (UCS), relación de carga de California (CBR) y módulo resiliente (MR), se concluyó que con el aumento en el contenido de SR, los valores UCS, CBR y MR de LSRSS mostraron una tendencia creciente que luego siguió. en una disminución, alcanzando sus valores máximos, respectivamente, de 0,62 MPa, 65,0%, 78,83 MPa, todos con un contenido de SR del 30%. Se determinó una proporción óptima para LSRSS como 6% cal, 30% SR y 70% arcilla. Los valores de UCS, CBR y MR de



proporción óptima aumentaron con el aumento del grado de compactación, pero aumentaron primero y luego disminuyeron con el aumento del contenido de agua. Sus valores máximos no correspondían al OWC del 23% sino al 27%, denominado contenido de agua de compactación, que era apto para su aplicación en la propia subrasante del LSRSS. Los resultados de las pruebas de campo mostraron que los valores UCS, CBR y MR fueron 0,85 MPa, 86,5 % y 135,7 MPa, todos ellos superiores a los valores de laboratorio, y el rendimiento en carretera a largo plazo fue sobresaliente. El análisis demuestra que la mejor resistencia y rendimiento en carretera del LSRSS están determinados principalmente por la gradación superior y la reacción de tres materiales. Los resultados de las pruebas de laboratorio y de campo en conjunto proporcionan evidencia de datos de un rendimiento excelente y sientan una base sólida para una aplicación más amplia de la subrasante LSRSS.

Según Vivek et al. (2022) en su investigación "Subrasante de pavimento estabilizada con cenizas de carbón residual y geosintéticos: un estudio experimental y modelado de regresión múltiple", sostiene que con suelos expansivos como el suelo de algodón negro Uno de los pasos más importantes en el proceso de construcción de un pavimento es la estabilización del suelo de la subrasante. El objetivo de este estudio es utilizar el análisis de regresión múltiple (ARM) para evaluar las propiedades del suelo con el fin de estimar la cantidad óptima de cenizas de carbón y geosintéticos que se debe poner al suelo, así como desarrollar un modelo para pronosticar los valores de CBR. Para MRA, se utiliza la herramienta de análisis de datos en Excel 2020. Los valores de entrada para este estudio incluyen los límites de Atterberg, el contenido óptimo de humedad (OMC) y el porcentaje de cenizas de carbón agregadas por



peso que afectan directamente el valor CBR. Se diseña una subrasante de pavimento modelo con las características del suelo estabilizado y se realiza un análisis económico para la subrasante de pavimento diseñada.

Según Ramdas et al. (2021) en su investigación "Revisión de productos de estabilización de base biológica (enzimáticos y poliméricos) actuales y futuros para materiales de construcción de carreteras", sostiene que se requiere la modificación del suelo in situ para mejorar las propiedades de ingeniería primarias del material para cumplir con un estándar de construcción de carreteras. El suelo bioestabilizado es una alternativa rentable y respetuosa con el medio ambiente a los rellenos granulares importados, el hormigón, el costoso transporte de materiales o la exportación a un vertedero. Los métodos de estabilización que se utilizan tienen un impacto significativo en el comportamiento del suelo mientras se utiliza, así como en la cantidad de mantenimiento que es necesario realizar. Estas técnicas pueden ser muy diversas, desde la estabilización mecánica, que suele ser costosa, hasta una serie de procesos químicos que también se utilizan en la práctica. Teniendo esto en cuenta, actualmente se está investigando una amplia variedad de materiales alternativos derivados de fuentes biológicas para su posible aplicación como aditivos estabilizantes. Estos materiales tienen la capacidad de mejorar los suelos de subrasante que se caracterizan por sus puntos débiles, como los suelos dispersivos, vulnerables a la erosión y colapsables, así como las arcillas blandas o expansivas. La utilización de enzimas, microorganismos y aditivos poliméricos de origen biológico es una de las soluciones más importantes. Estas estrategias se utilizan para prevenir el deterioro de las carreteras, que puede deberse a la infiltración de agua y/o a la erosión del suelo bajo la superficie. El



papel de la especialización de sustratos microbianos ha sido en gran medida inexplorado, ya que el nivel de investigación realizada sobre estabilizadores alternativos consiste principalmente en pequeños estudios ad hoc . Utilizando enzimas y polímeros, los investigadores también han centrado su atención en reducir la permeabilidad del suelo y aumentar su resistencia a la compresión. Esto se ha logrado mediante la utilización del suelo. El objetivo de esta técnica es optimizar las cualidades del suelo para aumentar su rendimiento y durabilidad en diversas aplicaciones relacionadas con la ingeniería civil; sin embargo, la complejidad de estos productos y su implementación para una amplia gama de tipos de suelos y aplicaciones estructurales siguen siendo limitadas. Actualmente existe la necesidad de contar con más metodologías de investigación de apoyo y enfoques sistemáticos sobre la implementación de materiales de base biológica para el desarrollo de infraestructura. Esto también incluye la simplificación de productos de base biológica para posibles aplicaciones en la construcción. Esta revisión proporciona (a) una descripción general de las técnicas de estabilización de suelos, (b) los principales desafíos que quedan por delante para futuras investigaciones sobre la aplicación de productos de estabilización de base biológica en el sector vial y (c) innovaciones para abordar los desafíos del uso de técnicas modernizadas en la industria de la construcción de carreteras (es decir, subrasante débil y el mantenimiento requerido de la misma, así como el desarrollo de posibles aditivos de base biológica para aplicaciones en la construcción de carreteras sin pavimentar).

Según Venkateswararao et al. (2023) en su investigación "Mejora de subbases de pavimentos flexibles utilizando cenizas volantes y fibras naturales", sostiene que ya se ha demostrado que el uso de cenizas volantes como



elemento estabilizador tiene éxito. Además, los valores CBR de las cenizas volantes no cumplen los criterios del IRC. Este estudio pretende analizar la adición de fibra de coco, un recurso natural y ambientalmente sostenible, como material de refuerzo. Las cenizas volantes y la fibra de coco son materiales de desecho que pueden obtenerse localmente, lo que los convierte en materiales rentables y respetuosos con el medio ambiente. El artículo analiza los beneficios de las cenizas volantes y la fibra de coco en subbases de pavimentos flexibles, destacando su potencial como solución sostenible para la construcción y el mantenimiento de carreteras. Los experimentos de laboratorio realizados en subbases de cenizas volantes reforzadas con varios porcentajes de fibra de coco que van desde 0,1, 0,2 y 0,3 demuestran que la adición de fibras naturales puede mejorar las propiedades de resistencia de la subbase, observándose una mejora máxima con un nivel de refuerzo del 0,2%. Además, las pruebas de carga de placa cíclica realizadas en la subbase de cenizas volantes tratadas en condiciones óptimas proporcionan información valiosa sobre el rendimiento de la subbase en condiciones de carga repetidas. Los resultados sugieren que las fibras naturales se desempeñaron satisfactoriamente para mejorar la capacidad de carga de la subbase y reducir las deformaciones de rebote, lo que indica que este enfoque puede ser una alternativa viable a los materiales de subbase de pavimento convencionales

2.1.2. Antecedente nacional

Según (Sanchez y Cordoba, 2021). En su investigación "Efecto De La Melaza Y Carbón Molido En La Estabilización De Subrasante En Vía No Pavimentada, Distrito De Laredo, Trujillo". Estas observaciones se están realizando con la intención de lograr este propósito. Debido a la abundancia de



estos dos elementos en la zona, fueron seleccionados como componentes primarios. En el curso de estos experimentos, el objetivo es determinar cuál de estos dos materiales, o la combinación adecuada de ambos, es capaz de proporcionar la dosis óptima que se requiere para cumplir los objetivos de una estabilización exitosa del suelo. En cuanto a los porcentajes que se utilizaron, según el peso del pavimento seco, se utilizaron concentraciones de melaza de caña del 3%, 6% y 9%. Además, se utilizaron porcentajes de carbón mineral molido del 3%, 6% y 9%, y estos porcentajes también se utilizaron en relación con el peso del pavimento seco. Se seleccionaron estas proporciones con el fin de determinar las condiciones óptimas de mezcla y determinar su éxito en la estabilización del suelo. De acuerdo con la normativa establecida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se ha elaborado una tabla comparativa que proporciona información sobre las dosis óptimas y los resultados obtenidos para cada producto. La tabla está organizada según los porcentajes utilizados en las pruebas. El rendimiento de cada dosificación puede evaluarse y compararse de forma fiable utilizando esta tabla, que lo hace de acuerdo con los requisitos que exige la normativa vigente. La melaza ha demostrado ser el estabilizador de suelos más eficaz, como lo demuestra el hecho de que ha mostrado mejoras en todos los porcentajes que se utilizaron en las muestras de referencia. Esto se descubrió después de realizar 104 pruebas en las muestras que se tomaron en el distrito de Laredo. Basándose en este descubrimiento, parece que la melaza debería considerarse la opción más adecuada para mejorar las cualidades del suelo en una amplia gama de condiciones y concentraciones.



Según Ventocilla, (2021), en su investigación “Aplicación De Aditivos Químicos Para Estabilización De Suelos En Carreteras No Pavimentadas Del Tramo: Chontabamba – Oxapampa, Pasco 2021”, sostiene que Debido a la gran diversidad de tipos de suelo que pueden encontrarse en las carreteras de todo el país, el suelo natural es actualmente uno de los problemas más significativos a los que se enfrentan la mayoría de los proyectos. Además, este componente es bastante importante. Esta variabilidad tiene el potencial de causar preocupaciones sustanciales y hace necesaria la adopción de estrategias especializadas para garantizar el éxito de la planificación y ejecución de los proyectos de infraestructuras viarias. A efectos de esta investigación, se ha puesto en práctica una metodología particular. La investigación experimental explicativa es el tipo de investigación que se utiliza, y se distingue por el hecho de que permite una investigación en profundidad de variables en condiciones controladas, así como el análisis de datos cuantitativos para llegar a resultados fiables. Cemento, terrasil y cal son los tres estabilizantes químicos que se utilizarán en este proyecto con el objetivo principal de mejorar las propiedades de la subrasante con estos productos. Sobre la base de estos resultados, se llevó a cabo el ensayo CBR, con las adiciones incorporadas como agentes estabilizadores, para evaluar la eficacia de los aditivos en la mejora de las cualidades del suelo. Los resultados de la prueba CBR indican que el suelo natural presenta inicialmente un índice CBR que oscila entre el 15,6% y el 100%. Este es el caso, según la comunidad científica. Sin embargo, cuando se aplicaron aditivos químicos a una concentración del 3%, se registró un aumento considerable de los valores CBR, alcanzando incrementos del 20,5%, 21,5% y 25,5%, respectivamente. Esto supuso una mejora significativa de los valores



CBR. Los resultados de este estudio demuestran que los aditivos químicos son beneficiosos para mejorar las cualidades mecánicas y de resistencia del suelo evaluado.

Según (Cabana, 2017). En su estudio titulado "Mejoramiento De La Relación De Soporte (CBR) Al Adicionar El Estabilizante Químico Cal A La Subrasante De La Carretera No Pavimentada De Bajo Tránsito Paria - Wilcahuain, Huaraz, 2017", sostiene que si pudiera aconsejarme otro método para decir este texto, más largo y que utilice otras palabras, verbos, conectores y conjugaciones pero que siga transmitiendo el mismo significado, se lo agradecería mucho, Con el fin de obtener muestras representativas, se realizaron tres excavaciones a distintas profundidades. A continuación, estas muestras se sometieron a una serie de pruebas de laboratorio, que se llevaron a cabo respetando escrupulosamente las normas técnicas establecidas en Perú. Este procedimiento garantizó la obtención de datos fiables y precisos sobre las propiedades funcionales del suelo, lo que resulta esencial para la creación y ejecución de proyectos de infraestructura conformes con los requisitos nacionales. Teniendo en cuenta las características físicas de la carretera, la subrasante investigada se dividió en tres secciones distintas. En la primera parte, había una capa de arena arcillosa de escasa plasticidad y muy poca grava. Por otro lado, el suelo de la segunda y tercera parte se caracterizaba por una capa de arcilla inorgánica, arena y una cantidad muy pequeña de grava. Estos suelos tenían un índice CBR inferior al 10%, lo que indicaba que tenían una capacidad portante muy baja. Dadas las circunstancias, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) planteó dos posibles soluciones: o bien se mejoraba el suelo existente, o bien se sustituía la capa de cimentación por un material más



adecuado. En el marco de esta investigación, se optó por la primera alternativa propuesta por el MTC. La elección del estabilizante se realizó en base a las diferentes propiedades físicas que se encontraron en cada una de las muestras evaluadas. Todas estas muestras tenían una cantidad significativa de material arcilloso. De acuerdo con las recomendaciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), se sugiere la utilización de cal hidratada como el agente químico más adecuado para este tipo particular de suelo. En vista de ello, se decidió estabilizar el suelo añadiendo cal en proporciones variables. Esto se hizo con el fin de mejorar las cualidades del suelo y garantizar la mejor preparación posible para la construcción de la infraestructura vial necesaria así como la técnica EADES y GRIM, que son métodos establecidos por la normativa EC.020 sobre estabilización de taludes y suelos. Los resultados de estos estudios fueron de gran ayuda para calcular la cantidad específica de cal necesaria para mejorar las cualidades del suelo y garantizar que la zona fuera apta para aplicaciones relacionadas con proyectos de infraestructuras.

Según Tuscano, (2017). En su investigación "Estabilización De Subrasante Mediante El Uso De Aceite Reciclado En Carretera, Circuito Cruz De Paz Palian - El Tambo – Huancayo 2017", sostiene que Con el fin de estabilizar la subrasante en carreteras sin pavimentar, se investigó la posibilidad de utilizar aceite de motor viejo que no haya sido tratado. El propósito de este estudio era investigar una serie de inquietudes sobre enfoques novedosos para la estabilización del suelo. Más concretamente, el estudio investigó la viabilidad y las posibles consecuencias de la utilización de la basura como recurso en el aumento de la infraestructura viaria. Se llevó a cabo una investigación sobre la viabilidad de la utilización de aceites lubricantes reciclados con el fin de abordar



la cuestión de la estabilización de la subrasante en carreteras con bajos índices de volumen de tráfico. Esta estrategia pretendía identificar soluciones sostenibles y eficaces para mejorar la capacidad estructural y la durabilidad de las carreteras mediante la utilización de recursos reciclados en la construcción y el mantenimiento de las infraestructuras viarias. El objetivo principal de este estudio fue conocer cómo afectaba el uso de aceite reciclado a la estabilidad de la subrasante de la autopista Circuito Cruz de Paz. Los datos que se describen a continuación fueron obtenidos y analizados mediante una metodología aplicativa que combinó un diseño experimental con un enfoque explicativo correlacional: Se obtuvieron resultados positivos para la estabilidad de la subrasante de un suelo añadiendo aceite reciclado en concentraciones del 2% y el 4%. Según las estadísticas, se alcanzó un índice CBR del 5,31% con una eficacia del 95% utilizando un 2% de aceite. Por el contrario, se alcanzó un índice CBR del 8,51% con la misma eficiencia del 95% utilizando aceite al 4%. Estos resultados muestran que las características del suelo han mejorado significativamente. Sin embargo, se observó un índice CBR del 1,79% al aumentar la concentración al 6%, lo que indica resultados pobres para la estabilización del suelo en estas circunstancias. Las conclusiones del estudio indican que la adición de aceite lubricante reciclado debe hacerse en una proporción ideal de entre el 2% y el 4%, siendo esta última la más eficaz. En comparación con el estado natural del suelo, este cambio se traduce en un aumento significativo del índice CBR, que alcanza el 8,51% con un nivel de confianza del 95%. Estos resultados son especialmente pertinentes para las autopistas de poco tráfico, donde el objetivo es mejorar la estabilidad y



longevidad de la subrasante de forma económica y respetuosa con el medio ambiente.

Según Ramos (2014). En su investigación "Mejoramiento De Subrasantes De Baja Capacidad Portante Mediante El Uso De Polímeros Reciclados En Carreteras, Paucará Huancavelica 2014..", se investigó la posibilidad de añadir valor al polímero reciclado fabricado a partir de botellas desechables de PET (tereftalato de polietileno). propiedades mecánicas y estructurales del suelo de manera eficiente. Esto ofrecería una opción asequible y sostenible para los proyectos de infraestructura que necesitan aumentar significativamente la estabilidad del suelo. La subrasante investigada se dividió en dos partes según los parámetros físicos de cada sección. El primer segmento se compone de suelo arcilloso que tiene una plasticidad media y algo de grava y arena mezcladas con él. La segunda sección se compone de suelo arcilloso que tiene algo de arena pero una falta significativa de grava. Ambas partes tienen un índice CBR inferior al 6%, lo que indica que tienen una capacidad portante baja. En este escenario se examinan dos posibles vías de actuación: o bien se pueden mejorar las cualidades del suelo actual, o bien se puede sustituir la capa de cimentación por material aceptable procedente de canteras. Dadas las circunstancias de esta investigación, se ha seleccionado la primera alternativa como método principal de investigación. Se revisó el "Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos" del MTC (2013) para identificar el tipo adecuado de estabilizador. Este manual propone ocho tipos distintos de estabilizantes, que se tuvieron en cuenta durante el proceso de selección. Después de un análisis de las propiedades del suelo que necesitaban ser mejoradas, se concluyó que sólo uno de estos estabilizadores era adecuado: la estabilización del suelo utilizando cal.



Como resultado, se seleccionó este enfoque para llevar a cabo una comparación con los resultados obtenidos mediante la utilización de polímeros de PET reciclados.

2.1.3. Antecedente local

Según Jara (2024) en su investigación "Estabilización De Suelos Arcillosos Incorporando Cenizas De Madera (Aserrín), En Su Comportamiento Mecánico - Deformacional Para El Mejoramiento De La Subrasante, De Las Vías De La Urbanización Las Gardenias De La Ciudad De Juliaca", Dadas las malas condiciones de las carreteras, especialmente como consecuencia de la prevalencia de suelos arcillosos, que no cumplen las normas de calidad exigidas para su uso como subrasante, se planteó el problema de mejorar la estabilidad de los suelos arcillosos en las carreteras. Esto se debió especialmente a la presencia de este tipo de suelos. Esta circunstancia sirvió de impulso para la búsqueda de soluciones eficaces que aumentaran la capacidad portante de la subrasante y garantizaran que la infraestructura viaria fuera suficientemente duradera y funcional.

Según Ramos, (2022) en su investigación "Nanotecnología Aplicada A La Estabilización De Suelos Para Subrasante", sostiene que a medida que se llevan a cabo proyectos de construcción de carreteras, el ingeniero civil debe enfrentarse a una amplia gama de tipos de suelos, cada uno de los cuales presenta su propio conjunto de obstáculos. La existencia de suelos blandos y suelos con baja resistencia,. Debido a que tienen un impacto directo en la estabilidad y durabilidad de la infraestructura, estas características son esenciales para la planificación y ejecución de las mejoras de las carreteras. Teniendo en cuenta estos retos, una de las posibles soluciones que se ha



sugerido es la estabilidad de estos suelos. Por ello, el objetivo de este estudio es analizar las propiedades geotécnicas de un suelo fino de consistencia blanda para su uso en carreteras utilizando Terrasil, un producto derivado de la nanotecnología. Se realizaron evaluaciones detalladas de diversos parámetros geotécnicos del suelo natural. Estos análisis incluyeron el contenido de humedad natural, el análisis granulométrico, los límites de consistencia, la prueba Proctor modificada, el índice CBR y la compresión simple. Además, se sugiere la incorporación del agente estabilizador químico Terrasil en una variedad de tasas de aplicación, incluyendo 0,2 L/m³, 0,8 L/m³, 1,4 L/m³, y 2,0 L/m³ por peso seco de suelo, Para obtener el contenido óptimo de humedad, ambas dosificaciones se homogeneizaron con agua hasta obtener el resultado deseado. A continuación, se dejó curar durante un periodo de siete días, y después se realizaron las pruebas que se le asignaron. Estas pruebas incluyeron la evaluación de los límites de consistencia, el índice CBR y la resistencia a la compresión simple. En comparación con el suelo en su forma natural, los resultados de los ensayos mostraron una disminución del Índice de Plasticidad, un aumento del Índice CBR, una influencia favorable en la expansión del suelo y un aumento de la resistencia a la compresión no confinada (UCS). Como consecuencia de ello, puede deducirse que el uso de Terrasil como estabilizante de base nanotecnológica proporciona mejoras sustanciales en las propiedades geotécnicas de un suelo de subrasante que posea características blandas.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Subrasante

La subrasante, también conocida como "capa de subbase" o "capa base del terreno", es la superficie preparada y nivelada sobre la cual se construyen



estructuras como carreteras, calles, autopistas, aeropistas, vías férreas y otras infraestructuras de transporte o construcción. Representa la base fundamental para el soporte y la estabilidad de estas estructuras.

En proyectos de construcción de carreteras, la subrasante se refiere al suelo o terreno compactado y tratado para proporcionar una base estable y uniforme. Este suelo se prepara cuidadosamente para garantizar que pueda soportar el peso de las capas superiores, como la subbase, la base y la capa de rodadura, que soportan el tráfico vehicular.

El proceso de preparación de la subrasante generalmente implica la eliminación de escombros, rocas, y otros materiales inestables, seguido de nivelación y compactación del terreno. En algunas situaciones, puede requerir técnicas adicionales para mejorar su capacidad de carga, como el uso de geotextiles o tratamiento con productos estabilizantes para suelos.

Además de ser fundamental para el soporte estructural, la subrasante juega un papel importante en el manejo del drenaje y la prevención de asentamientos irregulares. Una subrasante bien construida ayuda a asegurar la longevidad y la integridad de la carretera u otras estructuras construidas encima de ella, minimizando el riesgo de deformaciones, grietas y otros problemas que pueden surgir con el tiempo debido al tráfico y a las condiciones climáticas.

2.2.2. Propiedades físicas de suelos de la subrasante

Las propiedades físicas de la capa subrasante del suelo son fundamentales para determinar su idoneidad para aplicaciones en construcción, como carreteras, caminos y otras infraestructuras de transporte. Estas propiedades influyen en la estabilidad, resistencia y durabilidad de la subrasante y afectan la



capacidad de soporte y la reacción del suelo a las condiciones ambientales. Aquí están algunas de las propiedades físicas más importantes:

2.2.2.1. Granulometría

La granulometría en suelos de la subrasante es un análisis que determina la distribución del tamaño de las partículas en un suelo, fundamental para evaluar su idoneidad como base para proyectos de construcción, especialmente en carreteras y vías férreas. Este análisis, comúnmente realizado mediante el uso de tamices o pruebas de sedimentación, clasifica el suelo en categorías como arena, grava, limo y arcilla, entre otros. Una granulometría adecuada para una subrasante garantiza que el suelo tenga propiedades óptimas de compactación, drenaje y estabilidad, factores esenciales para soportar las capas superiores de una estructura sin riesgos de asentamientos, deformaciones o fallas. El estudio de granulometría proporciona datos críticos para ingenieros y constructores, permitiéndoles elegir técnicas de tratamiento del suelo o modificaciones necesarias para asegurar la durabilidad y seguridad de las construcciones.

- **Coefficiente de curvatura**

Es un parámetro utilizado en el análisis de granulometría de suelos para evaluar la uniformidad o el grado de distribución del tamaño de las partículas en una muestra de suelo. Se calcula a partir de la curva granulométrica, que es el resultado de un análisis de tamices. El coeficiente de curvatura (C_c) se calcula utilizando las siguientes medidas de los diámetros de partículas: D_{10} , D_{30} y D_{60} , donde D_{10} es el diámetro por debajo del cual se encuentra el 10% del material, D_{30} es el diámetro para el 30%, y D_{60} para el 60%. La fórmula para el coeficiente de curvatura es:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}}$$



Un valor de C_c entre 1 y 3 generalmente indica que el suelo tiene una distribución de tamaños de partículas bastante uniforme y es probable que tenga buenas propiedades de compactación y estabilidad. Si el coeficiente se desvía significativamente de este rango, podría sugerir que el suelo tiene una distribución de tamaños de partículas más variable, lo que podría requerir tratamiento adicional para aplicaciones específicas en construcción o ingeniería. El coeficiente de curvatura es esencial para determinar la idoneidad de un suelo para distintos usos y para planificar adecuadamente procesos de compactación y estabilización en proyectos de construcción.

- **Coeficiente de uniformidad**

Es un parámetro utilizado para describir la dispersión o el rango de tamaños de las partículas en una muestra de suelo. Se calcula a partir de los resultados obtenidos del análisis de tamices, que proporciona información sobre la distribución del tamaño de las partículas en el suelo. El coeficiente de uniformidad (C_u) se determina mediante la relación entre el diámetro de las partículas por debajo del cual se encuentra el 60% del material (D_{60}) y el diámetro por debajo del cual se encuentra el 10% del material (D_{10}). La fórmula para el coeficiente de uniformidad es:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

Un coeficiente de uniformidad bajo, cercano a 1, indica que las partículas tienen un tamaño bastante uniforme, mientras que un coeficiente alto sugiere una amplia gama de tamaños de partículas, lo cual puede afectar las propiedades del suelo, como la capacidad de compactación, el drenaje y la estabilidad. En general, valores de C_u superiores a 4 para suelos arenosos y 6 para suelos arcillosos se consideran indicativos de una distribución de partículas



suficientemente amplia para ofrecer buenos resultados en términos de compactación y estabilidad, esenciales para aplicaciones en ingeniería civil y construcción. El coeficiente de uniformidad es una herramienta clave para ingenieros y geo tecnológicos para evaluar la idoneidad del suelo para proyectos específicos y para entender las necesidades de tratamiento o estabilización.

2.2.2.2. Plasticidad

La plasticidad en suelos de la subrasante es una propiedad que describe la capacidad del suelo para deformarse sin romperse cuando se le aplica una carga. En el contexto de la subrasante, la plasticidad es un factor crítico para evaluar la idoneidad del suelo como base para infraestructuras como carreteras, vías férreas y otras estructuras. Los suelos con alta plasticidad pueden ser susceptibles a deformaciones excesivas, agrietamiento o cambios significativos en su volumen con fluctuaciones en la humedad, lo que puede llevar a problemas de estabilidad y durabilidad en la subrasante.

Para medir la plasticidad del suelo, se utilizan pruebas como el límite líquido y el límite plástico, los cuales se obtienen mediante el ensayo de Atterberg. La diferencia entre estos dos valores se conoce como índice de plasticidad, que proporciona una medida de la plasticidad del suelo. Un índice de plasticidad alto indica que el suelo puede ser muy plástico y, por lo tanto, susceptible a deformaciones cuando está mojado, mientras que un índice bajo sugiere un suelo menos propenso a esos cambios.

En el diseño y construcción de subrasantes, los ingenieros buscan suelos con niveles de plasticidad que proporcionen suficiente estabilidad y resistencia a la deformación. Si el suelo tiene demasiada plasticidad, puede ser necesario estabilizarlo o tratarlo para reducir el riesgo de deformación. Por lo tanto,



entender y gestionar la plasticidad es fundamental para asegurar la longevidad y seguridad de infraestructuras construidas sobre la subrasante.

2.2.2.3. Equivalente de arena

El equivalente de arena en suelos de la subrasante es un índice que mide la proporción relativa de arena en comparación con materiales finos, como arcillas y limos, en una muestra de suelo. Este parámetro es particularmente importante en el contexto de la subrasante, donde se necesita un equilibrio adecuado entre estabilidad, compactación y drenaje para soportar infraestructuras como carreteras y vías férreas.

El ensayo del equivalente de arena se realiza tomando una muestra de suelo y agitándola en una solución de cloruro de calcio para separar las partículas de arena de las finas. Luego, se mide la altura de la columna de arena en comparación con la altura total de la muestra, lo que da como resultado un valor que representa el equivalente de arena. Un valor alto sugiere un mayor contenido de arena, mientras que un valor bajo indica un mayor contenido de finos.

Un equivalente de arena bajo puede indicar un suelo con mayor cantidad de limos y arcillas, que podrían provocar problemas de estabilidad, expansión o contracción cuando se expone a la humedad. Por el contrario, un valor alto generalmente se asocia con mejores propiedades de drenaje y resistencia a la deformación. En el diseño de subrasantes, se busca un equilibrio adecuado del equivalente de arena para asegurar que la base sea lo suficientemente sólida y resistente a los cambios de volumen o a la pérdida de estabilidad a lo largo del tiempo. Los ingenieros utilizan este parámetro para tomar decisiones informadas



sobre el tratamiento del suelo y la adecuación de las condiciones de la subrasante para proyectos de construcción y obras civiles.

2.2.2.4. Índice de grupo

Cuando se trata de suelos de subrasante, el índice de grupo es una característica esencial que se utiliza para clasificar la idoneidad del suelo en cuanto a su capacidad para servir de subrasante en la construcción de carreteras y otros tipos de infraestructuras. A la hora de examinar las cualidades geotécnicas del suelo, este índice es un factor de suma importancia. Proporciona información beneficiosa que ayuda a garantizar la estabilidad y durabilidad de los edificios que se levantan sobre el suelo.

El índice de grupo se calcula utilizando fórmulas específicas que toman en cuenta los valores de límite líquido, índice de plasticidad y porcentaje de partículas finas en el suelo. El resultado es un número que puede ser negativo o positivo, donde valores bajos o negativos indican suelos más adecuados para su uso en subrasantes debido a su estabilidad y resistencia a la deformación. Valores más altos indican suelos con mayor contenido de finos y plasticidad, lo que puede requerir tratamiento o estabilización adicionales para ser utilizables en proyectos de construcción.

En la construcción de carreteras y otras infraestructuras, el índice de grupo es útil para evaluar la calidad del suelo y ayudar a los ingenieros a tomar decisiones sobre la selección de materiales y el tratamiento necesario para garantizar una base sólida y estable. Un índice de grupo alto podría sugerir la necesidad de mezclar el suelo con otros materiales o aplicar métodos de estabilización para mejorar su rendimiento como subrasante.

2.2.2.5. Humedad natural

La humedad natural en suelos de la subrasante es la cantidad de agua presente en el suelo en su estado natural, antes de ser sometido a cualquier proceso de construcción o alteración. Se expresa como un porcentaje, calculado como el peso del agua contenido en el suelo en relación con el peso seco del mismo. La humedad natural es un parámetro crucial para evaluar las propiedades mecánicas y la estabilidad del suelo, especialmente cuando se usa como subrasante para carreteras, caminos y otras infraestructuras.

El nivel de humedad natural puede afectar significativamente las características del suelo, como su densidad, compresibilidad y resistencia a la compactación. Por ejemplo, suelos con un alto contenido de humedad pueden ser más propensos a deformaciones, hundimientos o falta de estabilidad cuando se someten a cargas pesadas. Por otro lado, suelos demasiado secos pueden ser difíciles de compactar y requerir riego adicional para alcanzar una densidad adecuada.

En el contexto de la construcción de subrasantes, conocer la humedad natural del suelo ayuda a los ingenieros a diseñar procedimientos de compactación, drenaje y estabilización. También permite prever problemas potenciales relacionados con cambios en la humedad debidos a condiciones climáticas o al entorno circundante. Ajustar los procesos de construcción de acuerdo con la humedad natural del suelo es fundamental para garantizar la durabilidad y la seguridad de las estructuras construidas sobre la subrasante.

2.2.2.6. Clasificación de suelos de subrasante

Sistema (SUCS):

El SUCS clasifica los suelos en dos categorías principales:



- Granulares: Suelos con un 50% o más de partículas retenidas en el tamiz #200. Incluye arenas (S) y gravas (G). Dentro de cada una de estas categorías, se usa un segundo símbolo para indicar propiedades adicionales, como grado de gradación (bien o mal gradado) o presencia de finos (arcillas o limos).
- Finos: Suelos con más del 50% de partículas que pasan a través del tamiz #200. Incluye limos (M) y arcillas (C). Para cada tipo de suelo fino, se usan letras adicionales para indicar el nivel de plasticidad (baja, intermedia, alta).

Sistema AASHTO:

El sistema AASHTO clasifica los suelos en siete grupos, del A-1 al A-7, y cada grupo tiene subgrupos basados en propiedades como granulometría, límite líquido e índice de plasticidad. Los grupos incluyen:

- A-1 a A-3: Suelos granulares, con una mayor proporción de arena y grava.
- A-4 a A-7: Suelos finos, con mayor contenido de limos y arcillas.
- Índice de grupo: Un número adicional que indica la calidad relativa del suelo dentro de su grupo, utilizado para evaluar la idoneidad para carreteras.

Ambos sistemas ayudan a ingenieros y geo tecnológicos a identificar las propiedades del suelo y determinar cómo puede ser utilizado o si necesita tratamiento adicional para servir como subrasante. La clasificación proporciona una base para diseñar procesos de construcción adecuados y garantizar la estabilidad y durabilidad de las infraestructuras.

2.2.3. Propiedades mecánicas de suelos de la subrasante

Las propiedades mecánicas de la capa subrasante del suelo son aquellas que determinan cómo el suelo responde a las fuerzas aplicadas y qué tan bien puede soportar las cargas de estructuras como carreteras, caminos y otras



infraestructuras de transporte. Estas propiedades juegan un papel crucial en la estabilidad y la resistencia de la subrasante, y a menudo guían las decisiones de diseño y construcción. A continuación, se describen algunas de las propiedades mecánicas más importantes para la subrasante del suelo.

2.2.3.1. CBR

Proporcionando una indicación de su resistencia relativa a la penetración y su capacidad para ser utilizado como subrasante en la construcción de carreteras y otras infraestructuras de transporte. El CBR se determina mediante un ensayo en el cual una muestra de suelo, generalmente compactada a una densidad y humedad específicas, es sometida a la penetración de un pistón estándar. La presión aplicada se compara con la presión necesaria para obtener una penetración similar en un material de referencia (en este caso, piedra triturada). El resultado se expresa como un porcentaje: un valor de CBR más alto indica una mayor capacidad de soporte del suelo.

Este índice es especialmente útil para los ingenieros civiles y geotécnicos que diseñan subrasantes, ya que ofrece información sobre la capacidad del suelo para soportar el tráfico vehicular y las cargas asociadas con la infraestructura de carreteras. Un valor de CBR alto sugiere que el suelo puede ser adecuado para su uso como subrasante sin necesidad de tratamiento adicional, mientras que un valor bajo puede indicar la necesidad de estabilización o el uso de materiales de refuerzo.

El CBR es crítico para la planificación y construcción de carreteras, caminos y otras infraestructuras, ya que ayuda a determinar el grosor requerido de las capas de base y subbase para asegurar la estabilidad y durabilidad de la estructura. Un análisis de CBR permite a los ingenieros tomar decisiones

informadas sobre el diseño de la subrasante, ajustando la construcción para satisfacer las necesidades de resistencia y soporte del proyecto en cuestión.

2.2.3.2. Resistencia al cizallamiento

Es la capacidad del suelo para resistir fuerzas que tienden a hacer que sus partículas se deslicen o se separen entre sí, la resistencia al cizallamiento es un parámetro crítico que ayuda a determinar la estabilidad del suelo bajo condiciones de carga, vibraciones y otras fuerzas externas. Una resistencia al cizallamiento alta indica que el suelo puede soportar estas fuerzas sin deslizamientos o fallas, mientras que una resistencia baja sugiere que el suelo es más propenso a la inestabilidad y el movimiento.

La resistencia al cizallamiento se compone de dos elementos principales: cohesión y fricción interna. La cohesión se refiere a la atracción entre partículas de suelo, generalmente debida a la presencia de arcilla o materia orgánica. La fricción interna es el resultado de la resistencia al movimiento entre partículas, influenciada por el tipo de suelo y su granulometría. El ángulo de fricción interna y la cohesión son medidas clave que se utilizan para estimar la resistencia al cizallamiento.

Los ensayos más comunes para medir la resistencia al cizallamiento incluyen la prueba de corte directo, la prueba triaxial y el ensayo de compresión inconfina. Los ingenieros civiles y geotécnicos utilizan estos ensayos para determinar la capacidad del suelo para soportar fuerzas laterales y para planificar estrategias de construcción que minimicen el riesgo de deslizamientos, asentamientos diferenciales y otras fallas estructurales



2.2.3.3. Resistencia a la fatiga

Es la capacidad del suelo para soportar cargas repetidas o cíclicas sin sufrir deterioro o fallas significativas. En el contexto de infraestructuras como carreteras y vías férreas, donde las cargas se aplican repetidamente debido al tráfico vehicular o ferroviario, esta propiedad es esencial para garantizar la durabilidad y la estabilidad de la subrasante a largo plazo.

Cuando un suelo está sujeto a cargas cíclicas, como el paso constante de vehículos, el material puede experimentar acumulación de deformaciones y debilitamiento de su estructura interna. La resistencia a la fatiga se refiere a la habilidad del suelo para resistir estos efectos y mantener su integridad estructural. Un suelo con alta resistencia a la fatiga puede soportar estas cargas sin experimentar fallas prematuras, como fisuras, deformaciones excesivas o asentamientos diferenciales, mientras que un suelo con baja resistencia a la fatiga es más propenso a estos problemas.

Para evaluar la resistencia a la fatiga, se suelen realizar ensayos que simulan las condiciones de carga cíclica a las que estará expuesto el suelo en su uso real.

2.2.3.4. Angulo de fricción interna

El ángulo de fricción del suelo de la subrasante, también conocido como ángulo de fricción interna, es una propiedad mecánica que describe la resistencia que tienen las partículas del suelo para deslizarse unas sobre otras bajo la acción de fuerzas de corte o cizallamiento. Se mide en grados y representa el ángulo máximo al que las partículas pueden ser sometidas a fuerzas laterales sin que ocurran deslizamientos o fallas estructurales.

El ángulo de fricción es un parámetro esencial para evaluar la estabilidad del suelo de la subrasante. Cuanto mayor sea el ángulo de fricción, bajo cargas laterales o inclinadas. Este parámetro está influenciado por varios factores, como la granulometría del suelo, la compactación, la humedad y el contenido de finos.

Los ingenieros civiles y geotécnicos utilizan el ángulo de fricción para calcular la resistencia al cizallamiento del suelo y para diseñar infraestructuras que sean seguras y estables a largo plazo. Los valores del ángulo de fricción también se aplican en análisis de estabilidad de taludes, diseño de cimentaciones, y evaluación de la capacidad de carga de la subrasante.

El ángulo de fricción se determina mediante ensayos de laboratorio, como la prueba triaxial y la prueba de corte directo, que permiten medir la resistencia al deslizamiento del suelo bajo diferentes condiciones de carga y confinamiento. Estos datos son fundamentales para garantizar que las infraestructuras construidas sobre la subrasante sean duraderas y resistentes a las fuerzas que puedan actuar sobre ellas

2.2.3.5. Cohesión

La cohesión es una componente crucial de la resistencia al cizallamiento, permitiendo que el suelo resista el deslizamiento o la separación bajo la acción de fuerzas externas. Una mayor cohesión indica que el suelo puede soportar fuerzas de corte sin desintegrarse, lo que es fundamental para mantener la estabilidad de la subrasante.

Al tener un impacto tan considerable en la capacidad portante y la resistencia estructural de la subrasante, la cohesión del suelo es un factor extremadamente importante en el desarrollo de infraestructuras de transporte, incluidas carreteras, autopistas y otros tipos de infraestructuras de transporte.

Esta propiedad geotécnica es esencial para evaluar y garantizar la estabilidad y durabilidad de las obras viarias, lo que a su vez garantiza que la función de la infraestructura construida se lleve a cabo de forma segura y eficaz. Los suelos con alta cohesión suelen ser menos susceptibles a la erosión y al deslizamiento, pero pueden ser más propensos a la expansión o contracción con cambios en la humedad. Por otro lado, suelos con baja cohesión tienden a ser menos resistentes al cizallamiento y pueden requerir tratamiento o estabilización para evitar problemas como deslizamientos o asentamientos.

Los ingenieros geotécnicos utilizan la cohesión del suelo para diseñar infraestructuras estables y duraderas, analizando la combinación de cohesión y fricción interna para estimar la resistencia total del suelo. Para medir la cohesión, se realizan pruebas de laboratorio como la prueba de corte directo o la prueba triaxial, que permiten cuantificar la resistencia al cizallamiento del suelo bajo diferentes condiciones de carga y presión.

2.2.4. Estabilización de suelos

El propósito principal de la estabilización es incrementar la resistencia del suelo, mejorar su capacidad de carga, reducir la expansión o contracción debida a cambios de humedad, y aumentar la durabilidad y estabilidad a largo plazo. Aquí hay una descripción más extensa de las diversas formas y consideraciones relacionadas con la estabilización de suelos. (Brutovský et al., 2023)

2.2.5. Métodos de estabilización de suelos general

La evaluación estructural de pavimentos es un proceso esencial que implica analizar la capacidad portante del sistema compuesto por el pavimento y la subrasante en una estructura vial ya existente. Este análisis se lleva a cabo en cualquier etapa del ciclo de vida del pavimento con el objetivo principal de

identificar y cuantificar las necesidades de rehabilitación. Esto se vuelve particularmente relevante cuando el pavimento se aproxima al final de su vida útil o cuando está previsto un cambio en su función específica.

- **Estabilización Mecánica:** Consiste en mezclar diferentes tipos de suelos para obtener una combinación con mejores propiedades. Esto puede incluir la incorporación de agregados, arenas o gravas para mejorar la granulometría y la compacidad del suelo.
- **Estabilización Química:** Involucra la adición de materiales químicos al suelo para modificar sus propiedades. Los agentes estabilizantes más comunes incluyen cemento, cal y otros aditivos químicos. El cemento puede aumentar la resistencia y reducir la compresibilidad, mientras que la cal puede ser útil para estabilizar suelos con alto contenido de arcilla.
- **Estabilización Física:** Involucra el uso de geotextiles, geomallas, o geoceldas para mejorar la estabilidad y resistencia del suelo. Estos materiales se colocan dentro o sobre el suelo para reforzar su estructura y prevenir la erosión y el deslizamiento.

2.2.6. Métodos de estabilización de suelos según MTC

2.2.6.1. Suelos estabilizados por cemento

Los suelos estabilizados por cemento, o suelos con tratamiento cementoso, son aquellos en los que se incorpora cemento hidráulico, haciéndolos más adecuados para aplicaciones de ingeniería civil, como subrasantes y capas base en carreteras y otras infraestructuras. Este proceso de estabilización implica una serie de pasos técnicos que incluyen la evaluación de las características del suelo, el diseño de la mezcla óptima de cemento, la incorporación del cemento al suelo, la compactación y el curado. El cemento reacciona químicamente con



la humedad en el suelo, formando compuestos cementosos que aumentan la cohesión y la resistencia al cizallamiento, al tiempo que reducen la compresibilidad y el riesgo de asentamientos. Los suelos estabilizados por cemento tienen ventajas significativas en términos de durabilidad y resistencia a la erosión, lo que los hace ideales para aplicaciones donde el suelo debe soportar cargas pesadas y condiciones climáticas adversas. Este tipo de estabilización también puede mejorar las características de drenaje y reducir la expansión y contracción en suelos con alto contenido de arcilla. En aplicaciones de construcción, los ingenieros utilizan suelos estabilizados por cemento para crear bases sólidas que puedan soportar el tráfico y las cargas estructurales a largo plazo, minimizando el riesgo de deformaciones o fallas.

2.2.6.2. Estabilización con cloruro de sodio

La estabilización con cloruro de sodio es un método que involucra el uso de sal (cloruro de sodio, NaCl), especialmente en aplicaciones de ingeniería civil y construcción de caminos no pavimentados. Este proceso busca aumentar la estabilidad del suelo, mejorar su capacidad de soporte, y reducir el polvo y la erosión, entre otros beneficios. El cloruro de sodio actúa como agente estabilizador al modificar las características del suelo y al promover la retención de humedad, lo que puede ser útil en regiones áridas o donde se busca reducir el levantamiento de polvo.

En la estabilización con cloruro de sodio, la sal se dispersa uniformemente sobre la superficie del suelo o se mezcla con el suelo existente. La aplicación suele hacerse mediante soluciones salinas o sal granular, que posteriormente se mezcla y se compacta para garantizar una distribución uniforme. El cloruro de sodio atrae y retiene la humedad del ambiente, lo que ayuda a mantener el suelo



cohesionado y a mejorar su compactación, contribuyendo a la estabilidad y resistencia del suelo.

Este tipo de estabilización es especialmente útil en carreteras rurales y caminos de bajo tráfico, donde puede reducir el mantenimiento requerido y mejorar la durabilidad de la superficie. Al mantener un nivel constante de humedad, el cloruro de sodio puede reducir el desgaste por tráfico y disminuir la erosión causada por el viento, lo que también contribuye a la longevidad de los caminos.

Sin embargo, el uso de cloruro de sodio para estabilización debe hacerse con precaución, ya que la sal puede tener efectos negativos en el medio ambiente, como la salinización del suelo y la contaminación del agua subterránea. También puede ser corrosiva para la maquinaria y las infraestructuras metálicas cercanas. Por lo tanto, el uso de este método requiere un análisis cuidadoso de las condiciones locales y medidas de mitigación para evitar impactos negativos.

2.2.6.3. Estabilización con cloruro de calcio

La estabilización con cloruro de calcio es un proceso en el que se emplea el cloruro de calcio (CaCl_2), una sal higroscópica, para mejorar las propiedades de suelos en aplicaciones de construcción e ingeniería civil, especialmente en caminos no pavimentados y superficies estabilizadas. Este método se utiliza para aumentar la cohesión del suelo, controlar el polvo, reducir la erosión y mejorar la compactación. El cloruro de calcio tiene la capacidad de atraer y retener la humedad del ambiente, lo que lo hace especialmente efectivo para estabilizar suelos en áreas con climas secos o en caminos con alto tráfico, donde el polvo y la pérdida de cohesión son problemas significativos.



La aplicación de cloruro de calcio en suelos se realiza generalmente en forma líquida o en gránulos. En el primer caso, se disuelve el cloruro de calcio en agua para crear una solución que se distribuye sobre el suelo, permitiendo que la sal penetre y estabilice la estructura del suelo. En el caso de los gránulos, estos se dispersan y luego se mezclan y compactan para asegurar una distribución uniforme. La propiedad higroscópica del cloruro de calcio le permite absorber la humedad del aire, lo que ayuda a mantener el suelo compactado y cohesionado, reduciendo el riesgo de erosión y levantamiento de polvo.

La estabilización con cloruro de calcio es particularmente útil en caminos rurales y áreas con superficies sin pavimentar, ya que puede prolongar la vida útil de la superficie, reducir el mantenimiento requerido y mejorar la comodidad para los usuarios al reducir la generación de polvo. Sin embargo, el uso de cloruro de calcio debe gestionarse cuidadosamente, ya que, al ser una sal, puede tener efectos corrosivos en infraestructuras metálicas y vehículos, así como impactos ambientales potenciales como la salinización del suelo y contaminación del agua subterránea. Los ingenieros y especialistas en suelos deben evaluar estos riesgos y aplicar medidas de mitigación adecuadas para minimizar los impactos negativos.

2.2.6.4. Estabilización de cloruro de magnesio

La estabilización con cloruro de magnesio es un proceso en el cual se utiliza cloruro de magnesio ($MgCl_2$), una sal higroscópica, para mejorar las propiedades de suelos en aplicaciones de construcción y mantenimiento de carreteras y caminos no pavimentados. Este método se basa en la capacidad del cloruro de magnesio para atraer y retener la humedad del aire, lo que contribuye a mejorar la compactación, reducir el polvo y aumentar la cohesión del suelo,



especialmente en áreas con climas secos o en caminos con tráfico frecuente que tienden a degradarse rápidamente.

El cloruro de magnesio se aplica generalmente en forma líquida, mediante una solución concentrada que se rocía sobre el suelo o se mezcla con él. Al absorber humedad, esta sal higroscópica ayuda a mantener el suelo cohesionado, evitando la dispersión de partículas y el levantamiento de polvo, lo cual es esencial para mantener la integridad de carreteras y caminos no pavimentados. Además, el cloruro de magnesio puede proporcionar cierto grado de estabilización estructural, permitiendo que el suelo soporte cargas y tránsito sin deformarse o erosionarse excesivamente.

Una de las aplicaciones más comunes de esta estabilización es en carreteras rurales y caminos de bajo mantenimiento, donde el control del polvo y la mejora de la durabilidad son esenciales para reducir el desgaste y la necesidad de mantenimiento frecuente. El cloruro de magnesio puede extender la vida útil de estas vías y reducir la erosión causada por el viento y la lluvia, además de disminuir el impacto ambiental del polvo en áreas cercanas.

Sin embargo, el uso del cloruro de magnesio para estabilización debe gestionarse cuidadosamente, ya que su naturaleza salina puede tener efectos corrosivos sobre infraestructuras metálicas y vehículos. También puede ocasionar problemas ambientales, como la salinización del suelo y la contaminación de fuentes de agua subterránea. Por lo tanto, es crucial que los ingenieros y especialistas en suelos consideren estos riesgos y apliquen prácticas adecuadas de mitigación para minimizar el impacto ambiental y los posibles efectos negativos en infraestructuras y ecosistemas.

2.2.6.5. Estabilización con productos asfálticos

La estabilización con productos asfálticos es un proceso en el cual se utiliza asfalto u otros derivados del petróleo para mejorar las propiedades de los suelos en aplicaciones de construcción, especialmente en la creación de subrasantes para carreteras y caminos. Este tipo de estabilización busca aumentar la cohesión del suelo, reducir la permeabilidad, mejorar la compactación y ofrecer resistencia adicional a la erosión y el desgaste, aspectos cruciales para la durabilidad de infraestructuras de transporte.

Los productos asfálticos utilizados en la estabilización pueden ser emulsiones asfálticas, cutbacks asfálticos o asfaltos espumados. En el caso de las emulsiones asfálticas, se trata de una mezcla de asfalto, agua y surfactantes que permiten que el asfalto se disperse de manera uniforme en el suelo. Los cutbacks son productos asfálticos disueltos en solventes para facilitar su aplicación y manipulación, mientras que el asfalto espumado se obtiene inyectando vapor en el asfalto caliente para aumentar su volumen, permitiendo así una mejor penetración y mezcla con el suelo.

La estabilización con productos asfálticos ofrece varios beneficios clave:

- **Mejora de la Cohesión:** El asfalto actúa como un aglutinante que mantiene unidas las partículas del suelo, incrementando su cohesión y resistencia a la compresión.
- **Reducción de la Permeabilidad:** Al cubrir y sellar las partículas del suelo, el asfalto reduce la permeabilidad, minimizando la infiltración de agua y el riesgo de erosión.



- Incremento de la Estabilidad y Durabilidad: La estabilización con productos asfálticos proporciona mayor resistencia al desgaste causado por el tráfico y las condiciones climáticas, prolongando la vida útil de carreteras y caminos.

Este método de estabilización es particularmente útil para carreteras rurales, caminos no pavimentados y pistas temporales, donde la durabilidad y la resistencia a la erosión son fundamentales. Sin embargo, el uso de productos asfálticos también conlleva preocupaciones ambientales, como la emisión de compuestos orgánicos volátiles (COV), el riesgo de contaminación del suelo y el potencial impacto sobre los recursos hídricos. Los ingenieros y especialistas deben abordar estos aspectos mediante un manejo cuidadoso y estrategias de mitigación para garantizar que la estabilización con productos asfálticos se utilice de manera segura y sostenible.

2.2.6.6. Estabilización de suelos con cal

Se utilizan como agentes para que sus características tanto físicas y mecánicas mejoren sus capacidades para una variedad de aplicaciones en ingeniería civil y construcción de infraestructuras, haciéndolos más adecuados para aplicaciones de construcción y otras infraestructuras de ingeniería civil. Este tipo de estabilización es especialmente eficaz en suelos con alto contenido de arcilla, ya que la cal puede reaccionar químicamente con las partículas arcillosas, alterando su estructura y mejorando la resistencia y la capacidad de carga del suelo.

El proceso de estabilización con cal generalmente implica varias etapas:

- Evaluación y Preparación del Suelo: Se realiza un análisis del suelo para determinar su composición, contenido de humedad y nivel de arcilla. Se



prepara el suelo para la incorporación de la cal, asegurando que esté libre de escombros y elementos que puedan afectar la reacción química.

- **Aplicación de la Cal:** Se añade la cal en proporciones controladas, bien sea en forma de cal viva, que reacciona exotérmicamente con el agua del suelo, o cal hidratada, que es menos reactiva pero igualmente eficaz para la estabilización. La cal puede esparcirse sobre la superficie del suelo o mezclarse directamente con el suelo existente.
- **Mezcla y Compactación:** Después de aplicar la cal, el suelo se mezcla para asegurar una distribución uniforme del estabilizante. Posteriormente, se compacta para aumentar la densidad y asegurar una reacción química efectiva.
- **Curado y Desarrollo de la Resistencia:** El suelo estabilizado con cal necesita tiempo para que se produzcan las reacciones químicas que aumentan la cohesión y la resistencia al cizallamiento. El curado puede implicar mantener el suelo húmedo para permitir que la cal hidrate y reaccione con la arcilla.

La estabilización con cal ofrece varios beneficios significativos:

- **Incremento de la Resistencia:** El proceso de estabilización con cal aumenta la resistencia del suelo al cizallamiento y a la compresión, permitiendo su uso como subrasante y base para carreteras y otras infraestructuras.
- **Reducción de la Plasticidad:** La reacción química con la cal reduce la plasticidad del suelo, haciéndolo menos propenso a la deformación y a los asentamientos.
- **Mejora del Drenaje:** La cal puede mejorar la permeabilidad del suelo, facilitando el drenaje y reduciendo el riesgo de erosión.



2.2.7. Estabilizador orgánico

Un estabilizador orgánico es un tipo de agente utilizado mejorar las características de sus suelos y superficies no pavimentadas, como caminos de tierra o senderos, mediante el uso de compuestos orgánicos. Estos estabilizadores son diseñados para aumentar la cohesión y la compactación del suelo, reducir la erosión y el polvo, y proporcionar estabilidad y durabilidad adicionales. A diferencia de los estabilizadores inorgánicos, que generalmente se basan en productos químicos como cemento o cal, los estabilizadores orgánicos están hechos de materiales naturales o sintéticos de origen orgánico, que pueden ser más amigables con el medio ambiente y biodegradables.

La estabilización con estabilizadores orgánicos implica la adición y mezcla de estos compuestos con el suelo, seguido de la compactación para asegurar una distribución uniforme. Estos estabilizadores pueden contener diversas sustancias orgánicas, como resinas, lignina, aceites vegetales, y otros compuestos derivados de fuentes naturales. La función principal del estabilizador orgánico es actuar como aglutinante, uniendo las partículas del suelo y aumentando su resistencia a la compresión y al cizallamiento.

El uso de estabilizadores orgánicos es especialmente valioso en entornos donde la sostenibilidad y el impacto ambiental son preocupaciones importantes. Al ser biodegradables, estos estabilizadores tienden a tener un menor impacto en el ecosistema circundante y pueden ser una alternativa a los estabilizadores inorgánicos que pueden causar efectos secundarios, como la contaminación del suelo o del agua. Además, los estabilizadores orgánicos suelen ser menos corrosivos, lo que reduce el desgaste en maquinaria y estructuras metálicas.

Los estabilizadores orgánicos se utilizan en una variedad de aplicaciones, incluyendo caminos rurales, senderos para senderismo, superficies deportivas, y otras infraestructuras donde el control del polvo y la erosión son importantes. Pueden ayudar a reducir el mantenimiento necesario y extender la vida útil de las superficies no pavimentadas, al tiempo que mejoran la seguridad y la transitabilidad.

2.2.8. Estabilizador metalúrgico

Un estabilizador metalúrgico es un agente utilizado en procesos de metalurgia para mejorar la estabilidad y las propiedades de materiales metálicos durante su producción o uso. Estos estabilizadores se agregan a metales y aleaciones para controlar reacciones químicas, reducir la oxidación y la corrosión, mejorar la resistencia mecánica, o estabilizar estructuras micro y macro cristalinas. Se aplican en diversos contextos dentro de la industria metalúrgica y son cruciales para mantener la integridad y la durabilidad de metales en aplicaciones industriales y de ingeniería.

Los estabilizadores metalúrgicos pueden tomar varias formas, dependiendo de su función y del proceso metalúrgico en el que se utilicen. Por ejemplo, algunos estabilizadores son aditivos que se incorporan durante la fabricación de metales y aleaciones para reducir la formación de compuestos indeseables o para controlar la estructura cristalina. Estos estabilizadores pueden ser elementos químicos como silicio, aluminio o titanio, que actúan como desoxidantes, mejorando la calidad del metal fundido y reduciendo defectos estructurales.

Otros estabilizadores metalúrgicos se utilizan para proteger metales y aleaciones durante su uso. Esto incluye estabilizadores aplicados como

recubrimientos o tratamientos superficiales, que forman una capa protectora que previene la corrosión y el desgaste. También pueden incluir estabilizadores utilizados en procesos de tratamiento térmico para mejorar la resistencia al calor y evitar la deformación del metal bajo condiciones extremas.

El uso de estabilizadores metalúrgicos es fundamental en una amplia gama de industrias, desde la automotriz y la aeroespacial hasta la construcción y la manufactura de maquinaria. Estos estabilizadores aseguran que los metales conserven sus propiedades mecánicas y químicas a lo largo del tiempo, contribuyendo a la longevidad y confiabilidad de productos y estructuras. Además, el uso de estabilizadores adecuados puede mejorar la sostenibilidad de los procesos metalúrgicos al reducir el desperdicio y prolongar la vida útil de los productos metálicos.

2.2.9. Vía no pavimentada

Una vía no pavimentada, también conocida como camino de tierra o camino de grava, es un tipo de infraestructura vial que no cuenta con una capa de pavimento rígida o flexible como asfalto o concreto. Estas vías generalmente están compuestas de una mezcla de materiales naturales como tierra, grava, arena o arcilla, y son comunes en áreas rurales, caminos agrícolas, y lugares con menor volumen de tráfico vehicular. Aunque carecen de un revestimiento pavimentado, pueden ser diseñadas y mantenidas para proporcionar un tránsito seguro y eficiente (Farina et al., 2024).

El diseño de una vía no pavimentada implica considerar factores como el tipo de suelo, la topografía, el drenaje y el uso esperado de la vía. El suelo de la superficie puede ser tratado para mejorar su estabilidad y resistencia, utilizando técnicas de estabilización como el uso de cal, cemento, o productos asfálticos.

También es esencial asegurar un adecuado drenaje para evitar la erosión y el deterioro del camino debido a la acumulación de agua (Farina et al., 2024).

El mantenimiento de vías no pavimentadas es un aspecto crítico para mantener su funcionalidad y durabilidad. Este mantenimiento puede incluir la nivelación periódica, la adición de materiales para reponer áreas desgastadas, y la aplicación de estabilizadores o supresores de polvo. La compactación es una técnica clave para mantener la superficie del camino uniforme y para prevenir el desarrollo de baches y surcos que puedan dificultar el tránsito. Aunque las vías no pavimentadas suelen ser más económicas de construir y mantener que las pavimentadas, presentan desafíos como el polvo, el desgaste acelerado debido al tráfico y las condiciones climáticas, y el potencial para mayores niveles de mantenimiento. En áreas con tráfico intenso o condiciones climáticas extremas, puede ser necesario recurrir a técnicas avanzadas de estabilización o eventualmente considerar la pavimentación para mejorar la durabilidad y la seguridad (Farina et al., 2024).

2.2.10. Capas de una vía no pavimentada

Una vía no pavimentada, como los caminos de tierra o grava, está compuesta por diversas capas que cumplen funciones específicas para proporcionar soporte estructural, estabilidad y drenaje adecuados. Aunque carece de una capa de pavimento rígida como el asfalto o el concreto, una vía no pavimentada puede tener un diseño estructurado para soportar el tráfico y las condiciones ambientales. A continuación, se describen las capas principales de una vía no pavimentada:



2.2.10.1. Subrasante

La subrasante es la capa más profunda y fundamental de la vía no pavimentada. Consiste en el suelo natural compactado y nivelado, que proporciona la base para las capas superiores. El suelo debe tener suficiente resistencia al cizallamiento y ser capaz de soportar la compactación. En algunos casos, se puede estabilizar la subrasante con cemento, cal, u otros métodos.

2.2.10.2. Subbase

En algunas vías no pavimentadas, especialmente aquellas que soportan un mayor volumen de tráfico, puede ser necesario incluir una capa base entre la subbase y la superficie. Esta capa también está compuesta por materiales granulares, pero con una granulometría más fina y compactación más densa para proporcionar mayor resistencia y durabilidad. Su función es distribuir la carga de manera uniforme y ofrecer una superficie estable para la capa de rodadura.

2.2.10.3. Capa base

En algunas vías no pavimentadas, especialmente aquellas que soportan un mayor volumen de tráfico, puede ser necesario incluir una capa base entre la subbase y la superficie. Esta capa también está compuesta por materiales granulares, pero con una granulometría más fina y compactación más densa para proporcionar mayor resistencia y durabilidad. Su función es distribuir la carga de manera uniforme y ofrecer una superficie estable para la capa de rodadura

2.2.10.4. Superficie o capa de rodadura

La superficie o capa de rodadura es la capa superior y visible de la vía no pavimentada. Está compuesta por materiales granulares, como grava, piedra



triturada o arena compactada, y debe ser lo suficientemente estable para soportar el tráfico vehicular y proporcionar una superficie segura para la circulación. La capa de rodadura también debe tener propiedades que minimicen el polvo y permitan un buen drenaje para evitar el desgaste y la erosión

2.2.10.5. Capa de refuerzo (opcional)

En ciertas circunstancias, como vías sujetas a tráfico pesado o condiciones ambientales adversas, se puede agregar una capa de refuerzo con geotextiles, geomallas, o geo-celdas para mejorar la estabilidad y resistencia de las capas inferiores. Estos materiales refuerzan la estructura y pueden ayudar a prevenir el desarrollo de baches y deformaciones

2.2.11. Tipos de vías no pavimentadas

Los tipos de vías no pavimentadas abarcan una amplia gama de caminos y carreteras que no están revestidos con materiales rígidos como asfalto o concreto. Estas vías varían en términos de diseño, uso, y materiales de construcción, y se encuentran en entornos rurales, agrícolas, industriales o áreas con bajo volumen de tráfico. A continuación, se describen algunos de los tipos más comunes de vías no pavimentadas:

2.2.11.1. Caminos de tierra

Los caminos de tierra son vías de comunicación que consisten principalmente en suelo natural compactado y nivelado, sin revestimientos pavimentados como asfalto o concreto. Se utilizan comúnmente en entornos rurales, agrícolas y forestales, así como en áreas con bajo volumen de tráfico vehicular. Estos caminos se construyen y mantienen utilizando maquinaria de construcción, como motoniveladoras y compactadores, para lograr una superficie uniforme y transitabilidad. Sin embargo, debido a la naturaleza del



suelo y la falta de un pavimento resistente, los caminos de tierra son susceptibles a ciertos problemas como la erosión, el polvo y el desarrollo de baches y surcos debido al tráfico y las condiciones climáticas.

El diseño de un camino de tierra incluye varios aspectos clave para asegurar su durabilidad y funcionalidad. Primero, es fundamental seleccionar un suelo con propiedades mecánicas adecuadas, como una baja plasticidad y suficiente resistencia al cizallamiento. Luego, la compactación adecuada es esencial para proporcionar estabilidad y prevenir la formación de baches y surcos. Los caminos de tierra a menudo requieren mejores sistemas de acumulación de agua y minimizar la erosión, lo que se logra mediante la creación de pendientes transversales, zanjas laterales y otros mecanismos de drenaje.

El mantenimiento regular es crucial para mantener la transitabilidad de los caminos de tierra. Las tareas de mantenimiento pueden incluir nivelación y recompactación de la superficie, relleno de baches, y control del polvo mediante el uso de agentes supresores o humectantes. En áreas donde el tráfico es más intenso o las condiciones climáticas son adversas, es posible que se necesite estabilización para mejorar la estabilidad y resistencia del camino.

A pesar de sus limitaciones, los caminos de tierra son una solución económica y flexible para áreas rurales y de bajo tráfico. Sin embargo, requieren un diseño cuidadoso y un mantenimiento constante para evitar problemas relacionados con la erosión y la degradación, y para asegurar una experiencia de conducción segura y eficiente

2.2.11.2. Caminos de grava

Los caminos de grava son vías de comunicación construidas a partir de una capa de materiales granulares, como grava, piedra triturada o mezclas de arena



y roca, colocada sobre una subrasante compactada. Este tipo de caminos ofrece una alternativa más duradera y estable que los caminos de tierra, proporcionando mayor resistencia al tráfico vehicular y mejor capacidad de drenaje. Los caminos de grava son comunes en entornos rurales, áreas agrícolas y caminos de acceso a instalaciones industriales, donde el tráfico es moderado y la pavimentación tradicional no es económicamente viable.

El diseño de un camino de grava comienza con la preparación de la subrasante, que debe ser nivelada y compactada para proporcionar una base sólida. A continuación, se aplica una capa de subbase granular para mejorar la distribución de cargas y facilitar el drenaje. La capa final es la superficie de grava, que se compone de materiales seleccionados por su durabilidad y capacidad para soportar el tráfico. La granulometría de la grava y su nivel de compactación son factores cruciales para la estabilidad y el rendimiento del camino.

El mantenimiento de los caminos de grava es un aspecto importante para garantizar su durabilidad y funcionalidad. Debido al tráfico y las condiciones climáticas, estos caminos pueden desarrollar baches, surcos y acumulaciones de polvo. El mantenimiento regular incluye nivelación, Re compactación y, si es necesario, la adición de más grava para reponer las áreas desgastadas. Además, el control del polvo es fundamental, ya que puede afectar la visibilidad y la calidad del aire. Se pueden utilizar supresores de polvo o estabilizantes para reducir este problema.

Los caminos de grava tienen varias ventajas, como un menor costo de construcción en comparación con las carreteras pavimentadas, buena capacidad de drenaje y mayor resistencia en comparación con los caminos de tierra. Sin embargo, también presentan desafíos, como el mantenimiento regular y el



desgaste acelerado en áreas con tráfico intenso. Para caminos de grava sometidos a cargas pesadas o condiciones climáticas adversas, se puede considerar el uso de técnicas de estabilización, como la adición de cemento o productos asfálticos, para mejorar la durabilidad y la resistencia al desgaste.

2.2.11.3. Caminos rurales o vecinales

Los caminos rurales son vías de comunicación que conectan áreas rurales, comunidades pequeñas y zonas agrícolas o forestales con redes de transporte más grandes. Estos caminos son esenciales para facilitar el acceso a recursos, transporte de productos agrícolas y movilidad de personas en regiones alejadas de centros urbanos. Los caminos rurales pueden variar ampliamente en términos de diseño y construcción, desde simples caminos de tierra o grava hasta carreteras con algún tipo de pavimentación ligera. Debido a la diversidad de condiciones ambientales y de uso, el diseño y el mantenimiento de caminos rurales presentan desafíos técnicos únicos.

El diseño de un camino rural comienza con la selección del trazado, teniendo en cuenta su topografía y las necesidades de la comunidad local. La construcción de caminos rurales generalmente implica la preparación de una subrasante compactada y la aplicación de una capa de rodadura, que puede ser de grava, piedra triturada, arena compactada u otros materiales disponibles localmente. El sistema de drenaje es crítico para evitar la erosión y el desgaste del camino, por lo que se incorporan pendientes transversales, zanjas laterales y otros mecanismos para asegurar un drenaje eficiente.

Los caminos rurales a menudo tienen un tráfico vehicular variado, que puede incluir vehículos agrícolas, maquinaria pesada, y vehículos de pasajeros. Como resultado, el mantenimiento regular es esencial para mantener la



transitabilidad y la seguridad del camino. El mantenimiento puede incluir nivelación, Re compactación, relleno de baches y control de polvo. En algunos casos, se pueden utilizar técnicas de estabilización, como la incorporación de cemento, cal o productos asfálticos, para mejorar la durabilidad y reducir el desgaste.

Los caminos rurales también deben ser diseñados teniendo en cuenta factores como el tráfico peatonal y el acceso a servicios de emergencia. En áreas con actividad agrícola, es importante considerar el tamaño y el peso de la maquinaria agrícola que transitará por el camino. Además, la durabilidad del camino rural puede verse afectada por las condiciones climáticas, como lluvias intensas o nevadas, lo que puede requerir un mantenimiento adicional o el uso de materiales estabilizadores para garantizar la resistencia y la estabilidad.

2.2.11.4. Caminos forestales

Los caminos forestales son vías de acceso que se construyen para permitir el movimiento dentro y hacia áreas boscosas o forestales, donde el terreno es típicamente irregular y cubierto de vegetación densa. Estos caminos cumplen diversas funciones, como proporcionar acceso para actividades de silvicultura, extracción de madera, vigilancia forestal, recreación al aire libre, y control de incendios. Dado el entorno en el que se construyen, los caminos forestales presentan desafíos únicos en términos de diseño, construcción y mantenimiento.

La planificación de un camino forestal comienza con un análisis exhaustivo del terreno y la topografía, para determinar la ruta más adecuada y minimizar el impacto ambiental. Es importante considerar el entorno forestal, la diversidad de especies y las áreas sensibles para evitar la fragmentación del hábitat y proteger el ecosistema. Los caminos forestales deben ser diseñados con pendientes



adecuadas y sistemas de drenaje efectivos para prevenir la erosión del suelo y el colapso del camino. Esto puede implicar la creación de zanjas laterales, cruces de arroyos y la instalación de alcantarillas o puentes para mantener la integridad del camino.

La construcción de caminos forestales suele involucrar el uso de maquinaria pesada para despejar la vegetación, nivelar el terreno y compactar el suelo. Dependiendo del uso previsto, el camino puede ser de tierra compactada o incluir capas de grava para mejorar la estabilidad y la durabilidad. En áreas con condiciones climáticas adversas o tráfico pesado, se pueden requerir técnicas de estabilización del suelo para asegurar que el camino soporte el desgaste y la erosión.

El mantenimiento de caminos forestales es crítico para garantizar su seguridad y funcionalidad. Debido a su ubicación en entornos naturales, estos caminos están sujetos a daños por inundaciones, desprendimientos de tierra, caída de árboles y otros eventos naturales. El mantenimiento regular puede incluir nivelación, limpieza de zanjas de drenaje, reparación de baches y reforzamiento de la superficie. Además, los caminos forestales deben ser accesibles para vehículos de emergencia y maquinaria utilizada en operaciones forestales, lo que requiere un diseño adecuado de anchos y curvas

2.2.11.5. Caminos de acceso industrial

Los caminos de acceso industrial son vías diseñadas y construidas para proporcionar acceso a instalaciones industriales, plantas de producción, sitios de minería, centros logísticos u otras áreas donde el tránsito de vehículos pesados y maquinaria industrial es común. Estos caminos deben de resistir cargas altas



y tráfico frecuente, y están sujetos a condiciones exigentes que requieren diseños robustos.

El diseño de caminos de acceso industrial debe considerar factores clave como el tipo y volumen de tráfico, la capacidad de carga, el drenaje y la compactación del suelo. Debido a la naturaleza industrial de estas vías, es crucial asegurarse de que la subrasante y las capas base tengan la resistencia adecuada para soportar el peso de camiones de carga, maquinaria pesada y equipos industriales. Esto generalmente implica el uso de materiales granulares como grava o piedra triturada, y en algunos casos, estabilización con cemento, cal o productos asfálticos para aumentar la capacidad de carga y prevenir el asentamiento o la deformación.

El drenaje es otro aspecto crítico en caminos de acceso industrial. Debido al tráfico intenso y la presencia de maquinaria pesada, la acumulación de agua puede causar erosión y degradación rápida del camino. Se deben implementar sistemas de drenaje efectivos, como zanjas laterales, alcantarillas y pendientes adecuadas, para garantizar que el agua se evacue rápidamente y no dañe la estructura del camino.

El mantenimiento de caminos de acceso industrial es una parte esencial para su longevidad. El tráfico pesado puede causar desgaste acelerado, lo que puede llevar a la formación de baches, surcos y otros problemas de superficie. El mantenimiento regular incluye nivelación y Re compactación del camino, reparación de baches, y aplicación de materiales estabilizadores cuando sea necesario. El control del polvo también puede ser importante, especialmente en áreas cercanas a instalaciones industriales sensibles.



Además de los aspectos técnicos, los caminos de acceso industrial deben cumplir con normas de seguridad y regulaciones ambientales. Esto puede incluir requisitos para el control de emisiones de polvo, la prevención de contaminación de aguas subterráneas y la minimización del impacto en la fauna local. Los ingenieros y diseñadores de caminos de acceso industrial deben trabajar en estrecha colaboración con expertos ambientales y autoridades locales para garantizar que el diseño y construcción cumplan con todas las normativas aplicables.

2.2.11.6. Senderos y caminos para senderismo

Los senderos y caminos para senderismo son vías diseñadas para uso peatonal o recreativo, permitiendo a las personas explorar entornos naturales, parques, áreas rurales y otras regiones donde el acceso vehicular es limitado o inexistente. Estos senderos varían en longitud, anchura y nivel de dificultad, y pueden ser utilizados para actividades como caminatas, excursionismo, trekking, ciclismo de montaña, o paseos a caballo. El diseño y construcción de estos caminos requieren una combinación de técnicas de ingeniería y consideraciones medioambientales para asegurar la seguridad de los usuarios y minimizar el impacto en el entorno natural.

El proceso de diseño de senderos y caminos para senderismo comienza con una evaluación detallada del terreno y la topografía. Los diseñadores deben tener en cuenta las características geológicas, la vegetación existente, el impacto ambiental y las necesidades de los usuarios para seleccionar la ruta óptima. Una parte fundamental del diseño es la creación de pendientes adecuadas para garantizar la seguridad del recorrido, evitando tramos



demasiado empinados o peligrosos, y asegurando un buen drenaje para prevenir la erosión y el desgaste del sendero.

La construcción de estos caminos puede implicar el uso de materiales naturales, como grava, piedra triturada, madera o tierra compactada, para crear una superficie estable y segura para caminar. En terrenos accidentados, se pueden utilizar escaleras de madera o piedra, puentes, y barandillas para mejorar la accesibilidad y la seguridad. En áreas con gran afluencia de visitantes, se pueden instalar áreas de descanso, señalización y otros elementos para mejorar la experiencia del usuario.

El mantenimiento de senderos y caminos para senderismo es esencial para su durabilidad y seguridad. Los senderos pueden desgastarse con el tiempo debido al uso intensivo, la erosión por agua y viento, y el crecimiento de vegetación no deseada. El mantenimiento incluye tareas como limpieza de escombros y vegetación, reparación de secciones erosionadas, nivelación de superficies, y revisión de estructuras como puentes y escaleras. En algunos casos, puede ser necesario el uso de técnicas de estabilización para reforzar el suelo y evitar derrumbes o deslizamientos.

Además de los aspectos técnicos, el diseño de senderos y caminos para senderismo debe tener en cuenta el impacto ambiental y las normativas locales. Los senderos deben diseñarse para minimizar la alteración del ecosistema circundante, evitando la fragmentación de hábitats y protegiendo la fauna y la flora locales. El uso de materiales sostenibles y prácticas de construcción con bajo impacto es fundamental para mantener el equilibrio entre el uso recreativo y la conservación ambiental.



2.3. MARCO CONCEPTUAL

➤ ESTABILIZACIÓN

Para hacerlo más estable y apto para la construcción y otros usos específicos. Este proceso aumenta su resistencia, la reducción de su compresibilidad, o la limitación de la absorción de agua y la expansión del suelo. La estabilización se puede lograr mediante diferentes métodos, dependiendo de las características del suelo y del proyecto.

➤ EVALUACIÓN ESTRUCTURAL

La evaluación estructural de una vía se refiere al análisis detallado de la capacidad, estabilidad y seguridad de una infraestructura vial existente. La evaluación busca identificar cualquier deterioro, defecto o daño que pueda afectar la integridad estructural de la vía y su funcionalidad a largo plazo. El proceso de evaluación estructural puede incluir varias técnicas y herramientas, como inspecciones visuales, pruebas de carga, análisis de vibraciones, y el uso de tecnologías avanzadas como el escaneo con láser o la radarografía de penetración en el suelo.

➤ DISEÑO DE PAVIMENTOS

El diseño de pavimentos es el proceso técnico mediante el cual se planifica la estructura de un pavimento para que sea capaz de soportar el tráfico vehicular y las condiciones ambientales durante su vida útil prevista. Este proceso requiere la consideración de varios factores, incluyendo el volumen y tipo de tráfico, las condiciones del suelo, los materiales disponibles, y las condiciones climáticas.

➤ SUBRASANTE

El diseño de pavimentos es el proceso técnico mediante el cual se planifica la estructura de un pavimento para que sea capaz de soportar el tráfico vehicular



y las condiciones ambientales durante su vida útil prevista. Este proceso requiere la consideración de varios factores, incluyendo el volumen y tipo de tráfico, las condiciones del suelo, los materiales disponibles, y las condiciones climáticas.

➤ VÍAS

Es cualquier tipo de camino, calle o carretera diseñada y construida para permitir el tránsito de vehículos, personas o animales. Las vías son una infraestructura fundamental en el transporte y la comunicación dentro de una región, facilitando el movimiento eficiente de bienes y personas entre diferentes puntos.

Es cualquier tipo de camino, calle o carretera diseñada y construida para permitir el tránsito de vehículos, personas o animales. Las vías son una infraestructura fundamental en el transporte y la comunicación dentro de una región, facilitando el movimiento eficiente de bienes y personas entre diferentes puntos.

➤ VÍAS NO PAVIMENTADA

Son caminos que no están cubiertos por asfalto o concreto, y que se utilizan principalmente en áreas rurales o de bajo tráfico. Su construcción y mantenimiento implican el uso de suelos compactados y sistemas de drenaje, y requieren atención regular para evitar problemas de desgaste y erosión



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

En lo que respecta a la recogida y el análisis de datos, el enfoque cuantitativo es un paradigma que hace hincapié en la obtención de resultados cuantitativos. La verificación de hipótesis y teorías se lleva a cabo mediante la utilización de técnicas empíricas y metódicas, que es lo que diferencia a este método de otros. En el contexto de la investigación cuantitativa, ésta se lleva a cabo de forma objetiva, esforzándose los investigadores por minimizar o eliminar cualquier sesgo y por controlar las variables externas que puedan influir en los resultados. Se realiza una cuantificación de los datos recopilados y se utilizan métodos estadísticos para el análisis. Esto facilita la comparación exhaustiva y precisa de las variables investigadas (Alfonso et al., 2020).

3.2. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

El método científico es una práctica estructurada, sistemática y objetiva que se utiliza para producir conocimientos sobre fenómenos y realidades. El procedimiento comienza con la observación minuciosa de acontecimientos y hechos, a la que sigue la formulación de un tema de investigación específico. Este problema debe describirse de forma evidente y explícita, y debe poder estudiarse con métodos científicos. (Alfonso et al., 2020).



3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El término "investigación aplicada" hace referencia a una metodología que hace hincapié en la aplicación práctica de la información y las teorías para resolver problemas concretos, mejorar procesos, tecnologías o políticas y desarrollar innovaciones importantes en ámbitos específicos. La investigación aplicada, por su parte, se centra en la consecución de objetivos prácticos y concretos, a diferencia de la investigación fundamental, que pretende ampliar los conocimientos teóricos sin tener en cuenta aplicaciones específicas. Este tipo de investigación utiliza enfoques científicos para encontrar soluciones a problemas prácticos y generar remedios o cambios que puedan aplicarse en el mundo real (Baena, 2017).

3.4. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La investigación que trata de explicar los fenómenos va más allá de la mera descripción de tales sucesos y, en su lugar, trata de encontrar las causas o explicaciones que subyacen a los mismos. La finalidad de este tipo de investigación es conocer el fenómeno conocido como "por qué" ocurren los acontecimientos, con el objetivo de determinar los vínculos causales que existen entre diversos factores. Para lograr este objetivo, la investigación explicativa utiliza técnicas como experimentos controlados, investigaciones longitudinales y análisis de regresión para examinar hipótesis y teorías sobre la relación entre variables. Una investigación sobre los factores que provocaron la aparición de un fenómeno social, un análisis de los resultados de una intervención educativa o una investigación sobre las implicaciones de un cambio técnico en una industria concreta son ejemplos de investigación (Baena, 2017).



3.5. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

En investigación, el diseño experimental se refiere a una estrategia metodológica en la que el investigador introduce cambios en una o más variables independientes para observar la influencia que esos cambios tienen en una o más variables dependientes en una situación que se encuentra bajo condiciones controladas. Para descubrir vínculos causales y evaluar hipótesis de forma metódica y controlada, este tipo de diseño es absolutamente necesario. En un diseño experimental estándar, los participantes se asignan aleatoriamente al grupo de tratamiento o al de control. Esto se hace para garantizar que cualquier variación observada en la variable dependiente sea resultado de la manipulación de la variable independiente, y no de influencias externas o variables de confusión (Alfonso et al., 2020).

3.6. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.6.1. Población

Conjunto de sucesos o elementos que presentan las cualidades particulares que el investigador desea investigar. La población se denomina "población". Se denomina "población" al grupo total a partir del cual el investigador prevé extrapolar las conclusiones de su estudio. Es necesaria una identificación precisa de la población, ya que es el factor que influye en el alcance de los resultados y la importancia de las conclusiones que se extraigan de la investigación.

La población incluye todas las vías principales ubicados en la zona sur de la ciudad de Juliaca.



3.6.2. Muestra

Para participar en un estudio se selecciona una parte de la población, a la que se denomina muestra. Como a menudo es imposible o poco práctico examinar a toda la población debido a las limitaciones de tiempo, dinero y esfuerzo, durante el proceso de investigación se elige una muestra que sea representativa de la población. Esto indica que las características de los miembros de la población deben reflejarse en la muestra en proporciones comparables a las de la población. Esto permitirá extrapolar las conclusiones del estudio a toda la población.

Los puntos de muestreo fueron las ubicaciones de exploración en las rutas examinadas.

3.6.3. Procedimiento

Se realizó una recopilación bibliográfica sobre alternativas de estabilización de vías principales no pavimentadas, considerando la calidad de sus suelos de subrasante A si mismo se realizó la identificación de sitios de exploración en la zona sur de la ciudad.

3.6.4. Técnicas para la recolección de datos

- Monitorización
- Examen de datos.

3.6.5. Instrumentos

- Instrumentos de laboratorio
- Implementos de laboratorio.



3.7. VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD

3.7.1. Validación de instrumentos

Las características que se pretendía medir se denomina validación de instrumentos. Para ello, es necesario verificar que el instrumento es legítimo, lo que significa que capta con precisión el constructo teórico que se está investigando.

El laboratorio se encargó de realizar la validación del instrumento.

3.7.2. Confiabilidad de instrumentos

Se define como el grado en que sus mediciones son coherentes entre sí. Cuando se utiliza con frecuencia en condiciones que son comparables, un instrumento fiable produce resultados coherentes y constantes en todas las aplicaciones.

3.8. TRABAJOS DE CAMPO

3.8.1. Recolección de materiales

En primer lugar, utilizamos calicatas para recoger muestras y, a continuación, excavamos manualmente las principales carreteras de la región meridional. Esto se hizo con el fin de recoger las muestras. Tras la obtención de las muestras, procedimos a realizar las pruebas oportunas para llevar a cabo un análisis de los componentes que integran el material y la estructura del pavimento. Este paso es fundamental para obtener información fiable sobre el estado actual de las carreteras y evaluar el éxito de los procedimientos de estabilización aplicados.

Figura 1

Vía principal – Avenida Juliaca



Figura 2

Vía principal – Avenida Marañón



3.9. PRUEBAS EN LABORATORIO

3.9.1. Contenido de humedad

También conocida como humedad gravimétrica. Esta métrica representa el porcentaje de agua presente en una muestra en comparación con su peso en



seco. Esta medida es fundamental para conocer la capacidad de retención de agua del suelo, así como su estructura y propiedades hidráulicas. También es esencial en diversas situaciones, como la agricultura, la ingeniería geotécnica y la gestión de los recursos hídricos. Se expresa en forma de porcentaje y se calcula tomando la diferencia entre el peso húmedo del suelo y el peso seco, dividiendo esa diferencia por el peso seco inicial y multiplicando el resultado por 100. Este cálculo ofrece una medida precisa de la cantidad relativa de agua presente en el suelo. Este cálculo ofrece una medida precisa de la cantidad relativa de agua presente en el suelo. Es esencial para evaluar la capacidad del suelo para retener agua, así como otras cualidades físicas relevantes en diversos ámbitos, como la agronomía, la hidrología y la ingeniería medioambiental., esta característica es esencial en una serie de aplicaciones que entran dentro del ámbito de la ingeniería civil y la ingeniería geotécnica. Cuando se trata de evaluar y diseñar estructuras como cimientos, carreteras y otras infraestructuras, estos aspectos son extremadamente importantes. Esto se debe a que la estabilidad y resistencia de estas estructuras dependen en gran medida de las condiciones hidráulicas del suelo.

Esto se hace para calcular la cantidad de humedad presente en el suelo. Al garantizar que toda el agua libre que había en la muestra se ha evaporado por completo, esta técnica permite medir correctamente la cantidad de agua que había. Esta técnica es esencial para determinar las propiedades hidráulicas del suelo en diversos sectores, como la geotecnia, la agronomía y la gestión de los recursos hídricos, entre otros.

El peso seco se mide y se compara con el peso inicial, proporcionando el valor del contenido de humedad. Este método se conoce como método de



secado en horno y es uno de los procedimientos más comunes y confiables para medir la humedad en suelos.

El contenido de humedad es una variable crucial para infraestructuras, ya que influye en la compactación de sus subrasantes y la resistencia al asentamiento. Un contenido de humedad demasiado alto puede provocar problemas como el ablandamiento del suelo y el colapso, mientras que un contenido demasiado bajo puede dificultar la compactación y generar superficies inestables. En resumen, el contenido de humedad es un parámetro fundamental para entender y gestionar las propiedades del suelo en proyectos de construcción y geotecnia.

3.9.2. Limite liquido

El límite líquido es un parámetro geotécnico que representa la cantidad máxima de agua que un suelo puede contener antes de que pase de un estado plástico a un estado líquido o fluido. Este valor se determina a través de una prueba estandarizada, comúnmente el ensayo de Casagrande, en el cual se mide el contenido de agua a partir del cual el suelo pierde su capacidad para mantener una forma estable y comienza a comportarse como un líquido. El límite líquido se expresa como un porcentaje y es un componente clave en el análisis de la plasticidad del suelo.

La prueba de Casagrande implica llenar una copa de latón con una muestra de suelo, crear una ranura con un instrumento estandarizado, y golpear la copa repetidamente hasta que la ranura se cierre en un tramo determinado. El número de golpes necesarios para cerrar la ranura y el contenido de agua de la muestra se utilizan para calcular el límite líquido. Generalmente, el límite líquido se determina cuando la ranura se cierra con aproximadamente 25 golpes.



El límite líquido es un componente crítico que pueden ser susceptibles a la expansión y contracción, mientras en términos de cambio de volumen. En aplicaciones de ingeniería civil y geotecnia, conocer el límite líquido es esencial para el diseño y construcción de infraestructuras, pues ayuda a predecir el comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones ambientales y de carga.

3.9.3. Limite plástico

El límite plástico es un parámetro geotécnico que indica la cantidad mínima de agua en un suelo con la que éste pasa de un estado sólido-frágil a un estado maleable y plástico. En otras palabras, es el contenido de agua a partir del cual un suelo empieza a exhibir propiedades plásticas, permitiendo que se deforme sin romperse. Este valor se expresa como un porcentaje del peso seco del suelo y es una medida crucial para clasificar y comprender el comportamiento de los suelos en ingeniería civil y geotecnia.

El límite plástico se determina mediante un proceso estandarizado conocido como ensayo de Atterberg, que implica tomar una muestra de suelo y amasarla hasta obtener una consistencia uniforme. A continuación, se forma un rollo delgado de suelo (generalmente de unos 3 milímetros de diámetro) y se mide el contenido de humedad cuando el rollo empieza a desintegrarse. El porcentaje de agua en este punto representa el límite plástico.

El límite plástico es fundamental para entender la plasticidad del suelo y su capacidad para mantener cierta forma bajo diferentes niveles de humedad. Junto con el límite líquido, este parámetro ayuda a determinar el índice de plasticidad, que es una medida de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. Un índice de plasticidad alto sugiere que el suelo puede ser muy plástico y



susceptible a cambios significativos de volumen, mientras que un índice bajo indica que el suelo es menos plástico y tiende a ser más estable.

En el contexto de la construcción y la geotecnia, el límite plástico es importante para diseñar estructuras y procesos de construcción que involucren suelos, ya que afecta la capacidad de compactación, resistencia y estabilidad del suelo. También tiene implicaciones para la gestión del agua y el control de la expansión y contracción del suelo, que son factores críticos para la durabilidad y la seguridad de infraestructuras como carreteras, edificios y obras de ingeniería.

3.9.4. Índice de plasticidad

Cuando se trata del diseño y estudio de construcciones geotécnicas como cimentaciones, terraplenes y presas, este índice es vital ya que es fundamental para comprender las propiedades de flujo y deformación del suelo bajo una variedad de escenarios de carga. El límite líquido y el límite plástico, dos medidas que indican los puntos extremos que definen la plasticidad de un suelo, se restan entre sí para llegar a este valor. Con el fin de caracterizar con precisión el comportamiento geotécnico del suelo y determinar si es adecuado o no para su uso en proyectos de ingeniería civil y medioambiental, estos valores ofrecen una evaluación exhaustiva de la capacidad del suelo para deformarse en diversas circunstancias de humedad. El índice de plasticidad se expresa como un porcentaje y es crucial para clasificar suelos según su consistencia y comportamiento bajo condiciones variables de humedad.

Un índice de plasticidad alto indica un suelo altamente plástico, lo que sugiere que tiene una gran capacidad para deformarse antes de fracturarse y puede ser susceptible a cambios significativos en volumen, como expansión o contracción, a medida que varía el contenido de humedad. Por el contrario, un



índice de plasticidad bajo señala un suelo con menor capacidad de deformación y mayor estabilidad volumétrica, lo cual tiende a ser más adecuado para aplicaciones que requieran mayor solidez y menor susceptibilidad a cambios por humedad.

El índice de plasticidad ayuda a determinar la idoneidad de un suelo para diferentes aplicaciones en ingeniería civil y geotecnia, como construcción de carreteras, cimentaciones y otras infraestructuras. Su conocimiento es esencial para diseñar estructuras que deban resistir deformaciones y cambios de volumen a lo largo del tiempo.

3.9.5. Análisis granulométrico

El análisis granulométrico, también conocido como análisis de tamaño de partículas o gradación del suelo, es un proceso mediante el cual se determina sus cantidades de suelo o agregados. Como su compacidad, porosidad, permeabilidad y comportamiento mecánico, y se usa ampliamente en ingeniería civil y geotecnia para evaluar la idoneidad de un suelo para diversas aplicaciones.

El proceso de análisis granulométrico generalmente implica dos métodos principales: el método de tamices y el método de sedimentación. El método de tamices es adecuado para suelos y agregados con partículas más grandes, como arenas y gravas. Para aplicar esta técnica de menor tamaño, empezando por el más grande hasta llegar al más pequeño. El uso de este método permite separar las partículas del suelo en función de su tamaño. Este método también proporciona una clasificación detallada, que es esencial para la evaluación de la distribución granulométrica y otras propiedades físicas del suelo en diversos contextos de estudio geotécnicos y medioambientales. Esto facilita la creación



de una curva de distribución granulométrica, ya que permite determinar el porcentaje de masa que queda retenido en cada tamiz. Este proceso es esencial para comprender la composición. Proporciona información detallada sobre el tamaño y la distribución de las partículas, que son aspectos cruciales en el diseño y la evaluación de materiales geotécnicos que se utilizan en diversas aplicaciones de ingeniería y ciencias medioambientales.

Una muestra de suelo se mezcla con agua y se agita para dispersar las partículas. A medida que las partículas se asientan, se toman muestras a diferentes profundidades y tiempos, permitiendo calcular la distribución del tamaño de las partículas en función del tiempo de sedimentación.

Esta información se utiliza para determinar la idoneidad y sus aplicaciones, la preparación de subrasantes y la fabricación de concreto. Además, la gradación del suelo afecta su capacidad de compactación y resistencia al cizallamiento.

3.9.6. Proctor modificado

Mediante procedimientos de compactación controlada, el método Proctor modificado es una metodología normativa muy extendida en su aplicación. Este método proporciona datos clave que pueden utilizarse para establecer las condiciones óptimas de compactación del suelo en el desarrollo de infraestructuras. También permite estimar con precisión en diversas situaciones de campo. Este método, también conocido como ensayo Proctor modificado o prueba de compactación Proctor modificado, es ampliamente utilizado en ingeniería civil y geotecnia para establecer la densidad óptima de compactación y el contenido de humedad óptimo para suelos utilizados en construcción de carreteras, terraplenes, cimientos y otras estructuras donde la compactación del suelo es crítica para la estabilidad y durabilidad.



El Proctor modificado emplea un mayor nivel de energía, logrando una densidad más alta y representando condiciones más exigentes, como las que se encuentran en proyectos de ingeniería de mayor carga y tránsito. El proceso de ensayo incluye la compactación del suelo en capas, con un número específico de golpes por capa, a diferentes niveles de humedad.

Estos valores se utilizan para establecer especificaciones de compactación en proyectos de construcción y para evaluar la idoneidad del suelo para diferentes aplicaciones.

El Proctor modificado es especialmente relevante en proyectos donde se espera un alto nivel de carga y compresión, como carreteras, pistas de aeropuertos y grandes estructuras de ingeniería. El uso de este método ayuda a garantizar que el suelo tenga la resistencia y estabilidad necesarias para soportar cargas pesadas y resistir el asentamiento y otros problemas estructurales. Además, el Proctor modificado es un componente crítico en el control de calidad y aseguramiento de la calidad en proyectos de construcción, proporcionando una guía para lograr la compactación adecuada y garantizar la seguridad y durabilidad de las obras.

3.9.7. CBR

Es un parámetro que se utiliza para medir la capacidad de un suelo para soportar cargas y proporcionar soporte estructural en aplicaciones de construcción, especialmente en subrasantes, bases y subbases. El CBR se determina mediante un ensayo que simula las condiciones de carga que un suelo experimentará en el uso real, permitiendo evaluar su resistencia a la penetración y su capacidad para sostener estructuras pesadas sin deformarse excesivamente.



El ensayo de CBR implica la compactación de una muestra de suelo en un cilindro y luego someterla a una carga controlada mediante un pistón que se introduce a una velocidad constante. La presión ejercida por el pistón se compara con la presión necesaria para obtener una penetración similar en un material de referencia, generalmente una mezcla de piedra triturada o grava. El resultado se expresa como un porcentaje, donde un valor de CBR más alto indica una mayor capacidad de soporte del suelo.

Este parámetro es crítico para ingenieros civiles y geotécnicos, ya que proporciona información clave sobre la resistencia del suelo y su idoneidad para aplicaciones donde se requiere una base sólida y estable. El CBR es especialmente útil en el diseño, donde se necesita determinar el grosor adecuado de las capas de subbase y base para soportar el tráfico y evitar el asentamiento y la deformación.

Un valor alto de CBR generalmente indica que el suelo tiene buena capacidad de carga y puede ser utilizado como subrasante sin tratamiento adicional, mientras que un valor bajo puede señalar la necesidad de estabilización o el uso de materiales adicionales para mejorar la capacidad de soporte. Este ensayo es también una herramienta importante para el control de calidad en la construcción, ayudando a asegurar que los suelos utilizados en las infraestructuras cumplan con las especificaciones y requisitos de diseño.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS OBTENIDOS

4.1.1. Propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentadas

4.1.1.1. Propiedades de la avenida Juliaca

a) Propiedades de la subrasante

Tabla 2

Límites de consistencia

| Límites | | | |
|----------|--------|--------|--------|
| Calicata | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
| C-01 | 39.11 | 17.36 | 21.75 |
| C-02 | 38.72 | 13.16 | 25.56 |
| C-03 | 37.86 | 19.46 | 18.40 |
| C-04 | 40.26 | 21.17 | 19.09 |
| C-05 | 39.62 | 21.17 | 18.45 |

Tabla 3

Granulometría de la calicata 01

| TAMICES | ABERTURA | PESO | %RETENIDO | %RETENIDO | % QUE |
|---------|----------|----------|-----------|-----------|--------|
| ASTM | mm | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | PASA |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 27.26 | 5.45 | 5.45 | 94.55 |
| No4 | 4.750 | 52.26 | 10.45 | 15.90 | 84.10 |
| No10 | 2.000 | 21.25 | 4.25 | 20.15 | 79.85 |
| No20 | 0.850 | 23.26 | 4.65 | 24.81 | 75.19 |
| No40 | 0.425 | 30.26 | 6.05 | 30.86 | 69.14 |
| No100 | 0.150 | 40.26 | 8.05 | 38.91 | 61.09 |
| No200 | 0.075 | 42.26 | 8.45 | 47.36 | 52.64 |

Figura 3

Curva granulométrica calicata 01

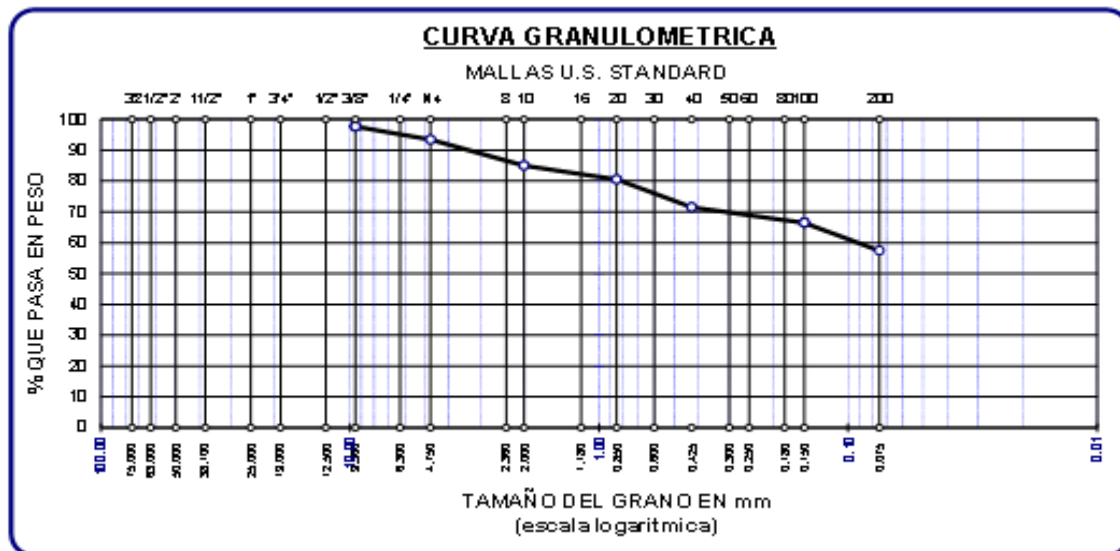


Tabla 4

Granulometría de la calicata 02

| TAMICES | ABERTURA | PESO | %RETENIDO | %RETENIDO | % QUE |
|---------|----------|----------|-----------|-----------|--------|
| ASTM | mm | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | PASA |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 13.26 | 2.65 | 2.65 | 97.35 |
| No4 | 4.750 | 35.26 | 7.05 | 9.70 | 90.30 |
| No10 | 2.000 | 65.25 | 13.05 | 22.75 | 77.25 |
| No20 | 0.850 | 75.26 | 15.05 | 37.81 | 62.19 |
| No40 | 0.425 | 12.23 | 2.45 | 40.25 | 59.75 |
| No100 | 0.150 | 15.26 | 3.05 | 43.30 | 56.70 |
| No200 | 0.075 | 16.25 | 3.25 | 46.55 | 53.45 |

Figura 4

Curva granulométrica calicata 02

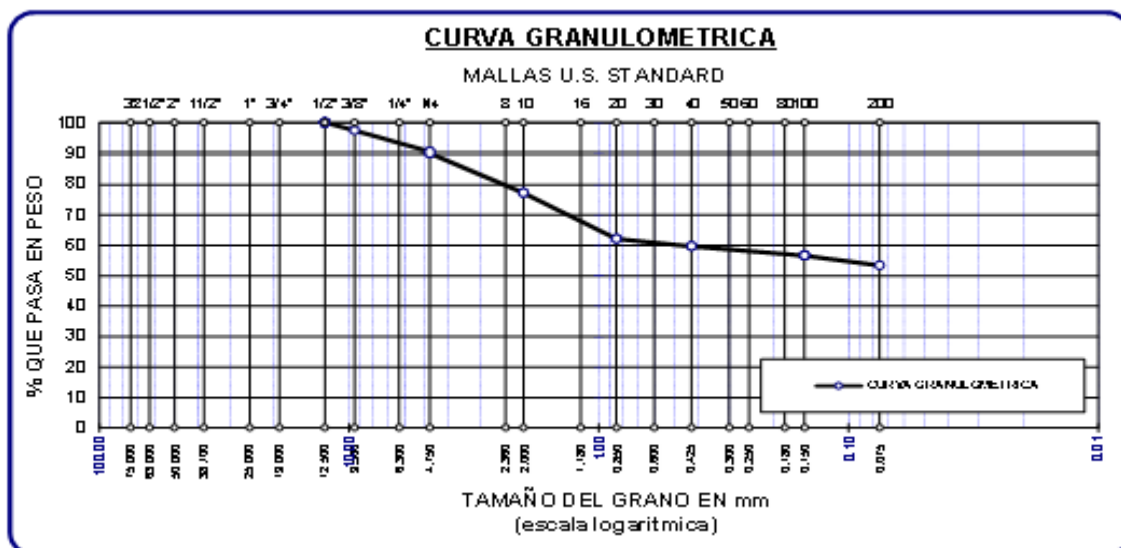


Tabla 5

Granulometría de la calicata 03

| TAMICES | ABERTURA | PESO | %RETENIDO | %RETENIDO | % QUE |
|---------|----------|----------|-----------|-----------|--------|
| ASTM | mm | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | PASA |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 15.26 | 3.05 | 3.05 | 96.95 |
| No4 | 4.750 | 18.26 | 3.65 | 6.70 | 93.30 |
| No10 | 2.000 | 25.28 | 5.06 | 11.76 | 88.24 |
| No20 | 0.850 | 35.29 | 7.06 | 18.82 | 81.18 |
| No40 | 0.425 | 42.26 | 8.45 | 27.27 | 72.73 |
| No100 | 0.150 | 23.26 | 4.65 | 31.92 | 68.08 |
| No200 | 0.075 | 82.36 | 16.47 | 48.39 | 51.61 |

Figura 5

Curva granulométrica calicata 03

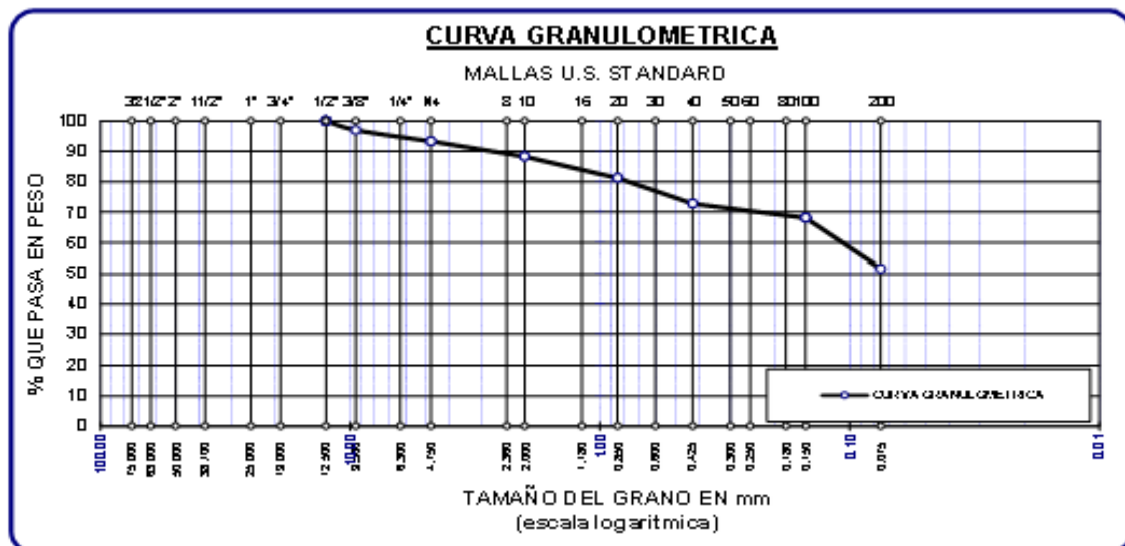


Tabla 6

Granulometría de la calicata 04

| TAMICES | ABERTURA | PESO | %RETENIDO | %RETENIDO | % QUE |
|---------|----------|----------|-----------|-----------|-------|
| ASTM | mm | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | PASA |
| 3/8" | 9.500 | 10.26 | 2.05 | 2.05 | 97.95 |
| No4 | 4.750 | 21.25 | 4.25 | 6.30 | 93.70 |
| No10 | 2.000 | 32.26 | 6.45 | 12.75 | 87.25 |
| No20 | 0.850 | 41.25 | 8.25 | 21.00 | 79.00 |
| No40 | 0.425 | 56.25 | 11.25 | 32.25 | 67.75 |
| No100 | 0.150 | 45.26 | 9.05 | 41.31 | 58.69 |
| No200 | 0.075 | 20.26 | 4.05 | 45.36 | 54.64 |

Figura 6

Curva granulométrica calicata 04

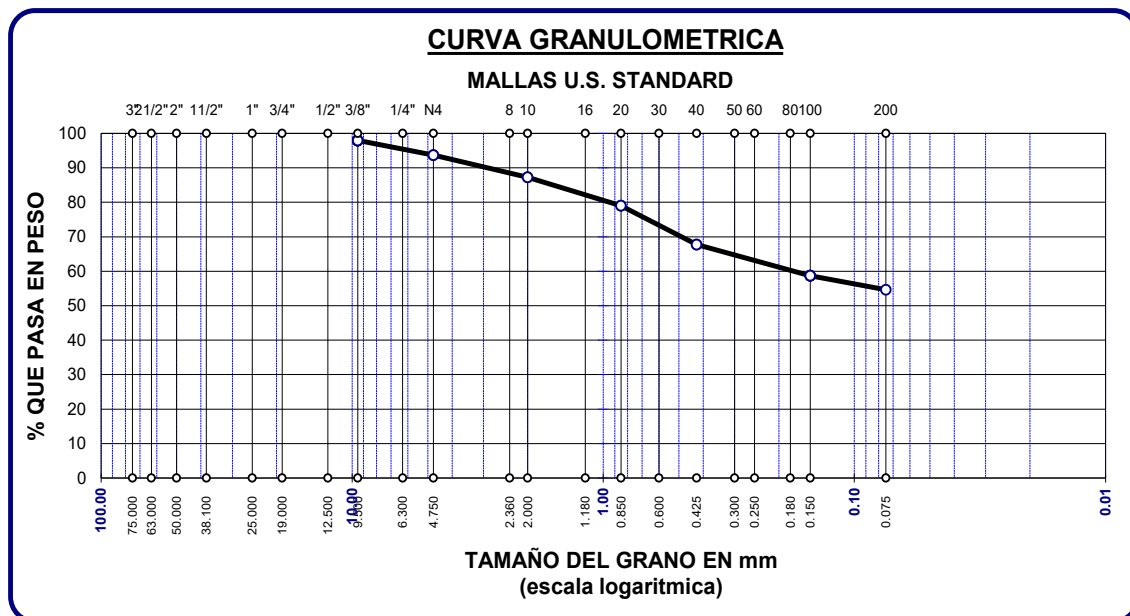


Tabla 7

Granulometría de la calicata 05

| TAMICES | ABERTURA | PESO | %RETENIDO | %RETENIDO | % QUE |
|---------|----------|----------|-----------|-----------|-------|
| ASTM | mm | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | PASA |
| 3/8" | 9.500 | 11.26 | 2.25 | 2.25 | 97.75 |
| No4 | 4.750 | 21.26 | 4.25 | 6.50 | 93.50 |
| No10 | 2.000 | 42.26 | 8.45 | 14.96 | 85.04 |
| No20 | 0.850 | 22.26 | 4.45 | 19.41 | 80.59 |
| No40 | 0.425 | 45.28 | 9.06 | 28.46 | 71.54 |
| No100 | 0.150 | 25.26 | 5.05 | 33.52 | 66.48 |
| No200 | 0.075 | 45.26 | 9.05 | 42.57 | 57.43 |

Figura 7

Curva granulométrica calicata 05

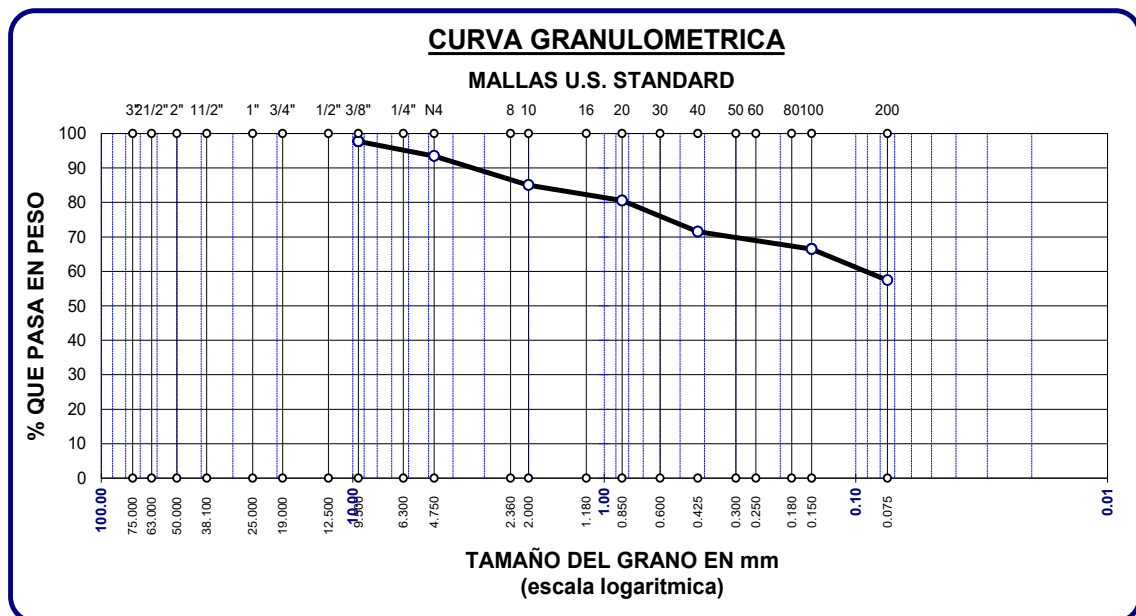


Tabla 8

Grado de compactación de la subrasante

| Grado de compactación | | |
|-----------------------|---------------------------|---------|
| Calicata | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
| C-1 | 1.762 | 17.19 |
| C-2 | 1.722 | 17.18 |
| C-3 | 1.724 | 17.21 |
| C-4 | 1.728 | 17.13 |
| C-5 | 1.728 | 17.13 |

Figura 8

Grado de compactación de la subrasante

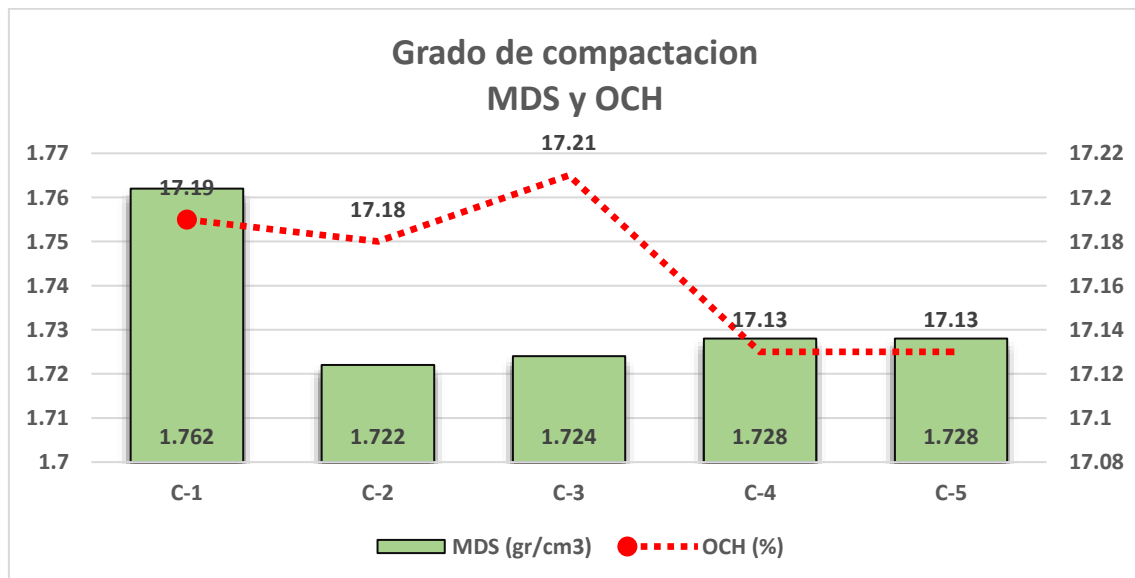




Tabla 9

CBR de la subrasante

| Descripción | CBR | |
|-------------|----------|---------|
| | CBR-100% | CBR-95% |
| C-1 | 4.25 | 2.18 |
| C-2 | 4.26 | 2.19 |
| C-3 | 4.27 | 2.21 |
| C-4 | 4.28 | 2.22 |
| C-5 | 4.29 | 2.23 |

4.1.1.2. Propiedades de la avenida Marañón

a) Propiedades de la subrasante

Tabla 10

Límites de consistencia

| Calicata | Límites | | |
|----------|---------|--------|--------|
| | LL (%) | LP (%) | IP (%) |
| C-1 | 41.78 | 19.41 | 22.37 |
| C-2 | 23.78 | 18.41 | 5.37 |
| C-3 | 30.29 | 18.88 | 11.40 |
| C-4 | 27.46 | 19.56 | 7.90 |
| C-5 | 26.26 | 19.25 | 7.02 |

Tabla 11

Granulometría calicata 01

| TAMICES | ABERTURA | PESO | %RETENIDO | %RETENIDO | % QUE |
|---------|----------|----------|-----------|-----------|--------|
| ASTM | mm | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | PASA |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 28.54 | 5.71 | 5.71 | 94.29 |
| No4 | 4.750 | 53.58 | 10.72 | 16.42 | 83.58 |
| No10 | 2.000 | 23.25 | 4.65 | 21.07 | 78.93 |
| No20 | 0.850 | 24.56 | 4.91 | 25.99 | 74.01 |
| No40 | 0.425 | 21.54 | 4.31 | 30.29 | 69.71 |
| No100 | 0.150 | 45.26 | 9.05 | 39.35 | 60.65 |
| No200 | 0.075 | 40.26 | 8.05 | 47.40 | 52.60 |

Figura 9

Curva granulométrica calicata 01

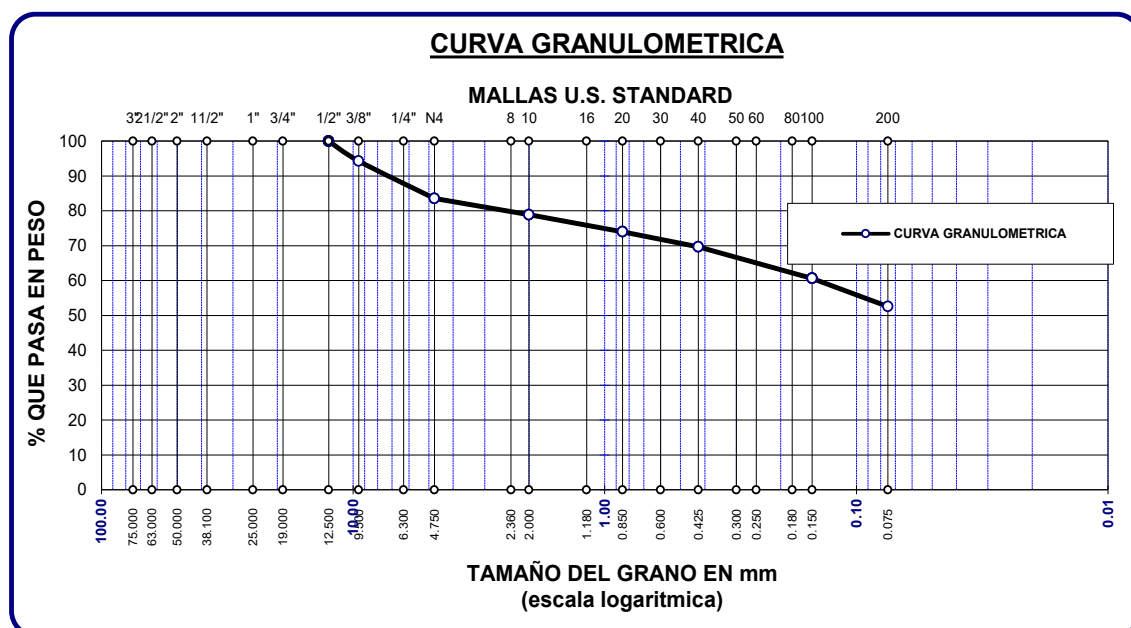




Tabla 12

Granulometría calicata 02

| TAMICES | ABERTURA | PESO | %RETENIDO | %RETENIDO | % QUE |
|---------|----------|----------|-----------|-----------|--------|
| ASTM | mm | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | PASA |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 15.26 | 3.05 | 3.05 | 96.95 |
| No4 | 4.750 | 30.26 | 6.05 | 9.10 | 90.90 |
| No10 | 2.000 | 60.25 | 12.05 | 21.15 | 78.85 |
| No20 | 0.850 | 71.59 | 14.32 | 35.47 | 64.53 |
| No40 | 0.425 | 11.56 | 2.31 | 37.78 | 62.22 |
| No100 | 0.150 | 14.56 | 2.91 | 40.70 | 59.30 |
| No200 | 0.075 | 15.69 | 3.14 | 43.83 | 56.17 |

Figura 10

Curva granulométrica calicata 02

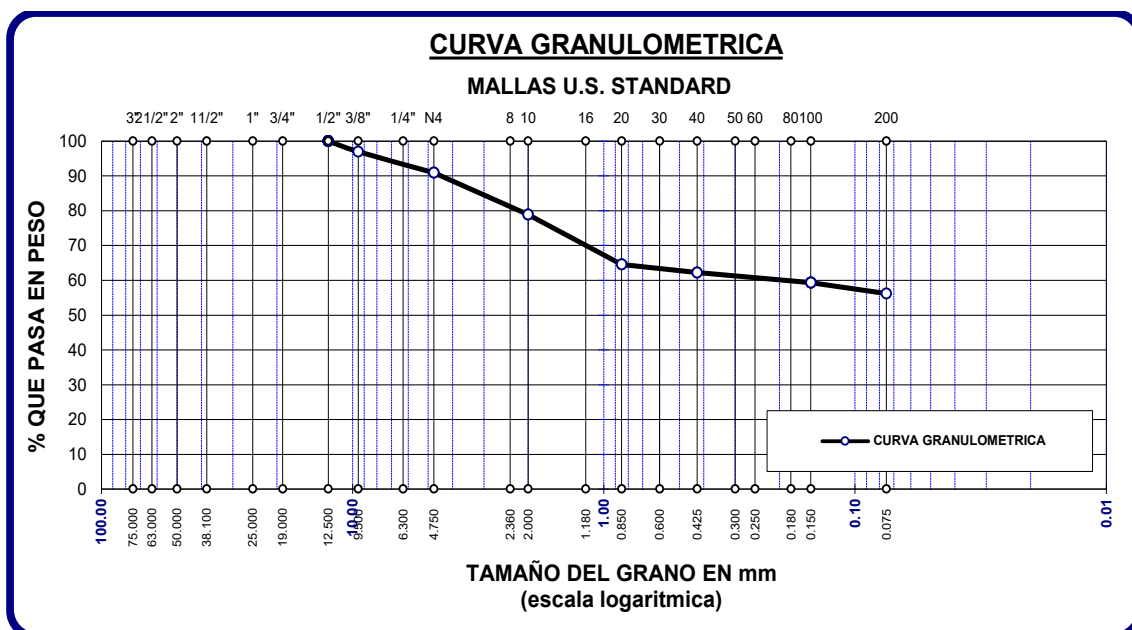


Tabla 13

Granulometría calicata 03

| TAMICES | ABERTURA | PESO | %RETENIDO | %RETENIDO | % QUE |
|---------|----------|----------|-----------|-----------|--------|
| ASTM | mm | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | PASA |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 14.26 | 2.85 | 2.85 | 97.15 |
| No4 | 4.750 | 19.26 | 3.85 | 6.70 | 93.30 |
| No10 | 2.000 | 16.25 | 3.25 | 9.95 | 90.05 |
| No20 | 0.850 | 26.25 | 5.25 | 15.20 | 84.80 |
| No40 | 0.425 | 36.58 | 7.32 | 22.52 | 77.48 |
| No100 | 0.150 | 23.56 | 4.71 | 27.23 | 72.77 |
| No200 | 0.075 | 83.29 | 16.66 | 43.89 | 56.11 |

Figura 11

Curva granulométrica calicata 03

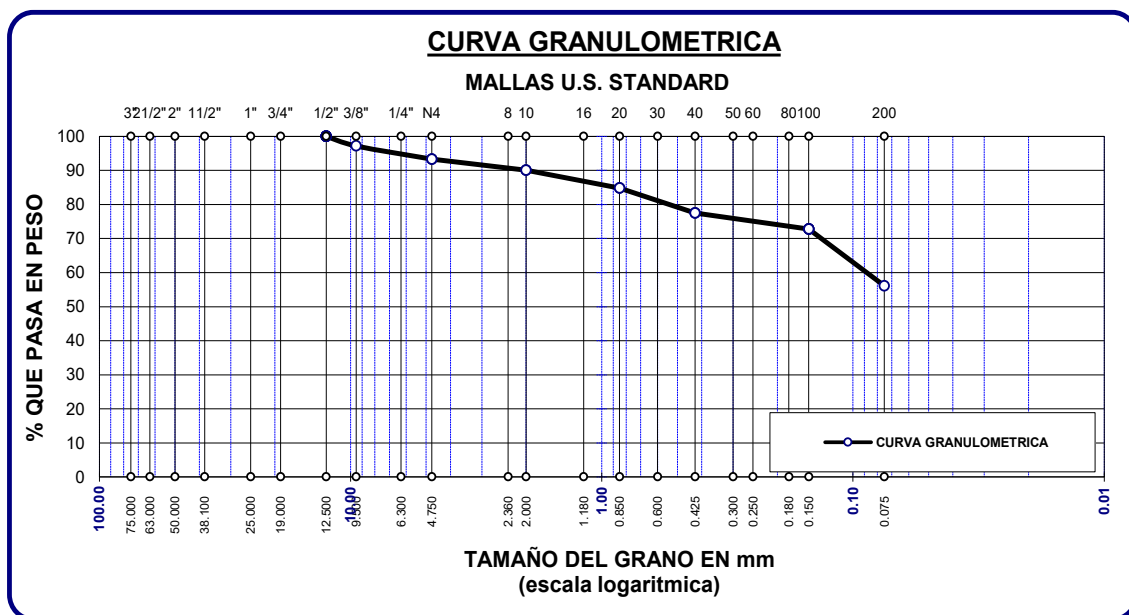


Tabla 14

Granulometría calicata 04

| TAMICES | ABERTURA | PESO | %RETENIDO | %RETENIDO | % QUE |
|---------|----------|----------|-----------|-----------|--------|
| ASTM | mm | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | PASA |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 12.59 | 2.52 | 2.52 | 97.48 |
| No4 | 4.750 | 20.26 | 4.05 | 6.57 | 93.43 |
| No10 | 2.000 | 35.36 | 7.07 | 13.64 | 86.36 |
| No20 | 0.850 | 40.56 | 8.11 | 21.75 | 78.25 |
| No40 | 0.425 | 57.58 | 11.52 | 33.27 | 66.73 |
| No100 | 0.150 | 46.54 | 9.31 | 42.58 | 57.42 |
| No200 | 0.075 | 21.29 | 4.26 | 46.84 | 53.16 |

Figura 12

Curva granulométrica calicata 04

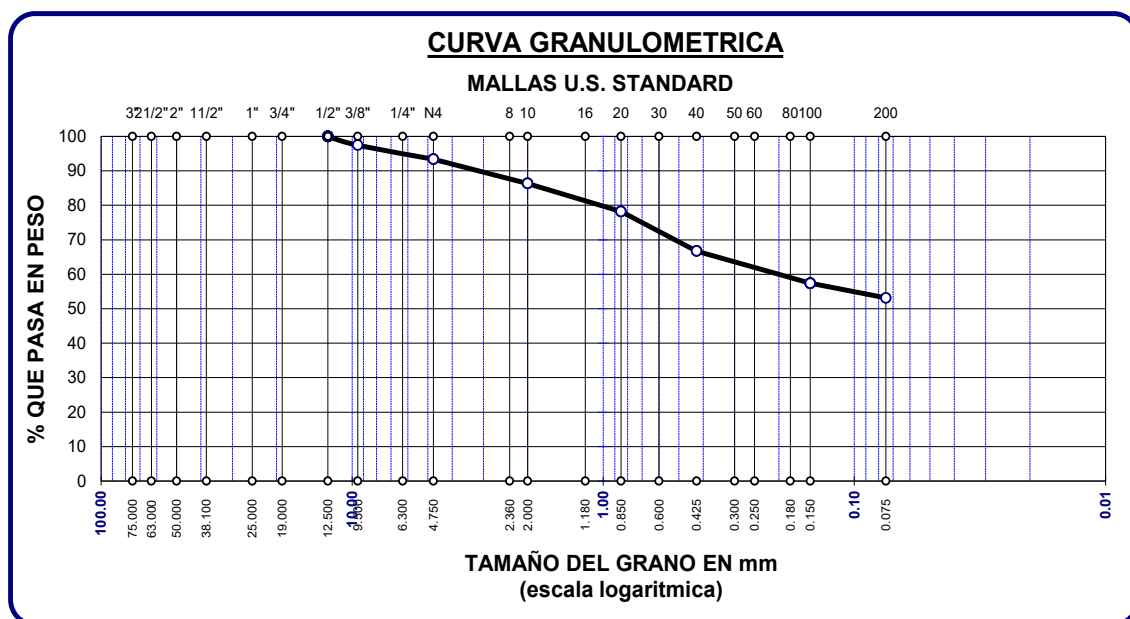




Tabla 15

Granulometría calicata 05

| TAMICES | ABERTURA | PESO | %RETENIDO | %RETENIDO | % QUE |
|---------|----------|----------|-----------|-----------|--------|
| ASTM | mm | RETENIDO | PARCIAL | ACUMULADO | PASA |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 |
| 3/8" | 9.500 | 13.56 | 2.71 | 2.71 | 97.29 |
| No4 | 4.750 | 22.56 | 4.51 | 7.22 | 92.78 |
| No10 | 2.000 | 44.51 | 8.90 | 16.13 | 83.87 |
| No20 | 0.850 | 23.58 | 4.72 | 20.84 | 79.16 |
| No40 | 0.425 | 46.52 | 9.30 | 30.15 | 69.85 |
| No100 | 0.150 | 28.56 | 5.71 | 35.86 | 64.14 |
| No200 | 0.075 | 41.27 | 8.25 | 44.11 | 55.89 |

Figura 13

Curva granulométrica calicata 05

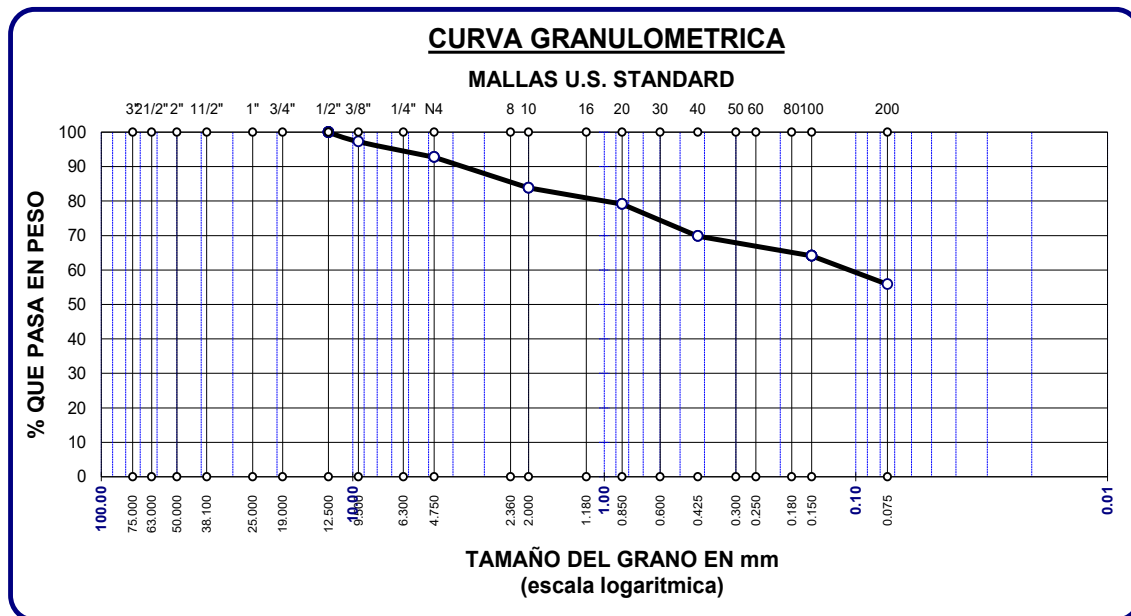


Tabla 16

Grado de compactación de la subrasante

| Grado de compactación | | |
|-----------------------|---------------------------|---------|
| Calicata | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
| C-1 | 1.762 | 17.19 |
| C-2 | 1.764 | 16.51 |
| C-3 | 1.771 | 16.36 |
| C-4 | 1.809 | 13.47 |
| C-5 | 1.797 | 15.98 |

Figura 14

Grado de compactación de la subrasante

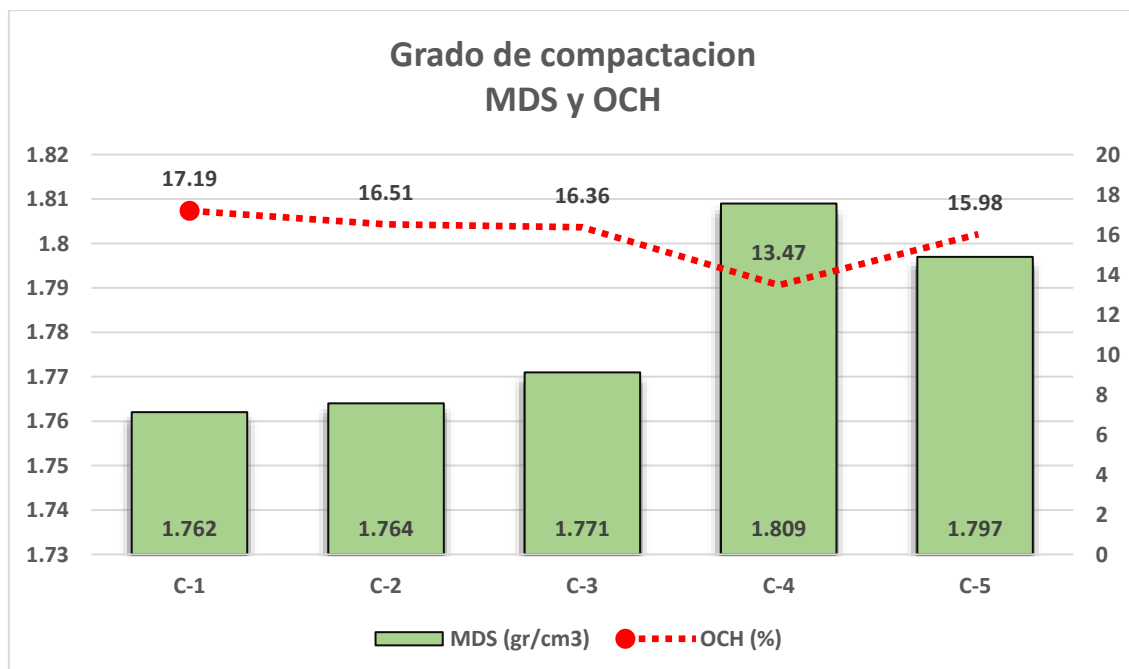




Tabla 17

CBR de la subrasante

| Descripción | CBR | |
|-------------|----------|---------|
| | CBR-100% | CBR-95% |
| C-1 | 4.25 | 2.18 |
| C-2 | 4.11 | 2.55 |
| C-3 | 4.21 | 2.36 |
| C-4 | 4.28 | 2.66 |
| C-5 | 4.22 | 2.55 |

4.1.2. Efecto del empleo de materiales de origen orgánico y metalúrgicos sobre las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentada de la zona sur de la ciudad de Juliaca

4.1.2.1. Propiedades de la subrasante Avenida Juliaca - 5% Cal.

a) Propiedades de la subrasante con el 5% de Cal

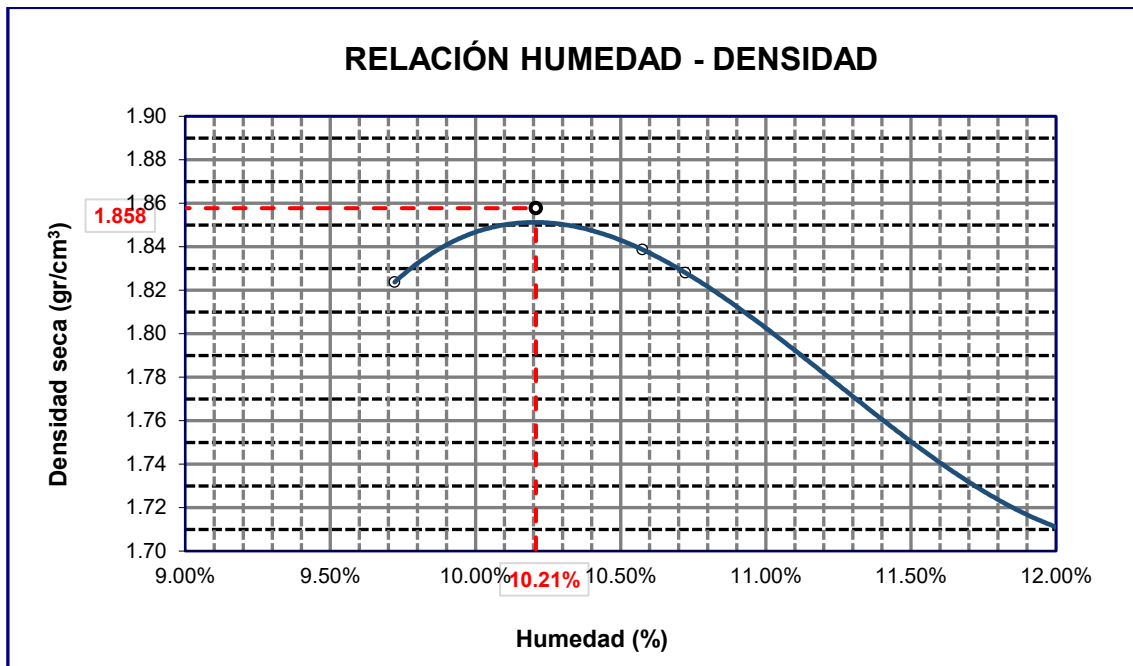
Tabla 18

Grado de compactación de la subrasante +5% de cal

| Calicata. | Grado de compactación | |
|-----------|-----------------------|---------|
| | MDS (gr/cm3) | OCH (%) |
| C-01 | 1.858 | 10.21 |
| C-02 | 1.846 | 12.02 |
| C-03 | 1.889 | 13.66 |
| C-04 | 1.892 | 13.61 |
| C-05 | 1.892 | 13.18 |

Figura 15

Grado de compactación de la subrasante + 5% de cal, calicata 1



Se muestra la densidad y el contenido de humedad del primer punto exploratorio.

Figura 16

Grado de compactación de la subrasante + 5% de cal, calicata 2

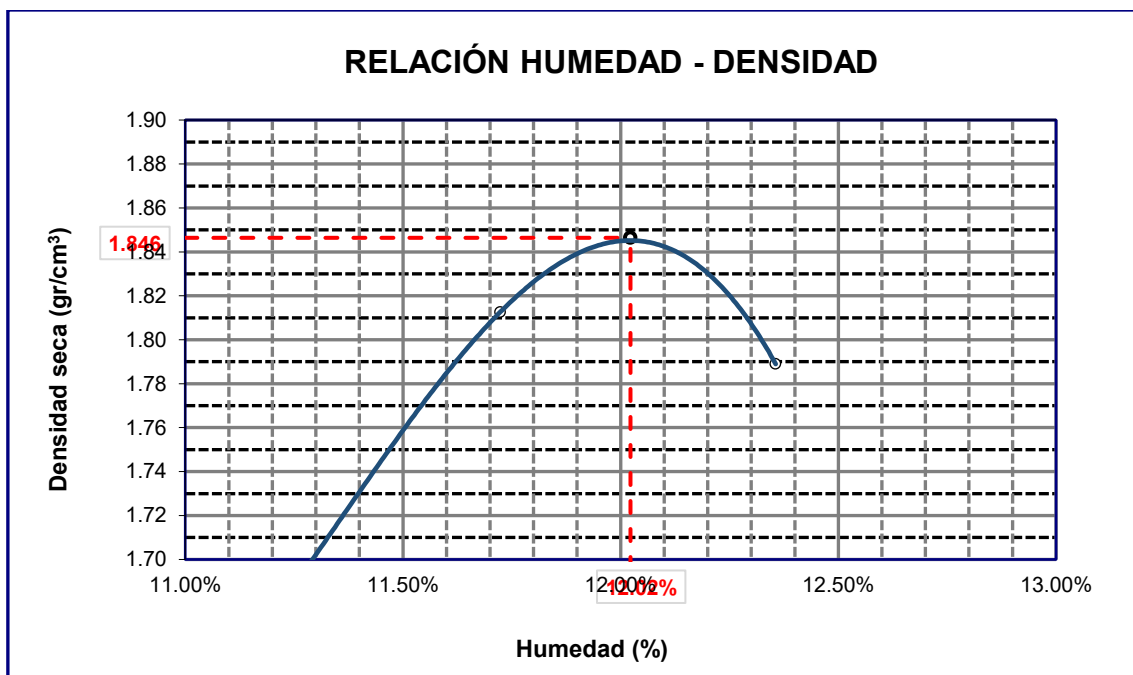
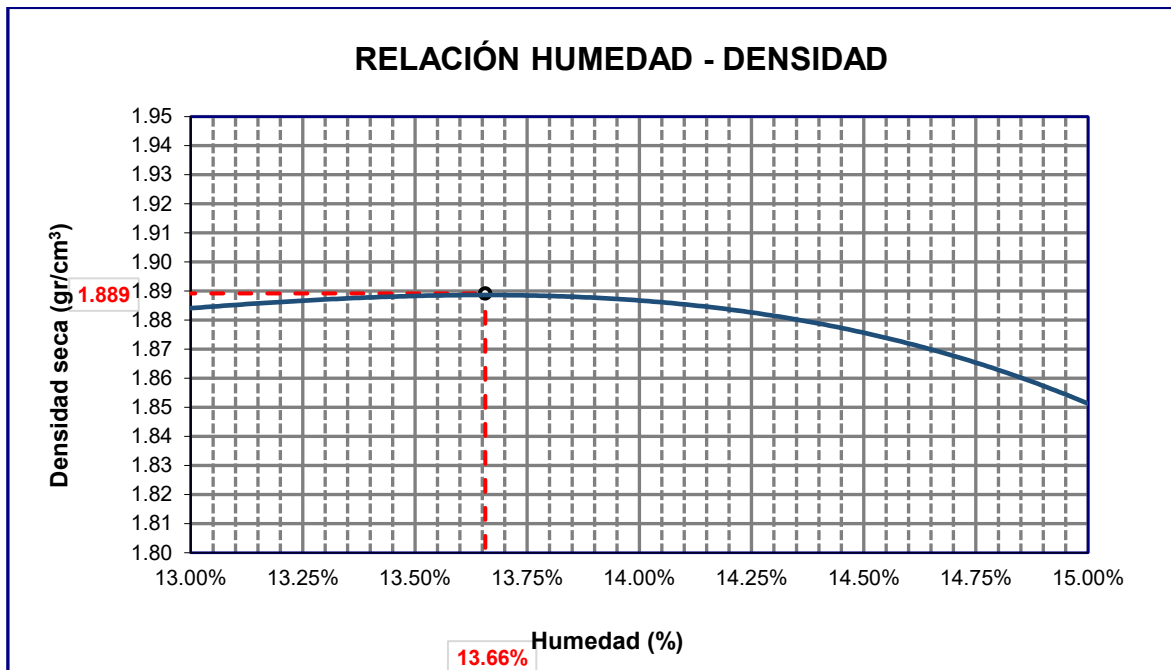


Figura 17

Grado de compactación de la subrasante + 5% de cal, calicata 3



Se muestra la densidad y el contenido de humedad del tercer punto de exploración.

Figura 18

Grado de compactación de la subrasante + 5% de cal, calicata 4

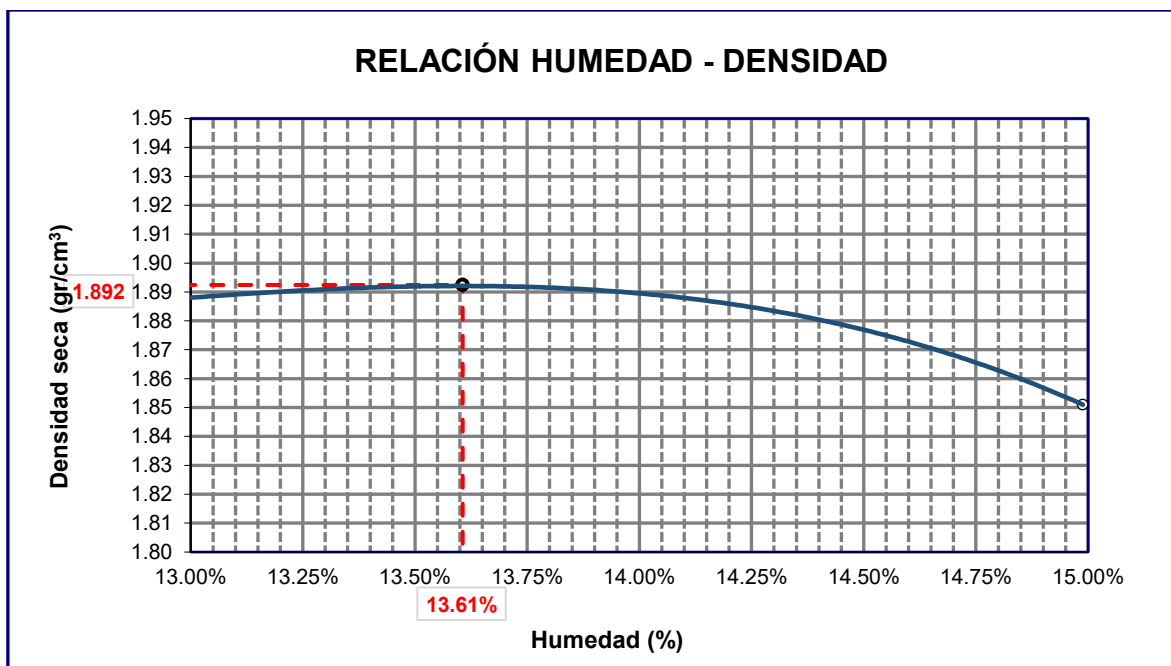


Figura 19

Grado de compactación de la subrasante + 5% de cal, calicata 5

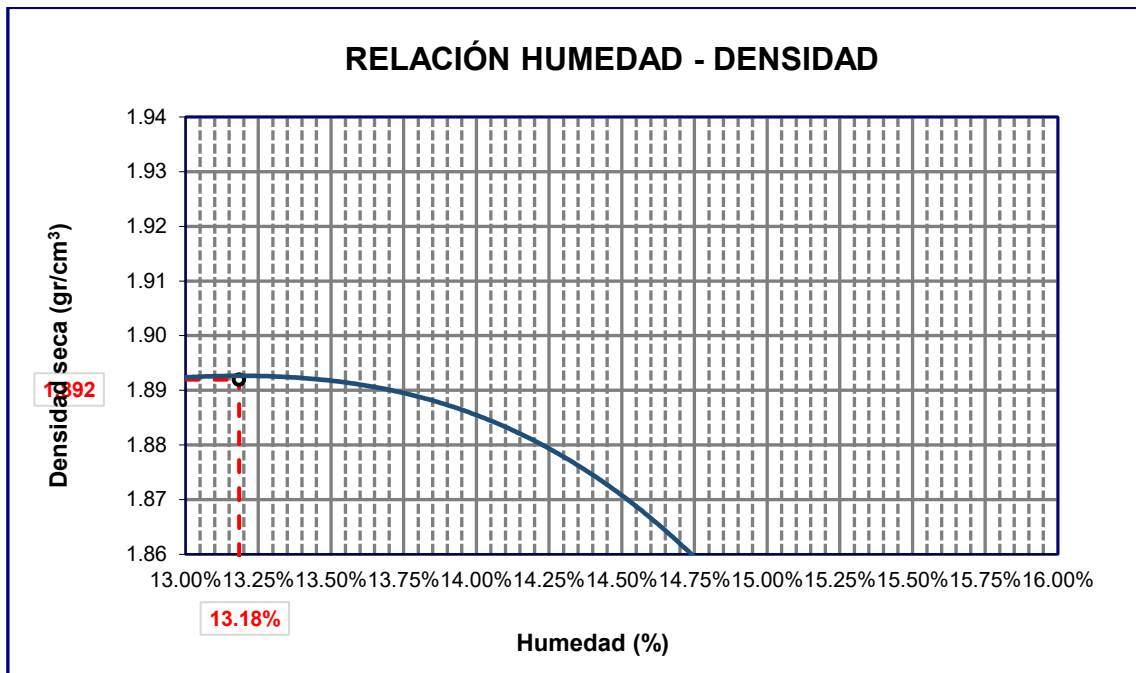


Tabla 19

CBR de la subrasante

| Calicata | CBR | |
|----------|----------|---------|
| | CBR-100% | CBR-95% |
| C-1 | 17.76 | 14.02 |
| C-2 | 18.07 | 14.33 |
| C-3 | 22.13 | 17.45 |
| C-4 | 23.69 | 18.39 |
| C-5 | 24.63 | 19.32 |

4.1.2.2. Propiedades de la subrasante Avenida Marañón – 5% C.

Carbón

Para la estabilización de la vía alterna de salida de Arequipa, se empleó cal con el objetivo de mejorar las condiciones de la subrasante.

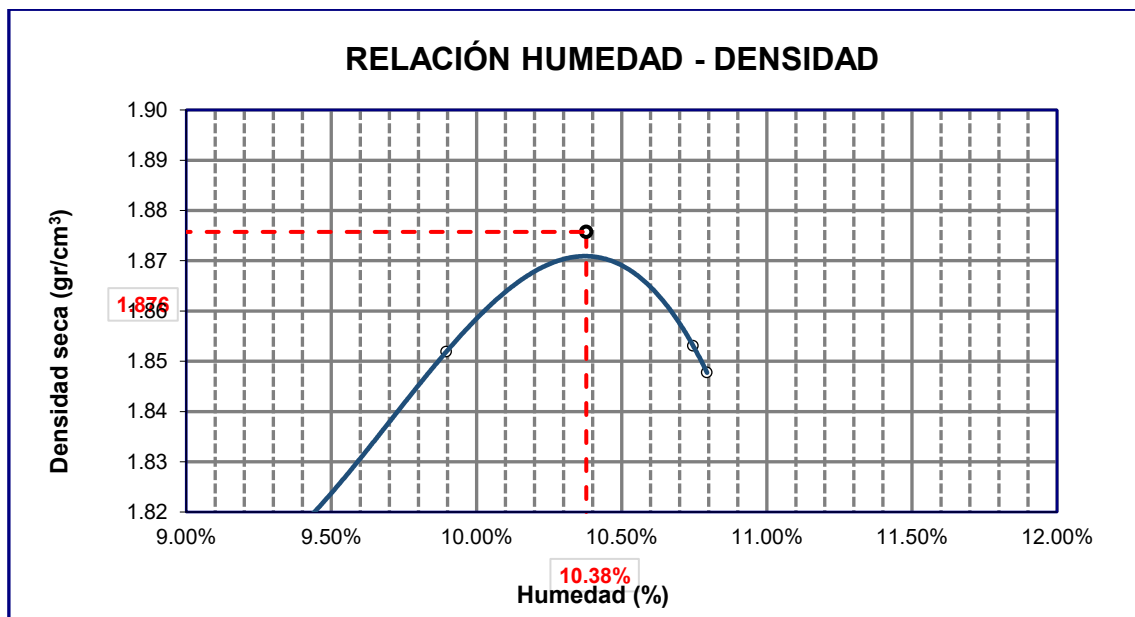
Tabla 20

Grado de compactación de la subrasante + 5% de ceniza de carbón

| Grado de compactación | | |
|-----------------------|---------------------------|---------|
| Calicata | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
| C-1 | 2.096 | 8.62 |
| C-2 | 2.052 | 8.45 |
| C-3 | 2.067 | 8.54 |
| C-4 | 2.052 | 8.45 |
| C-5 | 2.067 | 8.54 |

Figura 20

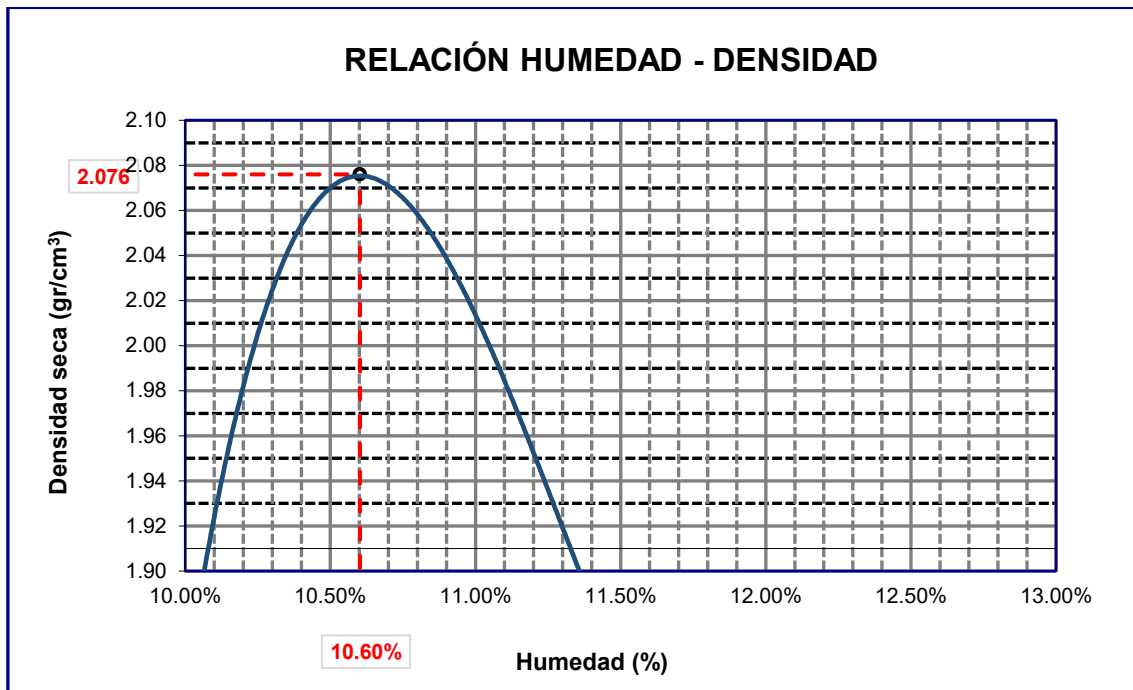
Grado de compactación de la subrasante + 5% de ceniza de carbón, calicata 1



Se muestra la densidad y el contenido de humedad del primer punto exploratorio.

Figura 21

Grado de compactación de la subrasante + 5% de ceniza de carbón, calicata 2



Se muestra la densidad y el contenido de humedad del segundo punto exploratorio.

Figura 22

Grado de compactación de la subrasante + 5% de ceniza de carbón, calicata 3

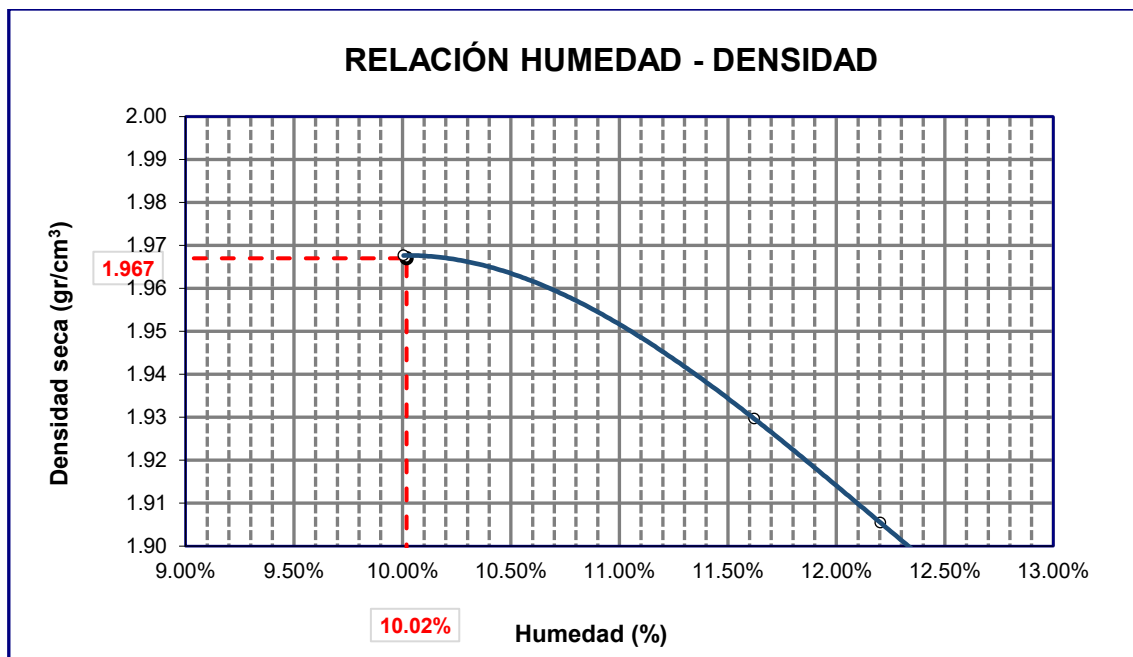
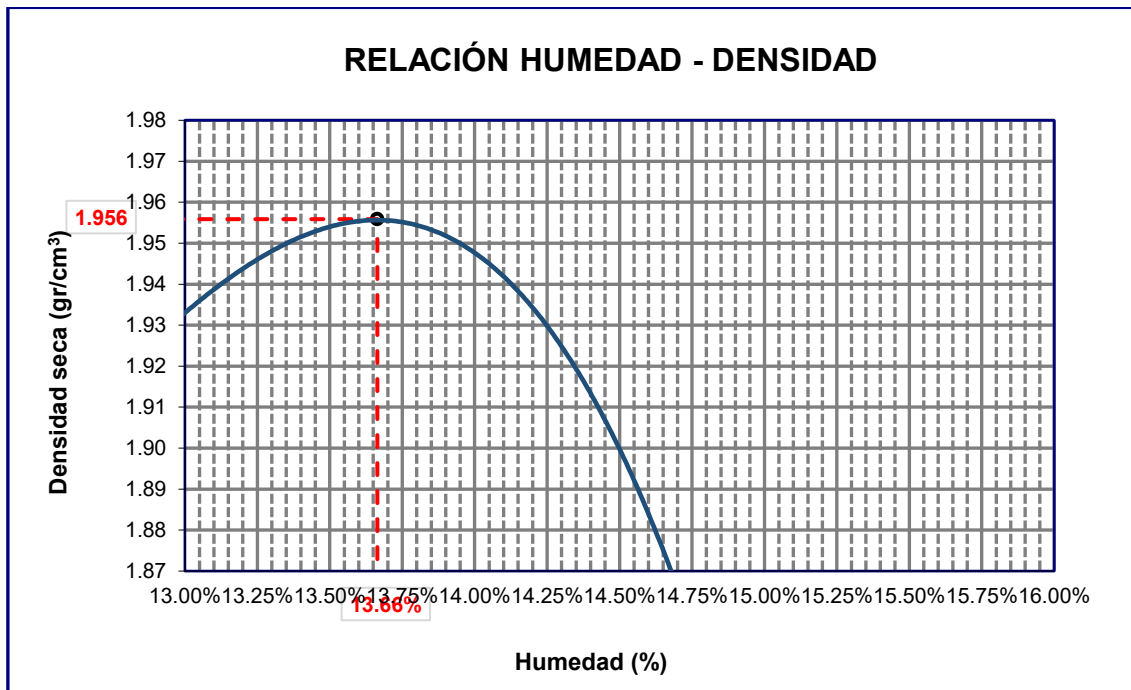


Figura 23

Grado de compactación de la subrasante + 5% de ceniza de carbón, calicata 4



Se muestra la densidad y el contenido de humedad del tercer punto de exploración.

Figura 24

Grado de compactación de la subrasante + 5% de ceniza de carbón, calicata 5

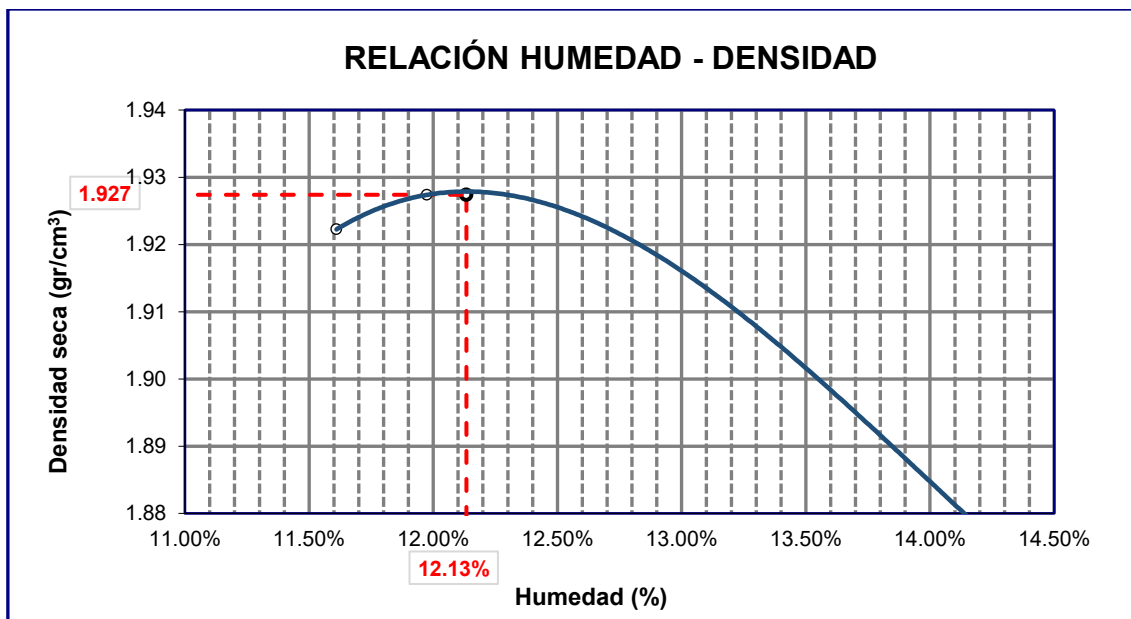


Tabla 21*CBR de la subrasante*

| Calicata | CBR | |
|----------|----------|---------|
| | CBR-100% | CBR-95% |
| C-1 | 17.84 | 14.51 |
| C-2 | 18.43 | 14.82 |
| C-3 | 22.68 | 17.89 |
| C-4 | 24.27 | 18.93 |
| C-5 | 24.81 | 19.59 |

Se presenta el CBR obtenido de la subrasante de la vía no pavimentada, avenida marañón

4.1.3. Alternativas de estabilización más viables para las subrasantes de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca

4.1.3.1. Estabilización de suelos de la avenida Juliaca con 15% de Cal

Tabla 22*Grado de compactación de la subrasante +15% de cal*

| Calicata. | Grado de compactación | |
|-----------|---------------------------|---------|
| | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
| C-01 | 1.896 | 14.12 |
| C-02 | 1.896 | 14.14 |
| C-03 | 1.898 | 14.21 |
| C-04 | 1.898 | 14.38 |
| C-05 | 1.904 | 15.05 |

Figura 25

Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 1

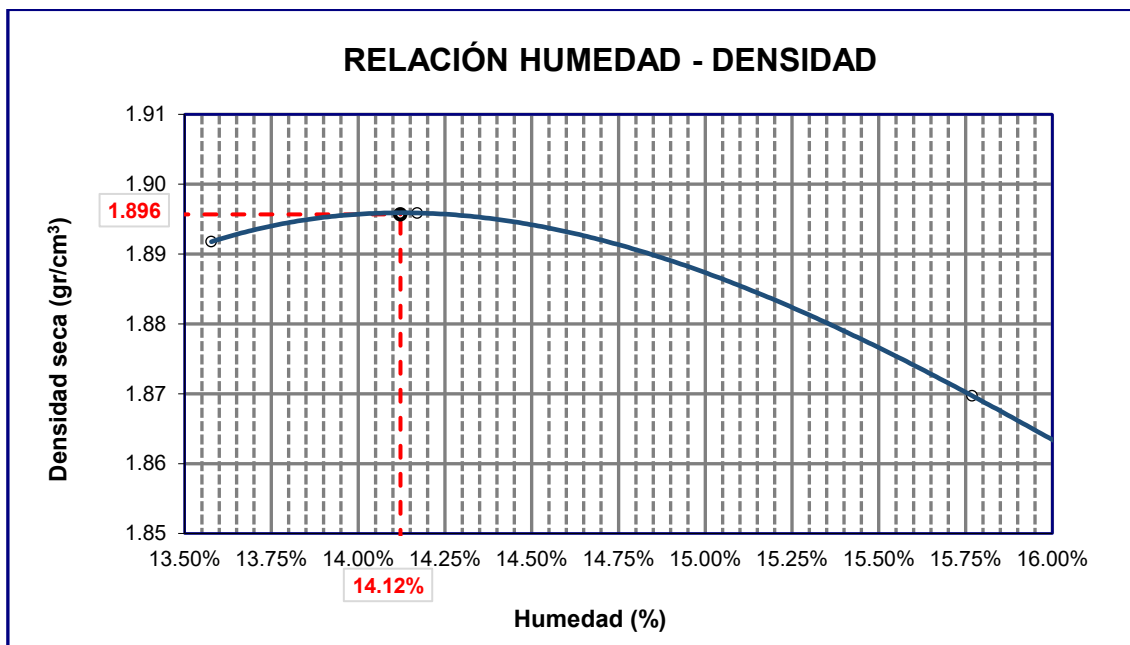


Figura 26

Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 2

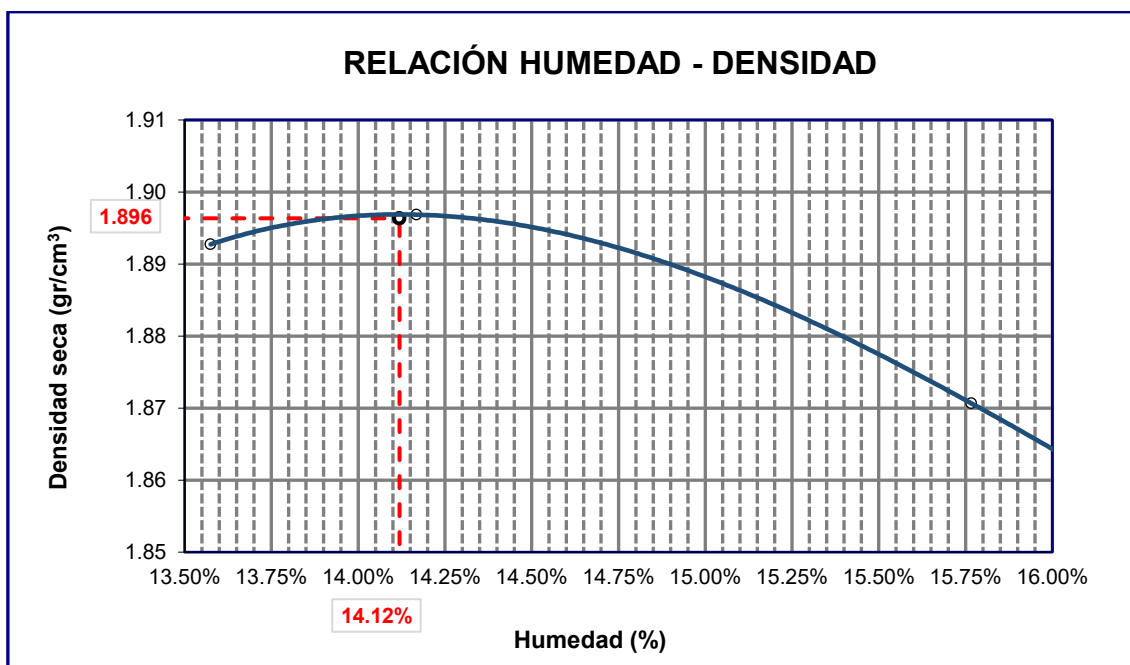


Figura 27

Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 3

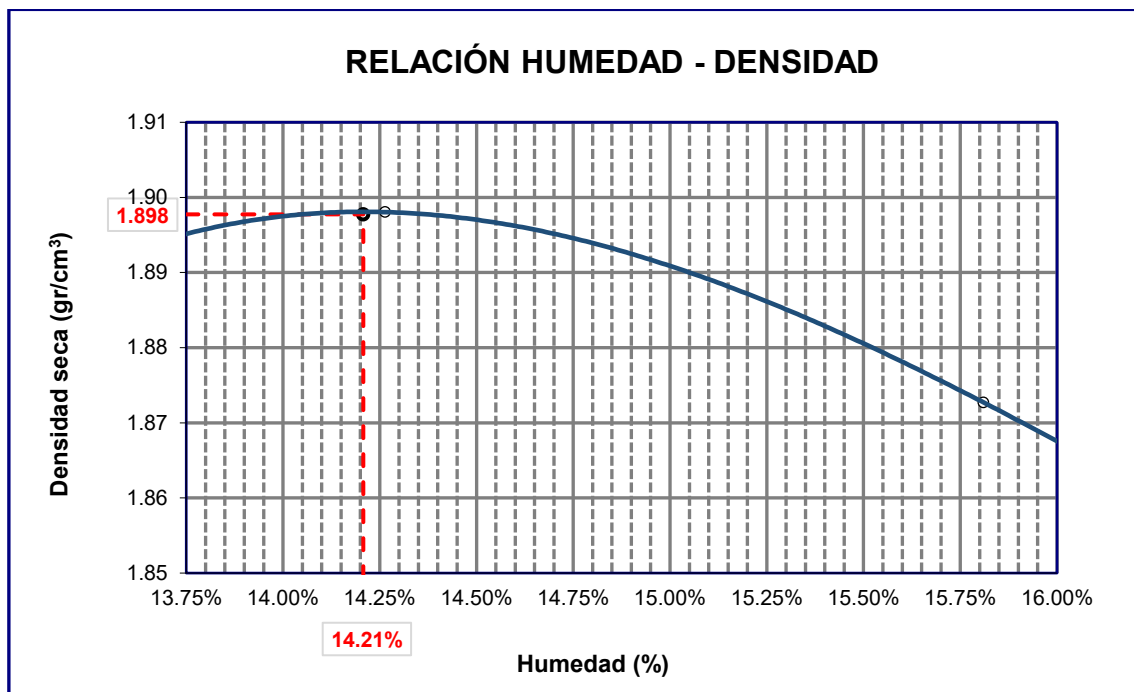


Figura 28

Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 4

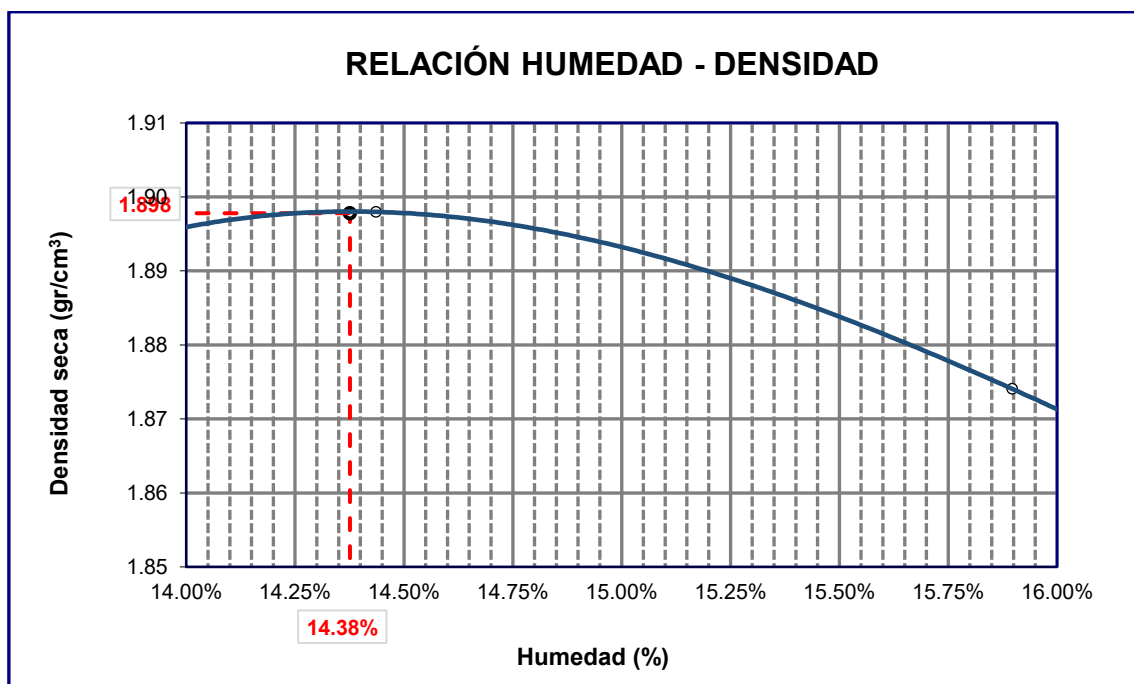


Figura 29

Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 5

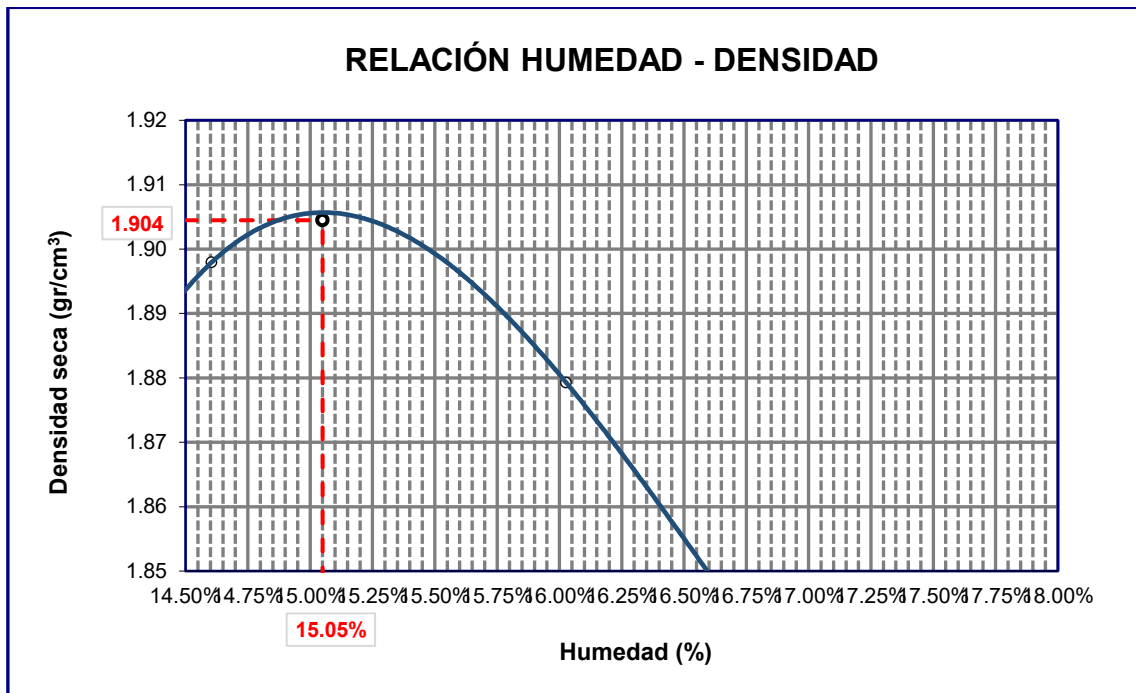


Tabla 23

CBR de la subrasante, avenida Juliaca

| Calicata | CBR | |
|----------|----------|---------|
| | CBR-100% | CBR-95% |
| C-1 | 26.89 | 20.65 |
| C-2 | 27.89 | 21.34 |
| C-3 | 28.24 | 22.00 |
| C-4 | 28.24 | 22.28 |
| C-5 | 31.54 | 22.21 |

Se presenta el CBR estabilizado de la subrasante con 15% de cal en la vía no pavimentada, avenida Juliaca.

4.1.3.2. Estabilización de suelos de la avenida Marañón con 15% de Ceniza de carbón

Tabla 24

Grado de compactación de la subrasante +15% de ceniza de carbón

| Grado de compactación | | |
|-----------------------|---------------------------|---------|
| Calicata. | MDS (gr/cm ³) | OCH (%) |
| C-01 | 1.901 | 15.33 |
| C-02 | 1.983 | 15.37 |
| C-03 | 2.009 | 15.43 |
| C-04 | 2.049 | 15.39 |
| C-05 | 2.043 | 15.44 |

Figura 30

Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 1

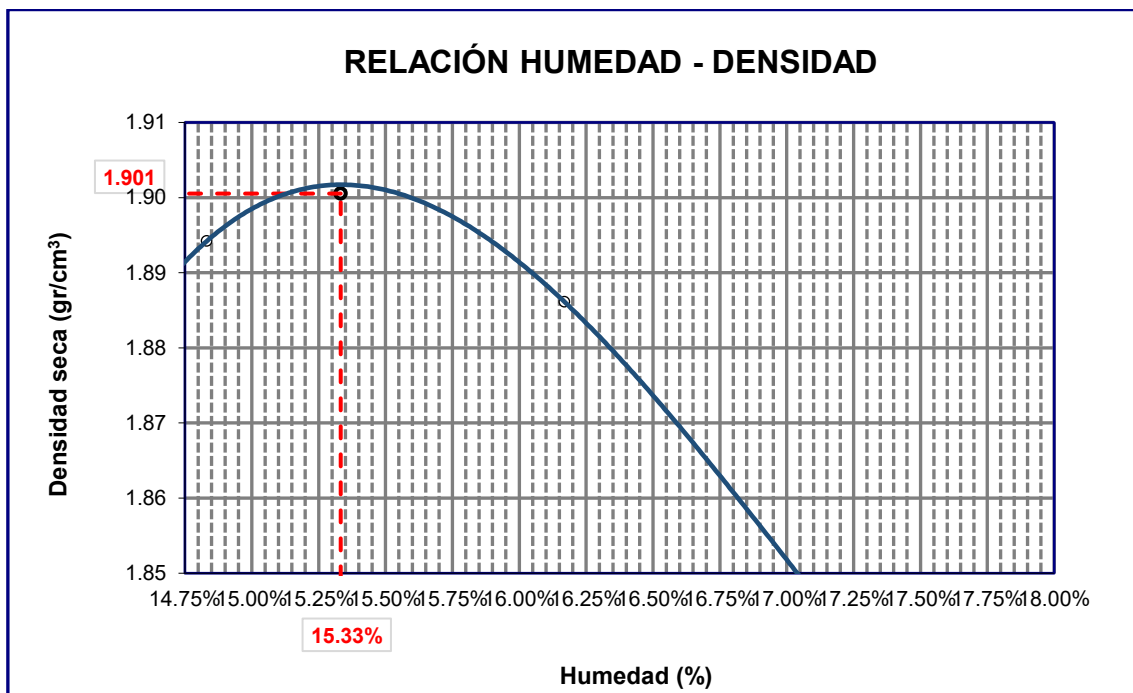


Figura 31

Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 2

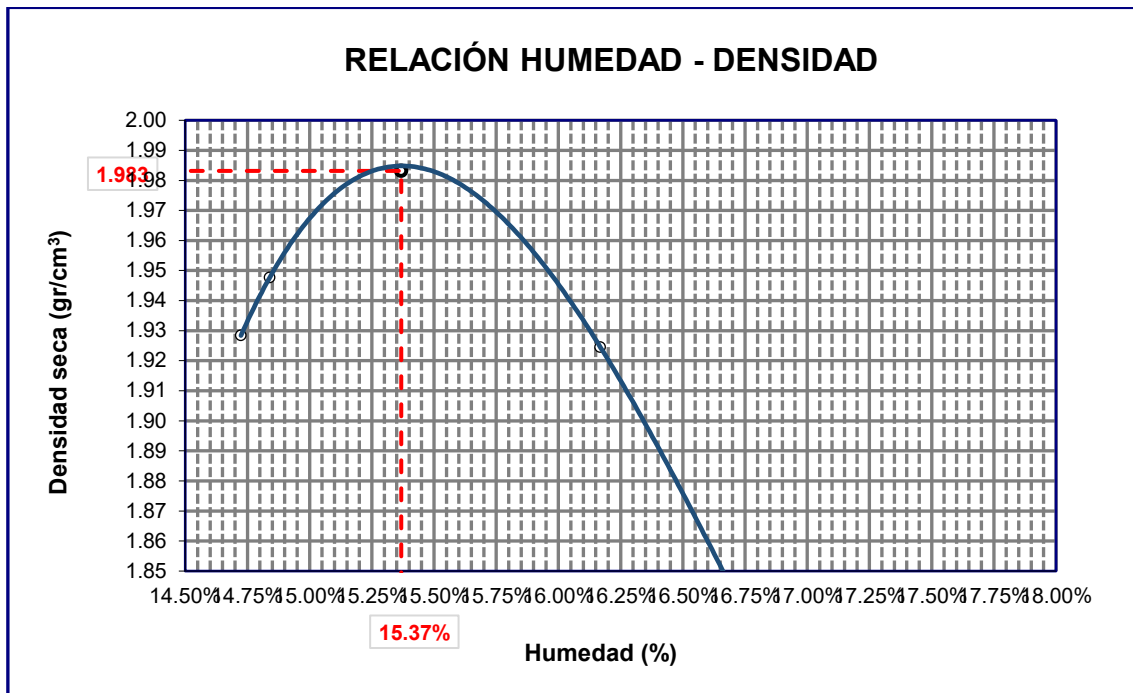


Figura 32

Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 3

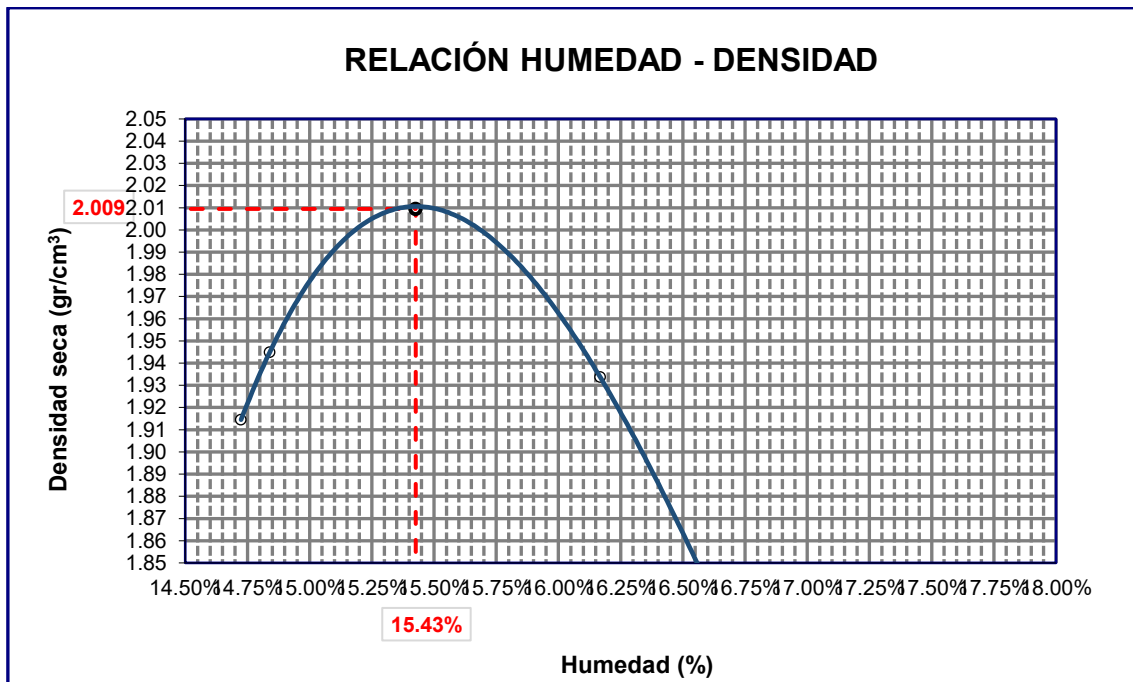


Figura 33

Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 4

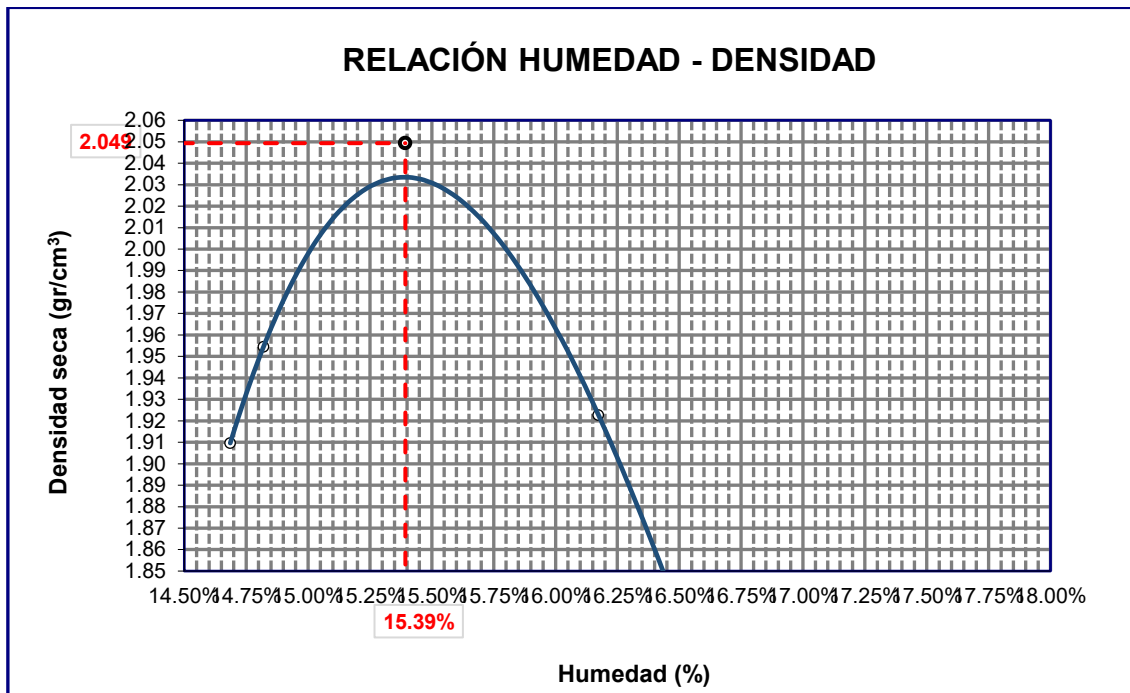


Figura 34

Grado de compactación de la subrasante + 15% de cal, calicata 5

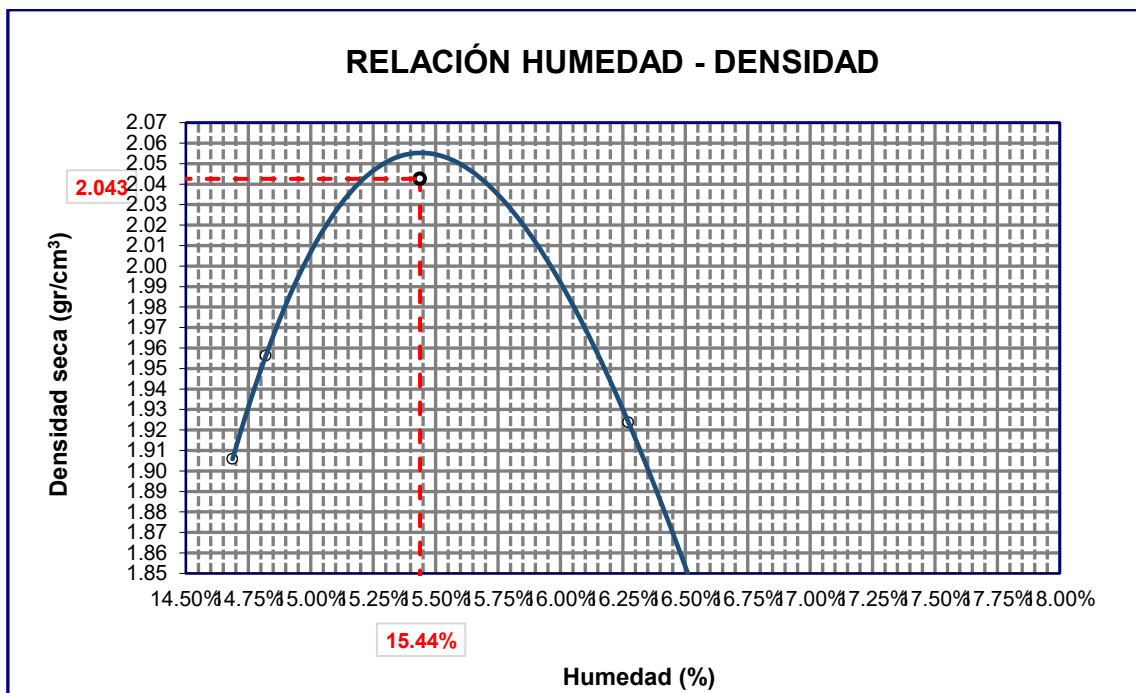


Tabla 25*CBR de la subrasante, avenida Marañón*

| Calicata | CBR | |
|----------|----------|---------|
| | CBR-100% | CBR-95% |
| C-1 | 31.95 | 22.59 |
| C-2 | 32.57 | 22.94 |
| C-3 | 32.88 | 22.96 |
| C-4 | 33.22 | 23.15 |
| C-5 | 33.86 | 23.87 |

4.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

➤ **Las propiedades físicas y mecánicas que presentan los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca.**

Se realizaron los ensayos en 5 puntos de exploración C-1, C-2, C-2, C-4, C-5; en el análisis granulométrico para la Avenida Juliaca, para los 5 puntos fueron realizados con los tamices 1/2", 3/8", N°4, N°10, N°20, N°40, N°100 y N°200; de igual manera se realizaron los límites de consistencia para las 5 calicatas, %límite líquido, límite %plástico, %índice de plasticidad: C.01: 39.11%, 17.36%, 21.75%; C.02: 38.72%, 13.16%, 25.56%; C.03: 37.86%, 19.46%, 18.40%; C.04: 40.26%, 21.17%, 19.09%; C.05: 39.62%, 21.17%, 18.45% respectivamente; seguidamente se procede a hacer el grado de compactación: máximo densidad seca y óptimo contenido de humedad: para C-01:



1.762gr/cm³, 17.19%, C-02: 1.722gr/cm³, 17.18%, C-03: 1.724gr/cm³, 17.21%, C-04: 1.728gr/cm³, 17.13%, C-05: 1.728gr/cm³, 17.13% respectivamente, por último, el cálculo de CBR al 100%MDS y CBR al 95%; para C-1: 4.25%, 2.18%, C-2: 4.26%, 2.19%, C-3: 4.27%, 2.21%, C-4: 4.28%, 2.22%, C-5: 4.29%, 2.23%.

De igual manera se realizaron los ensayos para los suelos de subrasante ya mencionados para la Avenida Marañón, para los 5 puntos fueron realizados con los tamices ½", 3/8", N°4, N°10, N°20, N°40, N°100 y N°200; de igual manera se realizaron los límites de consistencia para las 5 calicatas, %límite líquido, límite %plástico, %índice de plasticidad: C.01: 41.79%, 19.41%, 22.37%; C.02: 23.78%, 18.41%, 5.37%; C.03: 30.29%, 18.88%, 11.40%; C.04: 27.46%, 19.56%, 7.90%; C.05: 26.26%, 18.25%, 7.02% respectivamente; seguidamente se procede a hacer el grado de compactación: máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad: para C-01: 1.762gr/cm³, 17.19%, C-02: 1.764gr/cm³, 16.51%, C-03: 1.771gr/cm³, 16.36%, C-04: 1.809gr/cm³, 13.47%, C-05: 1.797gr/cm³, 13.47% respectivamente, por último, el cálculo de CBR al 100%MDS y CBR al 95%; para C-1: 4.25%, 2.18%, C-2: 4.11%, 2.55%, C-3: 4.21%, 2.36%, C-4: 4.28%, 2.66%, C-5: 4.22%, 2.55%.

➤ **El efecto del empleo de materiales de origen orgánico y metalúrgico sobre las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante de las vías no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca**

Primeramente se realizó el cálculo de las propiedades de los suelos de subrasante de la avenida Juliaca con una incorporación de 5% de Cal; donde se definió su máxima densidad seca y su óptimo contenido de humedad para las 5 calicatas: para C-1= 1.859gr/cm³, 10.21%, C-2= 1.846gr/cm³, 12.02%, C-3= 1.889gr/cm³, 13.66%, C-4= 1.892gr/cm³, 13.61%, C-5= 1.892gr/cm³, 13.18%;



por último, el cálculo de CBR al 100%MDS y CBR al 95%; para C-1: 17.76%, 14.02%, C-2: 18.07%, 14.33%, C-3: 22.13%, 17.45%, C-4: 23.69%, 18.39%, C-5: 24.63%, 19.32%.

Seguidamente se realizó el cálculo de las propiedades de los suelos de subrasante de la avenida Marañón con una incorporación de 5% de Ceniza de carbón; donde se definió su máxima densidad seca y su óptimo contenido de humedad para las 5 calicatas: para C-1= 2.096gr/cm³, 8.62%, C-2= 2.052gr/cm³, 8.45%, C-3= 2.067gr/cm³, 8.54%, C-4= 2.052gr/cm³, 8.45%, C-5= 2.067gr/cm³, 8.54%; por último, el cálculo de CBR al 100%MDS y CBR al 95%; para C-1: 17.84%, 14.51%, C-2: 18.43%, 14.82%, C-3: 22.68%, 17.89%, C-4: 24.27%, 18.93%, C-5: 24.81%, 19.59%.

➤ **Las alternativas de estabilización más viables para las subrasantes de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca.**

Primeramente se realizó el cálculo de las propiedades de los suelos de subrasante de la avenida Juliaca con una incorporación de 15% de Cal; donde se definió su máxima densidad seca y su óptimo contenido de humedad para las 5 calicatas: para C-1= 1.896gr/cm³, 14.12%, C-2= 1.896gr/cm³, 14.14%, C-3= 1.898gr/cm³, 14.21%, C-4= 1.898gr/cm³, 14.38%, C-5= 1.904gr/cm³, 15.05%; por último, el cálculo de CBR al 100%MDS y CBR al 95%; para C-1: 26.89%, 20.65%, C-2: 27.89%, 21.34%, C-3: 28.24%, 22.00%, C-4: 28.24%, 22.28%, C-5: 31.54%, 22.21%.

Seguidamente se realizó el cálculo de las propiedades de los suelos de subrasante de la avenida Marañón con una incorporación de 15% de Ceniza de carbón; donde se definió su máxima densidad seca y su óptimo contenido de humedad para las 5 calicatas: para C-1= 1.901gr/cm³, 15.33%, C-2=



1.983gr/cm³, 15.37%, C-3= 2.009gr/cm³, 15.43%, C-4= 2.049gr/cm³, 15.39%,
C-5= 2.043gr/cm³, 15.44%; por último, el cálculo de CBR al 100%MDS y CBR al
95%; para C-1: 31.95%, 22.59%, C-2: 32.57%, 22.94%, C-3: 32.88%, 22.96%,
C-4: 33.22%, 23.15%, C-5: 33.86%, 23.87%.



CONCLUSIONES

PRIMERA: Las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentadas tanto para la avenida Juliaca y Avenida Marañón las cuales fueron tomadas para este estudio se realizaron 05 exploraciones en las 2 vías se encontraron límites líquidos, límites plásticos e índices de plasticidad, para el análisis granulométrico se utilizó 500 gr material se obtuvo una MDS de 1.762gr/cm³ con OCH de 17.19% y un CBR al 100% de 4.29 y su CBR al 95% de 2.23 en la avenida Juliaca; para la avenida Marañón se obtuvo una MDS de 1.809gr/cm³ con OCH de 13.47% y un CBR al 100% de 4.28 y su CBR al 95% de 2.66% en la avenida Marañón.

SEGUNDA: El efecto del empleo de materiales de origen orgánico y metalúrgico en las propiedades de los suelos de la subrasante, fueron la incorporación de 5 % de cal y 5% de ceniza de carbón, respectivamente, en la avenida Juliaca se obtuvo un MDS máximo de 1.892gr/cm³ con OCH de 13.18%, CBR al 100% de 24.63 y su CBR al 95% de 19.32, en la avenida Marañón se obtuvo un MDS máximo de 2.096gr/cm³ con OCH de 8.62%, CBR al 100% de 24.81 y su CBR al 95% de 19.59.

TERCERA: Las alternativas de estabilización para los suelos de subrasante de vías no pavimentadas se consideró la avenida Juliaca y avenida Marañón, en dichas vías se hizo la estabilización con 15% de cal y 15% de ceniza de carbón, respectivamente, en la avenida Juliaca se obtuvo un MDS máximo de 1.904gr/cm³ con OCH de 15.05%,



CBR al 100% de 31.54 y su CBR al 95% de 22.21, en la avenida Marañón se obtuvo un MDS máximo de 2.049gr/cm³ con OCH de 15.39%, CBR al 100% de 33.86 y su CBR al 95% de 23.87.



RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Realizar más exploraciones para los estudios físicos y mecánicos de suelos de subrasante de vías alternas no pavimentadas y considerar cuando es la variación ya sea en sus límites de consistencia, análisis granulométrico, compactación, y CBR.
- SEGUNDA:** Considerar el uso diferente material orgánico y metalúrgico en porcentajes mayores a los que se tomaron en esta investigación 8% hasta el 10% considerando el número de vías a evaluar.
- TERCERA:** Considerar realizar la estabilización de suelos de subrasante más viables con porcentajes mayores al 15%, por su mejoría en sus propiedades mecánicas que se obtuvieron en los resultados.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdullah, G. M. S., & Al-Abdul Wahhab, H. I. (2015). Evaluation of foamed sulfur asphalt stabilized soils for road applications. *Construction and Building Materials*, 88, 149-158. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.04.013>
- Anyaipoma Aranda, M. M. (2019). Geomalla como reforzamiento en la reducción del espesor y mejoramiento de la resistencia de pavimentos flexibles, en el Km. 24 Puente Capelo-Chanchamayo, 2019. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47205>
- Baena, G. M. E. B. (2017). *Metodología de la Investigación*. Grupo Editorial Patria.
- Bringas Saavedra, M. G., & Mejia Cardenas, J. A. (2019). Uso de las conchas marinas pulverizadas en el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante en vías de baja transitabilidad caso: Av. Holanda, Los Olivos - Lima. *REPOSITORIO ACADÉMICO USMP*. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/5340>
- Brutovský, M., Prievozník, P., & Sventeková, E. (2023). Risk assessment of key elements in road transport infrastructure. *Transportation Research Procedia*, 74, 1352-1359. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.282>
- Camacho, O., & Patricia, J. (2019). *Diseño estructural de pavimento rígido de las vías urbanas en el municipio del Espinal – departamento del Tolima*. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/7482>
- Carlos Ventocilla, L. Y. (2021). Aplicación de aditivos químicos para estabilización de suelos en carreteras no pavimentadas del tramo:



- Chontabamba – Oxapampa, Pasco 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85686>
- Condori Flores, M. S. (2022). *Evaluación funcional y comportamiento estructural de los pavimentos rígidos con losas cortas y losas convencionales de la ciudad de El Alto con metodología PCI y PASER*. [Thesis]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/31198>
- Contoguris Poma, K. M., & Pasmíño Shahuano, M. A. (2022). *Estabilización de suelos finos mediante el uso del polímero polycom en subrasantes para caminos de baja transitabilidad en la ciudad de Iquitos, 2020*. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1782>
- Cordova Trujillo, R. E., & Sanchez Gomez, J. J. (2021). Efecto de la melaza y carbón molido en la estabilización de subrasante en vía no pavimentada, distrito de Laredo, Trujillo. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/86918>
- Cruz Contreras, C. C., & Pinedo Pinedo, I. (2021). Diseño estructural del pavimento para mejorar la transitabilidad de las vías del sector los huertos- distrito de la Esperanza—Trujillo—La libertad. *Universidad Privada Antenor Orrego*. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/7849>
- Farina, A., Kutay, E., & Anctil, A. (2024). Mechanistic-empirical pavement design to include mechanical performance of rubberized asphalt pavements in the use stage of life cycle assessment. *Resources, Conservation and Recycling*, 206, 107618. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107618>



- Fernandez Vasquez, V. J. (2020). Evaluación de las fallas estructurales del pavimento flexible de la avenida Francisco Vidal, Huacho. *Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión*.
<https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/4002>
- Flores Lozano, S. M. (2023). Diseño de pavimento del proyecto: "Mejoramiento del sistema de transitabilidad vehicular de las principales vías urbanas de la localidad San Pedro de Cumbaza, distrito San Antonio – provincia y región San Martín". *Repositorio-UNSM*.
<http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/5641>
- Gupta, A., Gowda, S., Tiwari, A., & Gupta, A. K. (2024). XGBoost-SHAP framework for asphalt pavement condition evaluation. *Construction and Building Materials*, 426, 136182.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136182>
- Guzman Ramos, M. Á. (2018). Influencia de los Geosintéticos en el Dimensionamiento de los Espesores de las Capas del Pavimento Flexible. *Repositorio Institucional - UPLA*.
<http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1037>
- Jara Hanco, J. A. (2024). *Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera (aserrín), en su comportamiento mecánico— Deformacional para el mejoramiento de la subrasante, de las vías de la urbanización las gardenias de la ciudad de Juliaca*.
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/21196>
- Jiang, X., Zhang, F., Huang, B., Titi, H., Polaczyk, P., Ma, Y., Wang, Y., & Cheng, Z. (2024). Full-scale accelerated testing of geogrid-reinforced inverted



pavements. *Geotextiles and Geomembranes.*

<https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2024.01.005>

Kermani, B., Xiao, M., Stoffels, S. M., & Qiu, T. (2018). Reduction of subgrade fines migration into subbase of flexible pavement using geotextile.

Geotextiles and Geomembranes, 46(4), 377-383.

<https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2018.03.006>

Kumar, S., & Singh, S. K. (2023). Subgrade soil stabilization using geosynthetics: A critical review. *Materials Today: Proceedings.*

<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.266>

Lama Lopez, D. D., & Medina Castillo, K. I. (2020). Elaboración de adoquines de concreto permeable para uso de pavimento de baja transitabilidad en la ciudad de Piura. Piura. 2020. *Repositorio Institucional - UCV.*

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/52696>

Li, S., Zhang, C., Zhang, T., Li, W., & Jia, P. (2023). Experimental study on the strength, collapsibility, and microstructure of cement and micro-silica-stabilized saline soil under freeze-thaw cycles. *Case Studies in Construction Materials*,

19, e02518.

<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02518>

Liendo Soto, R. R. (2023). Evaluación de la calzada superficial para mejorar la transitabilidad vehicular en las vías de la Urbanización Los Damascos, Tacna—2023. *Universidad Privada de Tacna.*

<http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3280>

Liu, Y., Zhang, D., You, L., Luo, H., & Xu, W. (2022). Recycling phosphogypsum in subbase of pavement: Treatment, testing, and application.



Construction and Building Materials, 342, 127948.

<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127948>

Liu, Z., Xue, J., Xiao, J., & Kong, Q. (2024). Behaviours of geogrid-reinforced asphalt pavement over a localized void under cyclic loading.

Transportation Geotechnics, 46, 101238.

<https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2024.101238>

MTC. (2014). *Manual de carreteras Suelos, geología, geotecnia y pavimento*.

Perca Ramos, M. F. (2023). *Evaluación estructural con aplicación de la técnica de deflectometría del pavimento flexible de la Av. Andrés A. Cáceres de la Ciudad de Juliaca*.

<https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/458>

Raja, K., Venkatachalam, S., Vishnuvardhan, K., Siva Rama Krishnan, R., Tamil Selvan, V., & Vetriselvan, N. (2022). A review on soil stabilization using rice husk ash and lime sludge. *Materials Today: Proceedings*, 65, 1205-1212. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.178>

Ramdas, V. M., Mandree, P., Mgangira, M., Mukaratirwa, S., Lalloo, R., & Ramchuran, S. (2021). Review of current and future bio-based stabilisation products (enzymatic and polymeric) for road construction materials. *Transportation Geotechnics*, 27, 100458.

<https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2020.100458>

Rout, M. D., Biswas, S., Shubham, K., & Sinha, A. K. (2023). A systematic review on performance of reclaimed asphalt pavement (RAP) as sustainable material in rigid pavement construction: Current status to future perspective. *Journal of Building Engineering*, 76, 107253.

<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107253>



- Saberian, M., Tajaddini, A., Li, J., Zhang, G., Wang, L., Sun, D., Maqsood, T., & Roychand, R. (2023). Mechanical properties of polypropylene fibre reinforced recycled concrete aggregate for sustainable road base and subbase applications. *Construction and Building Materials*, 405, 133352. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133352>
- Saca Núñez, W. (2022). Creación de vías de acceso para mejorar la transitabilidad en la localidad de Coyllurqui distrito de Coyllurqui, provincia Cotabambas—Apurímac. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85690>
- Sandoval Marichi, J. J., & Yap Flores, A. K. (2020). Nivel de incidencia de las patologías del concreto hidráulico de los pavimentos rígidos en la transitabilidad de las vías de la ciudad de Picota, distrito de Picota, provincia de Picota, región San Martín, 2018. *Repositorio - UNSM*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2846210>
- Sun, Z., Premarathna, W. A. A. S., Anupam, K., Kasbergen, C., & M.J.G. Erkens, S. (2024). A state-of-the-art review on rolling resistance of asphalt pavements and its environmental impact. *Construction and Building Materials*, 411, 133589. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133589>
- Tuscano Perez, M. (2017). *Estabilización de subrasante mediante el uso de aceite reciclado en carretera, circuito cruz de paz palian—El tambo – Huancayo* 2017. <https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/7027>



- Venkateswararao, T., Jeevitesh, S., & Naresh Kumar. (2023). Amelioration of flexible pavement subbases using fly ash and natural fibres. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.063>
- Vivek Kumar, C., Swaminathen, A. N., Vittalaiah, A., & Raja Kumar, C. (2022). Pavement Subgrade Stabilized with Waste coal Ash and Geosynthetics: An Experimental Study and Multiple Regression Modelling. *Materials Today: Proceedings*, 52, 1543-1550. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.233>
- Zhao, X., Yang, T., Xiao, J., Xie, Q., Zong, Z., & Yu, Z. (2024). Mechanical properties and field test of lime-soda residue stabilized soil for subgrade. *Construction and Building Materials*, 419, 135489. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.135489>
- Zhao, Z., Xu, L., Li, X., Guan, X., & Xiao, F. (2023). Comparative analysis of pavement performance characteristics of flexible, semi-flexible and rigid pavement based on accelerated pavement tester. *Construction and Building Materials*, 387, 131672. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.131672>



ANEXOS



ANEXO 1 - MATRIZ DE CONSISTENCIA

| Problemas | Objetivos | Hipótesis | Variables | Inst. de Medición |
|---|--|---|---|--|
| <p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la calidad de suelos de subrasante y alternativas de estabilización de vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca?</p> | <p>Objetivo General:</p> <p>Determinar la calidad de suelos de subrasante y alternativas de estabilización de vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca.</p> | <p>Hipótesis General:</p> <p>La calidad de suelos de subrasante serán deficientes de alta inestabilidad y las alternativas de estabilización se inclinarán a materiales metalúrgicos para la mejora de vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca</p> | <p>Variable Independiente Alternativa de estabilización Dimensiones: Estabilizadores. Indicadores: Material de origen orgánico Material de origen metalúrgico</p> | <p>Plantillas de recolección de datos</p> <p>Ensayos de laboratorio</p> <p>Equipos de medición</p> |
| <p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas que presentan los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca?</p> <p>¿De qué manera los materiales de origen orgánico y metalúrgico inciden en las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca?</p> <p>¿Cuáles son las alternativas de estabilización más viables para las subrasantes de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca?</p> | <p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar las propiedades físicas y mecánicas que presentan los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca.</p> <p>Evaluar el efecto del empleo de materiales de origen orgánico y metalúrgico sobre las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca.</p> <p>Definir las alternativas de estabilización más viables para las subrasantes de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca.</p> | <p>Hipótesis Específicas</p> <p>Las propiedades físicas y mecánicas que presentan los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca, serán deficientes con inestabilidad alta por presencia de materiales blandos.</p> <p>El efecto del empleo de materiales de origen orgánico mejorará las características evaluadas y los materiales metalúrgicos optimizarán en gran manera las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca.</p> <p>Las alternativas de estabilización más viables serán los materiales de origen orgánico en formaciones de cenizas para las subrasantes de las vías principales no pavimentadas de la zona sur de la ciudad de Juliaca.</p> | <p>Variable Evaluación Calidad de suelos de subrasante Dimensiones: Propiedades físicas y mecánicas Indicadores: Granulometría Límites de consistencia Maxima densidad seca Capacidad de soporte</p> | |



ANEXO 2 – ENSAYOS



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : DETERMINACION DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACION DE VIAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ELMER JOSE FLORES CHINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : MUESTRA 01 - AV. JULIACA

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

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 326.23 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 280.26 |
| PESO DEL TARRO | gr | 50.00 |
| PESO DEL AGUA | gr | 45.97 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 230.26 |
| HUMEDAD % | % | 19.96 |

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

| TARRO N° | | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | |
|----------------------|----|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | A | B |
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 25.56 | 29.21 | 30.12 | 8.54 | 9.25 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 24.56 | 26.52 | 27.25 | 8.12 | 8.25 |
| PESO DEL TARRO | gr | 21.00 | 21.00 | 21.00 | 4.12 | 4.12 |
| PESO DEL AGUA | gr | 1.00 | 2.69 | 2.87 | 0.42 | 1.00 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 3.56 | 5.52 | 6.25 | 4.00 | 4.13 |
| HUMEDAD % | % | 28.09 | 48.73 | 45.92 | 10.50 | 24.21 |
| N° DE GOLPES | | 29 | 19 | 11 | | |

LIMITE LIQUIDO : 39.11 **LIMITE PLASTICO** : 17.36

INDICE PLASTICO : 21.75

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

Elmer Jose Flores Chino
Ingeniero Civil

BIE: B007 - 00061146



UNIVERSIDAD NACIONAL "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO DETERMINACION DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACION DE VIAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE BACHILLER ELMER JOSE FLORES CHINO

LUGAR LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA MUESTRA 2 - AV. JULIACA

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

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 355.49 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 314.00 |
| PESO DEL TARRO | gr | 51.72 |
| PESO DEL AGUA | gr | 41.49 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 262.28 |
| HUMEDAD % | % | 15.82 |

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

| TARRO N° | | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | |
|----------------------|----|----------------|-------|-------|-----------------|-------|
| | | 4 | 5 | 6 | C | D |
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 48.52 | 49.30 | 49.25 | 12.84 | 12.00 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 43.23 | 43.79 | 43.79 | 11.65 | 11.79 |
| PESO DEL TARRO | gr | 30.00 | 30.00 | 30.00 | 6.35 | 6.35 |
| PESO DEL AGUA | gr | 5.29 | 5.51 | 5.46 | 1.19 | 0.21 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 13.23 | 13.79 | 13.79 | 5.30 | 5.44 |
| HUMEDAD % | % | 39.98 | 39.96 | 39.59 | 22.45 | 3.85 |
| N° DE GOLPES | | 27 | 20 | 14 | | |

LIMITE LIQUIDO : 38.72 LIMITE PLASTICO : 13.16

INDICE PLASTICO : 25.56

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

Donde:

LL = Limite Liquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes



INGENIERO NESTOR CACERES VELASQUEZ
NCP - C.A. INGENIERIA CIVIL
Ing. Aracely Yana Torres
CIV 103257

BIE: 8007 - 00051148



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

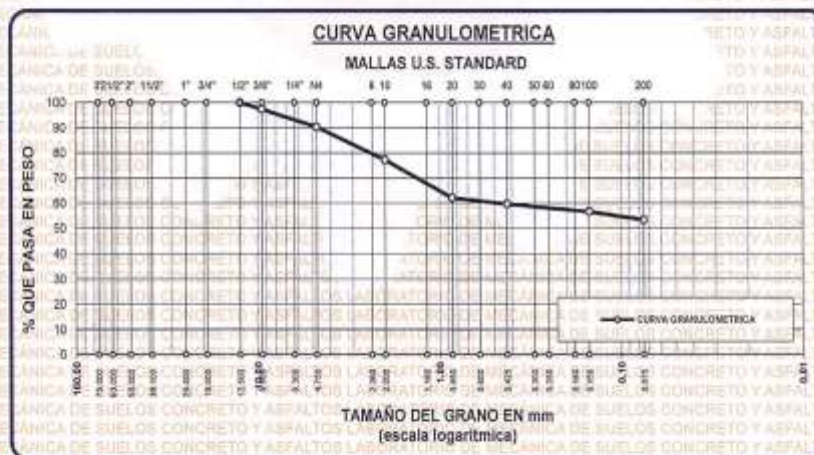
PROYECTO : DETERMINACION DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACION DE VIAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ELMER JOSE FLORES CHINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : MUESTRA 2 - AV. JULIACA

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | TAMANO MAXIMO DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------|---|
| 3" | 75.000 | | | | | | P.L.= 500.00 |
| 2 1/2" | 63.000 | | | | | | P.L.= 232.77 |
| 2" | 50.000 | | | | | | P.P.= 267.23 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | %W = 15.82 |
| 1" | 25.000 | | | | | | LIMITES DE CONSISTENCIA: |
| 3/4" | 19.000 | | | | | | L.L.= 38.72 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | L.P.= 13.16 |
| 3/8" | 9.500 | 13.26 | 2.65 | 2.65 | 97.35 | | L.P.= 25.56 |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | CARACT. GRANULOMETRICAS: |
| No4 | 4.750 | 35.26 | 7.05 | 6.70 | 90.30 | | D10= --- Cu= --- |
| No8 | 2.360 | | | | | | D30= --- Gc= --- |
| No10 | 2.000 | 65.25 | 13.06 | 22.75 | 77.25 | | D60= 0.47 |
| No16 | 1.180 | | | | | | CLASIFICACION: |
| No20 | 0.850 | 75.26 | 15.05 | 37.81 | 62.19 | | I.G. = |
| No30 | 0.600 | | | | | | SUSCS : SC |
| No40 | 0.425 | 12.23 | 2.45 | 40.25 | 59.75 | | ASSTHO : --- |
| No 50 | 0.300 | | | | | | OBSERVACIONES: |
| No60 | 0.250 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.150 | 15.26 | 3.05 | 43.30 | 56.70 | | |
| No200 | 0.075 | 16.25 | 3.25 | 46.55 | 53.45 | | |
| BASE | | 267.23 | 53.45 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 500.00 | | | | | |
| % PERDIDA | | | | | | | |



INVESTIGADOR RESPONSABLE
 FICP - CIVIL INGENIERIA CIVIL
 M.S.C. INGENIERIA CIVIL
 Lic. Arístides Yana Torres
 C.R. 103257

BIE : 8007 - 00051146



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : DETERMINACION DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACION DE VIAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ELMER JOSE FLORES CHINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : MUESTRA 01 - AV.MARAÑON

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

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 336.26 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 290.36 |
| PESO DEL TARRO | gr | 50.00 |
| PESO DEL AGUA | gr | 45.90 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 240.36 |
| HUMEDAD % | % | 19.10 |

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

| TARRO N° | | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | |
|------------------------|----|----------------|------------------------|-------|-----------------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 | A | B |
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 26.24 | 29.00 | 30.00 | 9.00 | 9.30 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 24.23 | 26.24 | 27.26 | 6.50 | 6.15 |
| PESO DEL TARRO | gr | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 4.00 | 4.00 |
| PESO DEL AGUA | gr | 2.01 | 2.76 | 2.74 | 0.50 | 1.15 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 4.23 | 6.24 | 7.26 | 4.50 | 4.15 |
| HUMEDAD % | % | 47.52 | 44.23 | 37.74 | 11.11 | 27.71 |
| N° DE GOLPES | | 29 | 19 | 11 | | |
| LIMITE LIQUIDO | : | 41.78 | LIMITE PLASTICO | : | 19.41 | |
| INDICE PLASTICO | : | 22.37 | | | | |

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



BIE: 8007-00051146



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELAZQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

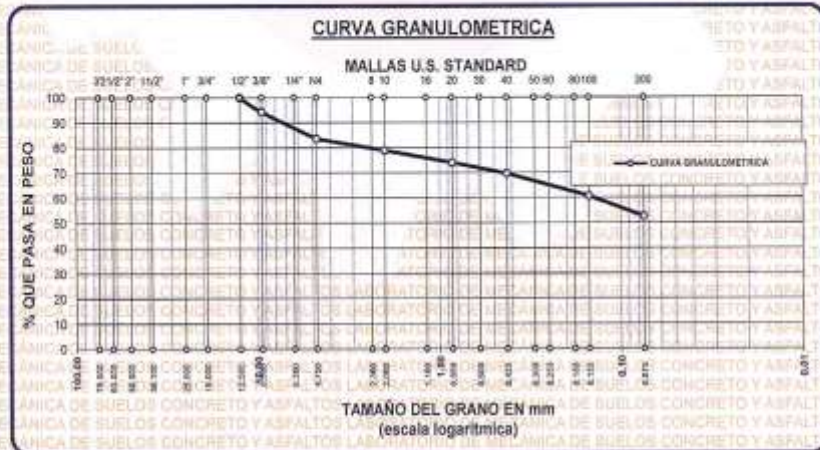
PROYECTO : DETERMINACION DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACION DE VIAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ELMER JOSE FLORES CHINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : MUESTRA 01 - AV. MARAÑÓN

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | % RETENIDO PARCIAL | % RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | TAMANO MAXIMO DESCRIPCION DE LA MUESTRA |
|--------------|-------------|---------------|--------------------|----------------------|------------|----------|---|
| 3" | 75.000 | | | | | | P.I.= 505.00 |
| 2 1/2" | 63.000 | | | | | | P.L.= 236.99 |
| 2" | 50.000 | | | | | | P.P.= 283.01 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | %w = 19.10 |
| 1" | 25.000 | | | | | | LIMITES DE CONSISTENCIA: |
| 3/4" | 19.000 | | | | | | L.L.= 41.78 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | L.P.= 19.41 |
| 3/8" | 9.500 | 28.54 | 5.71 | 5.71 | 94.29 | | I.P.= 22.37 |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | CARACT. GRANULOMETRICAS: |
| No4 | 4.750 | 53.58 | 10.72 | 16.42 | 83.58 | | D10= --- C _u = --- |
| No8 | 2.360 | | | | | | D30= --- C _c = --- |
| No10 | 2.000 | 23.25 | 4.65 | 21.07 | 78.93 | | D60= 0.14 |
| No16 | 1.180 | | | | | | CLASIFICACION: |
| No20 | 0.850 | 24.56 | 4.91 | 25.98 | 74.01 | | I.G. = |
| No30 | 0.600 | | | | | | SUSCS : SC |
| No40 | 0.425 | 21.54 | 4.31 | 30.29 | 69.71 | | ASSTHD : |
| No 50 | 0.300 | | | | | | OBSERVACIONES: |
| No60 | 0.250 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.150 | 45.26 | 9.06 | 39.35 | 60.65 | | |
| No200 | 0.075 | 40.26 | 8.06 | 47.40 | 52.60 | | |
| BASE | | 263.01 | 52.60 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 500.00 | 100.00 | | | | |
| % PERDIDA | | 52.60 | | | | | |



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELAZQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

Meir Arino de Yano Torres
C.I. 103257

BIE: 8007-00051146



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : DETERMINACION DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACION DE VIAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ELMER JOSE FLORES CHINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : MUESTRA 2 - AV. MARAÑÓN

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

| | | |
|----------------------|----|--------|
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 354.26 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 310.26 |
| PESO DEL TARRO | gr | 50.00 |
| PESO DEL AGUA | gr | 44.00 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 260.26 |
| HUMEDAD % | % | 16.91 |

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

| TARRO N° | LIMITE LIQUIDO | | | LIMITE PLASTICO | | |
|----------------------|----------------|-------|-------|-----------------|-------|-------|
| | 4 | 5 | 6 | C | D | |
| SUELO HUMEDO + TARRO | gr | 48.69 | 49.00 | 49.10 | 13.00 | 13.15 |
| SUELO SECO + TARRO | gr | 43.26 | 43.50 | 42.95 | 11.95 | 12.00 |
| PESO DEL TARRO | gr | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 6.00 | 6.00 |
| PESO DEL AGUA | gr | 5.43 | 5.50 | 6.15 | 1.05 | 1.15 |
| PESO DEL SUELO SECO | gr | 23.26 | 23.50 | 22.95 | 5.95 | 6.00 |
| HUMEDAD % | % | 23.34 | 23.40 | 26.80 | 17.85 | 19.17 |
| N° DE GOLPES | | 27 | 20 | 14 | | |

| | | | | | | |
|------------------------|----------|--------------|------------------------|----------|--------------|--------------|
| LIMITE LIQUIDO | : | 23.78 | LIMITE PLASTICO | : | 18.41 | |
| INDICE PLASTICO | | : | | | | 05.37 |

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

Mgr. Yvonne Torres
CIP: 103257

BIE - 8007- 00051146



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

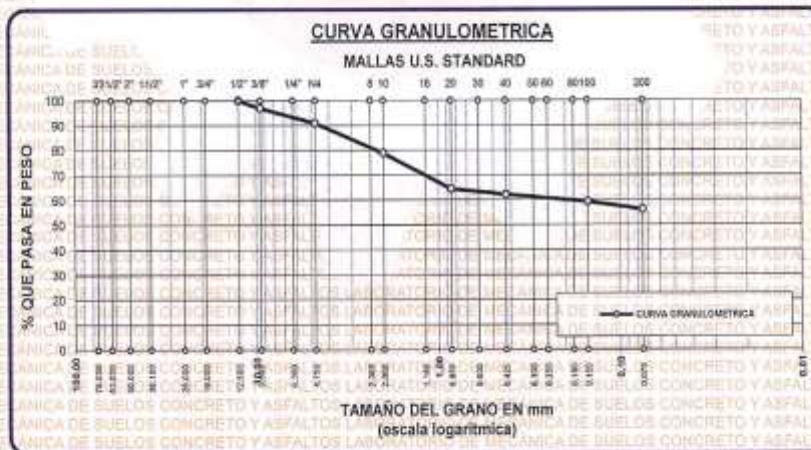
PROYECTO : DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ELMER JOSE FLORES CHNO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : MUESTRA 2 - AV. MARAÑÓN

| TAMICES ASTM | ABERTURA mm | PESO RETENIDO | %RETENIDO PARCIAL | %RETENIDO ACUMULADO | % QUE PASA | ESPECIF. | TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA |
|--------------|-------------|---------------|-------------------|---------------------|------------|----------|--|
| 3" | 75.000 | | | | | | P.L.# 500.00 |
| 2 1/2" | 63.000 | | | | | | P.L.# 219.17 |
| 2" | 50.000 | | | | | | P.P.# 280.85 |
| 1 1/2" | 38.100 | | | | | | % W = 15.91 |
| 1" | 25.000 | | | | | | LIMITES DE CONSISTENCIA: |
| 3/4" | 19.000 | | | | | | L.L. = 23.78 |
| 1/2" | 12.500 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 100.00 | | L.P. = 18.41 |
| 3/8" | 9.500 | 15.28 | 3.05 | 3.05 | 96.95 | | I.P. = 5.37 |
| 1/4" | 6.300 | | | | | | CARACT. GRANULOMÉTRICAS: |
| No4 | 4.750 | 30.26 | 6.05 | 6.10 | 93.90 | | D10 = --- Cu = --- |
| No8 | 2.360 | | | | | | D30 = --- Cc = --- |
| No10 | 2.000 | 60.25 | 12.05 | 21.15 | 78.85 | | D60 = 0.22 |
| No16 | 1.180 | | | | | | CLASIFICACIÓN: |
| No20 | 0.850 | 71.59 | 14.32 | 35.47 | 64.63 | | LG. = |
| No30 | 0.600 | | | | | | SUSCS : SC |
| No40 | 0.425 | 11.56 | 2.31 | 37.78 | 62.22 | | ASSTHO : |
| No 50 | 0.300 | | | | | | OBSERVACIONES: |
| No60 | 0.250 | | | | | | |
| No80 | 0.180 | | | | | | |
| No100 | 0.150 | 14.56 | 2.91 | 40.70 | 59.30 | | |
| No200 | 0.075 | 15.89 | 3.14 | 43.83 | 56.17 | | |
| BASE | | 280.83 | 56.17 | 100.00 | 0.00 | | |
| TOTAL | | 500.00 | | | | | |
| % PERDIDA | | | 56.17 | | | | |



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

Elmer José Flores Chno
C.I.F. 103257

BIE: 8007-00051146



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

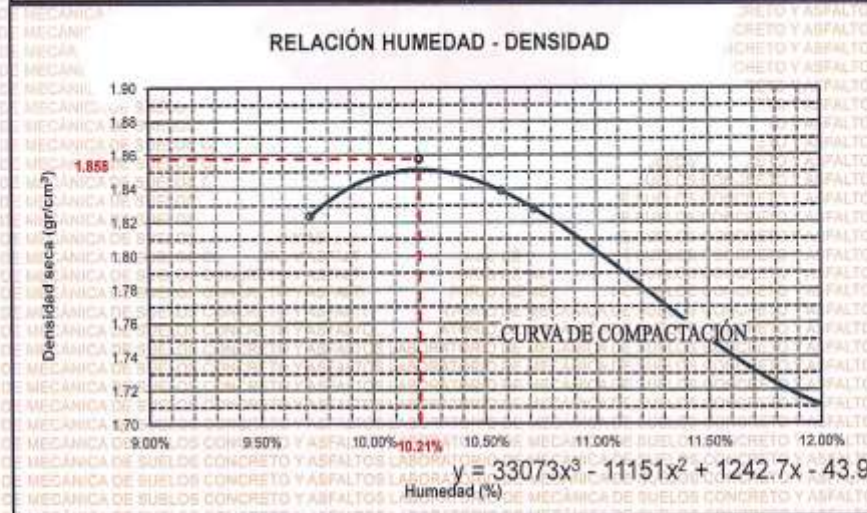
| | |
|--------------------|--|
| TESIS | : DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA |
| SOLICITANTE | : ELMER JOSE FLORES CHINO |
| UBICACIÓN | : ZONA SUR - JULIACA |
| MUESTRA | : CALICATA 1 - AVENIDA JULIACA |

| | | | |
|--------------------|-----|--------------------------|-----------------------|
| MOLDE No. | : 1 | VOLUMEN DEL MOLDE | : 996 cm ³ |
| No DE CAPAS | : 5 | GOLPES POR CAPA | : 25 golpes |

| | | | | | |
|----------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Húmedo + Molde | gr. | 6152 | 6167 | 6176 | 6144 |
| Peso del Molde | gr. | 4151 | 4151 | 4151 | 4151 |
| Peso del Suelo Húmedo | gr/cm ³ | 2001 | 2016 | 2025 | 1993 |
| Densidad del Suelo Húmedo | gr/cm ³ | 2.009 | 2.024 | 2.033 | 2.001 |

| Capítulo No | No | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|--------------------------------------|-----|--------|--------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| Suelo Húmedo + Capsula | gr. | 70.06 | 72.02 | 82.74 | 80.26 | 89.02 | 91.76 | 90.83 | 89.33 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 64.20 | 67.00 | 76.52 | 74.10 | 73.20 | 69.20 | 64.90 | 63.20 |
| Peso del Agua | gr. | 5.86 | 6.02 | 6.64 | 6.16 | 6.82 | 5.52 | 6.55 | 5.89 |
| Peso de la Capsula | gr. | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 44.20 | 47.00 | 56.10 | 54.10 | 53.20 | 49.20 | 64.10 | 63.20 |
| % de Humedad | % | 13.20% | 12.81% | 11.84% | 9.61% | 12.82% | 8.33% | 10.22% | 9.22% |
| Promedio de Humedad | % | 13.03% | | 10.72% | | 10.58% | | 9.72% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.777 | | 1.828 | | 1.839 | | 1.824 | |

| | | | |
|----------------|----------------|-----------------------------|----------------------------|
| METODO: | ASTM D - 1557 | MAXIMA DENSIDAD SECA | : 1.858 gr/cm ³ |
| | MODIFICADO "C" | HUMEDAD OPTIMA | : 10.21% |



INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
LABORATORIO M.S.C.A.
MTC, Arnaldo Jara Torres
CIP: 103257

BIE: 8007-00051146



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR 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 : DETERMINACION DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACION DE VIAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : ELMER JOSE FLORES CHINO

UBICACIÓN : ZONA SUR - JULIACA

MUESTRA : CALICATA 1 - AVENIDA JULIACA

| | | | | | |
|---------------------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| MOLDE No | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| 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 |

| | | | | | | | |
|---------------------------|--------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 10750 | 11965 | 10954 | 11758 | 11265 | 11541 |
| Peso del Molde | gr. | 6568 | 6668 | 6717 | 6717 | 6793 | 6793 |
| Peso del Suelo Humedo | gr. | 4082 | 5297 | 4137 | 5041 | 4472 | 4748 |
| Volumen del Suelo | cc. | 2051.43 | 2051.43 | 2051.43 | 2051.43 | 2051.43 | 2051.43 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cc. | 1.990 | 2.582 | 2.017 | 2.457 | 2.180 | 2.314 |

| | | | | | | | |
|---------------------------------|--------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas No | No | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO |
| Peso del Suelo Humedo + Capsula | gr. | 102.26 | 309.26 | 185.26 | 180.26 | 185.26 | 302.26 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 141.24 | 268.26 | 135.26 | 140.26 | 140.26 | 266.41 |
| Peso del Agua | gr. | 11.10 | 39.90 | 19.90 | 25.00 | 25.00 | 65.82 |
| Peso de la Capsula | gr. | 65.00 | 35.00 | 35.00 | 65.00 | 35.00 | 65.00 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 76.24 | 233.26 | 100.36 | 75.26 | 105.26 | 221.41 |
| % de Humedad | % | 14.50% | 17.32% | 19.89% | 33.22% | 23.78% | 29.73% |
| Promedio de Humedad | % | 14.56% | 17.32% | 19.83% | 33.22% | 23.78% | 29.73% |
| Densidad del Suelo Seco | gr/cc. | 1.737 | 3.201 | 1.583 | 1.845 | 1.762 | 1.784 |

EXPANSION

| Fecha | Hora | Tiempo | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | |
|------------|------------|----------|-------|-----------|--------|--------|-----------|--------|--------|-----------|--------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 18/09/2023 | 08:25 a.m. | 0 | 0.000 | 0.00 | 0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0 | 0 |
| 18/09/2023 | 08:25 a.m. | 24:00:00 | 2.237 | 56.820 | 45.14 | 3.227 | 81.953 | 65.19 | 4.563 | 115.900 | 92.07 |
| 20/09/2023 | 08:25 a.m. | 48:00:00 | 4.256 | 108.102 | 85.88 | 5.569 | 217.853 | 172.90 | 9.560 | 242.524 | 192.90 |
| 21/09/2023 | 08:25 a.m. | 72:00:00 | 6.254 | 168.852 | 126.19 | 13.265 | 336.931 | 267.86 | 13.540 | 343.916 | 273.21 |
| 22/09/2023 | 08:25 a.m. | 96:00:00 | 8.265 | 208.931 | 166.77 | 16.547 | 471.064 | 374.24 | 16.540 | 470.916 | 374.10 |

PENETRACION

| Penetración mm | Tiempo | Carga Est. | 12 GOLPES | | | | 25 GOLPES | | | | 56 GOLPES | | | |
|----------------|--------|------------|-----------|--------|--------|---------|-----------|--------|--------|---------|-----------|--------|--------|---------|
| | | | 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 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 0.43 | 00:30 | 5.00 | 49.35 | 2.40 | | 10.00 | 86.60 | 4.59 | | 35.00 | 131.24 | 8.78 | | |
| 1.27 | 01:00 | 15.00 | 88.60 | 4.59 | | 31.00 | 114.27 | 5.91 | | 65.00 | 173.69 | 11.07 | | |
| 1.91 | 01:30 | 19.00 | 105.78 | 5.47 | | 30.00 | 102.46 | 7.88 | | 45.00 | 216.13 | 11.17 | | |
| 2.54 | 02:00 | 70.31 | 23.00 | 122.75 | 6.35 | 8.00 | 39.60 | 190.68 | 9.86 | 14.00 | 51.00 | 241.50 | 12.49 | |
| 3.81 | 03:00 | 27.00 | 138.70 | 7.52 | | 43.00 | 207.64 | 10.73 | | 65.00 | 301.02 | 18.98 | | |
| 5.09 | 04:00 | 105.00 | 31.00 | 186.71 | 8.10 | 7.72 | 49.00 | 233.11 | 12.05 | 11.48 | 75.00 | 343.40 | 17.75 | |
| 6.35 | 06:00 | 35.00 | 173.69 | 8.86 | | 55.00 | 262.82 | 13.59 | | 65.00 | 385.91 | 19.89 | | |
| 7.62 | 06:00 | 35.00 | 190.68 | 9.86 | | 62.00 | 288.28 | 14.90 | | 95.00 | 428.35 | 22.14 | | |
| 8.84 | 07:00 | 44.00 | 211.89 | 10.96 | | 69.00 | 318.00 | 16.44 | | 105.00 | 470.80 | 24.34 | | |
| 10.16 | 08:00 | 49.00 | 233.11 | 12.05 | | 76.00 | 347.71 | 17.87 | | 115.00 | 513.24 | 26.63 | | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 JULIACA

Ing. Andrés José Torres
 CIP: 103294

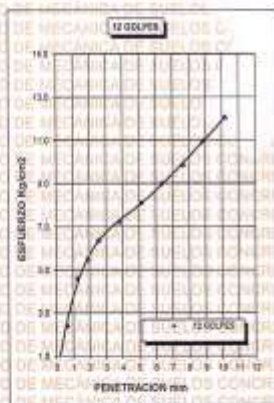
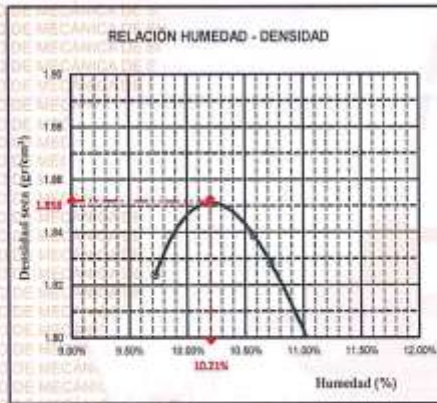
BIE - B007 - 00051145



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



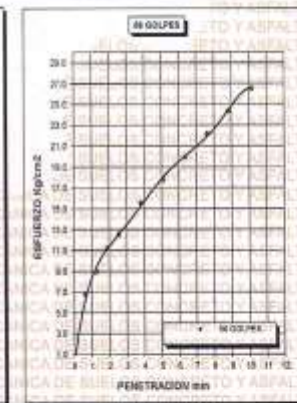
| | | | |
|---|--|---|--------|
| DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUSTRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VIAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA | | METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 | |
| PROYECTO : | | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) | 1.858 |
| SOLICITADO : | ELMER JOSÉ FLORES CHINO | HUMEDAD OPTIMA (%) | 10.21% |
| UBICACIÓN : | ZONA SUR - JULIACA | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) | 17.76 |
| MUESTRA : | SUELO NATURAL - CALICATA - 1 AVENIDA JULIACA | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) | 14.02 |
| | | CLASIFICACIÓN : | |
| | | AASHTO : | |
| | | EMBEDIDO : | |



CBR : 9.03



CBR : 14.02



CBR : 17.76

INGENIERÍA CIVIL
 Ing. Armando Tana Torres
 CIP: 103257

BIE - 8007 - 00051146



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

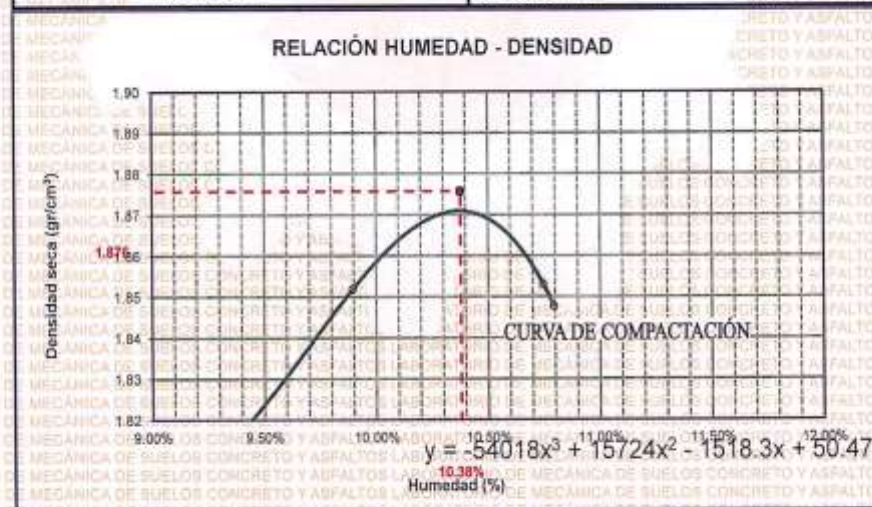
| | |
|-------------|---|
| TESIS | DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VIAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA |
| SOLICITANTE | ELMER JOSE FLORES CHINO |
| UBICACIÓN | ZONA SUR - JULIACA |
| MUESTRA | CAUCATA 1 - AVENIDA MARAÑON |

| | | | |
|-------------|---|-------------------|---------------------|
| MOLDE No. | 1 | VOLUMEN DEL MOLDE | 998 cm ³ |
| No DE CAPAS | 5 | GOLPES POR CAPA | 25 golpes |

| | | | | | |
|---------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 6130 | 6180 | 6195 | 6178 |
| Peso del Molde | gr. | 4151 | 4151 | 4151 | 4151 |
| Peso del Suelo Humedo | gr/cm ³ | 1979 | 2030 | 2044 | 2027 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cm ³ | 1.987 | 2.047 | 2.052 | 2.035 |

| Capas | No | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|-------------------------------|-----|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| Suelo Humedo + Cápsula | gr. | 70.76 | 73.12 | 82.84 | 92.36 | 60.12 | 61.88 | 60.75 | 69.13 |
| Peso del Suelo Seco + Cápsula | gr. | 64.50 | 69.95 | 76.10 | 84.00 | 72.10 | 66.16 | 64.50 | 63.10 |
| Peso del Agua | gr. | 5.66 | 3.22 | 6.74 | 6.36 | 7.02 | 5.72 | 6.25 | 6.03 |
| Peso de la Cápsula | gr. | 19.00 | 19.00 | 19.00 | 19.00 | 19.00 | 19.00 | 19.00 | 19.00 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 45.50 | 50.95 | 57.10 | 65.00 | 54.10 | 47.16 | 45.50 | 44.10 |
| % de Humedad | % | 12.64% | 6.33% | 11.80% | 9.78% | 12.98% | 8.52% | 10.36% | 9.41% |
| Promedio de Humedad | % | 9.38% | | 10.79% | | 10.75% | | 9.00% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.817 | | 1.848 | | 1.853 | | 1.852 | |

| | | | |
|--------|----------------|----------------------|--------------------------|
| METODO | ASTM D - 1557 | MAXIMA DENSIDAD SECA | 1.876 gr/cm ³ |
| | MODIFICADO "C" | HUMEDAD OPTIMA | 10.38% |



MARIO ARREGUI YANO TORRES
 INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 TFCP - CAR. INGENIERÍA CIVIL

BIE - 8007 - 00061146



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 : DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VIAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : ELMER JOSE FLORES CHINO

UBICACION : ZONA SUR - JULIACA

MUESTRA : CALCATÁ 1- AVENIDA MARAÑÓN

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

| | | | | | | | |
|---------------------------|------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr | 10770 | 11970 | 10855 | 11780 | 11270 | 11545 |
| Peso del Molde | gr | 6670 | 6670 | 6720 | 6720 | 6795 | 6795 |
| Peso del Suelo Humedo | gr | 4100 | 5300 | 4135 | 5060 | 4475 | 4750 |
| Volumen del Suelo | cc | 2051.43 | 2051.43 | 2051.43 | 2051.43 | 2051.43 | 2051.43 |
| Densidad del Suelo Humedo | g/cc | 1.999 | 2.584 | 2.016 | 2.457 | 2.181 | 2.316 |

| | | | | | | | |
|-------------------------------|------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capítulo No | No | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO |
| Suelo Humedo + Capsula | gr | 102.40 | 203.20 | 163.30 | 165.30 | 165.30 | 302.30 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr | 141.30 | 263.40 | 135.40 | 140.30 | 140.30 | 266.00 |
| Peso del Agua | gr | 11.10 | 39.80 | 19.90 | 25.00 | 25.00 | 65.90 |
| Peso de la Capsula | gr | 66.10 | 35.10 | 38.10 | 39.10 | 39.10 | 65.10 |
| Peso del Suelo Seco | gr | 76.20 | 230.30 | 90.30 | 75.20 | 105.20 | 221.40 |
| % de Humedad | % | 14.57% | 17.33% | 19.84% | 33.24% | 23.78% | 29.72% |
| Promedio de Humedad | % | 14.67% | 17.33% | 19.84% | 33.24% | 23.78% | 29.72% |
| Densidad del Suelo Seco | g/cc | 1.744 | 2.202 | 1.682 | 1.844 | 1.763 | 1.785 |

EXPANSION

| Fecha | Hora | Tiempo | Dial | | Expansion | | Dial | | Expansion | | Dial | | Expansion | |
|------------|------------|----------|-------|---------|-----------|--------|---------|--------|-----------|---------|--------|---|-----------|---|
| | | | mm | % | mm | % | mm | % | mm | % | mm | % | | |
| 18/09/2023 | 08:25 a.m. | 0 | 0.000 | | 0.00 | 0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18/09/2023 | 08:25 a.m. | 24:00:00 | 2.328 | 59.080 | 46.93 | 3.326 | 84.480 | 67.11 | 4.745 | 120.523 | 95.74 | | | |
| 20/09/2023 | 08:25 a.m. | 48:00:00 | 4.426 | 112.410 | 88.30 | 8.715 | 221.361 | 175.85 | 9.854 | 250.292 | 198.63 | | | |
| 21/09/2023 | 08:25 a.m. | 72:00:00 | 6.426 | 163.195 | 129.64 | 13.365 | 339.471 | 269.68 | 13.952 | 354.381 | 281.52 | | | |
| 22/09/2023 | 08:25 a.m. | 96:00:00 | 8.536 | 216.814 | 172.24 | 18.748 | 478.199 | 378.30 | 18.800 | 478.790 | 380.35 | | | |

PENETRACION

| Penetración mm | Tiempo | Carga Est. | 12 GOLPES | | | | 25 GOLPES | | | | 56 GOLPES | | | |
|----------------|--------|------------|-----------|--------|--------|---------|-----------|--------|--------|---------|-----------|--------|--------|---------|
| | | | 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 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| 0.63 | 00:30 | | 3.06 | 90.39 | 2.80 | 15.56 | 92.87 | 4.80 | 28.54 | 157.78 | 7.12 | | | |
| 1.27 | 01:00 | | 15.75 | 49.80 | 4.85 | 22.25 | 119.57 | 6.18 | 36.65 | 176.45 | 8.12 | | | |
| 1.91 | 01:30 | | 19.65 | 108.54 | 5.81 | 31.56 | 159.08 | 8.22 | 46.62 | 222.48 | 11.81 | | | |
| 2.54 | 02:00 | 70.51 | 35.56 | 132.77 | 6.86 | 40.59 | 197.37 | 10.20 | 51.28 | 242.70 | 12.56 | 17.84 | | |
| 3.81 | 03:00 | | 39.56 | 146.26 | 7.57 | 44.69 | 214.62 | 11.10 | 68.68 | 307.73 | 15.91 | | | |
| 5.05 | 04:00 | 103.00 | 31.59 | 104.21 | 8.23 | 7.84 | 50.69 | 240.28 | 12.42 | 11.93 | 76.54 | 360.00 | 18.09 | 17.28 |
| 6.35 | 05:00 | | 35.65 | 176.45 | 9.12 | 35.58 | 295.28 | 13.71 | 68.64 | 352.44 | 20.28 | | | |
| 7.62 | 06:00 | | 45.26 | 195.01 | 10.13 | 63.64 | 294.62 | 15.24 | 95.54 | 434.89 | 22.49 | | | |
| 8.84 | 07:00 | | 45.85 | 219.74 | 11.36 | 75.20 | 323.34 | 16.71 | 106.45 | 470.55 | 24.49 | | | |
| 10.16 | 08:00 | | 50.59 | 239.73 | 12.39 | 77.98 | 354.41 | 18.32 | 118.45 | 619.20 | 26.85 | | | |

INVESTIGADORA: NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 JULIACA

Ing. Augusto Yera Torres
 CAP. 101257

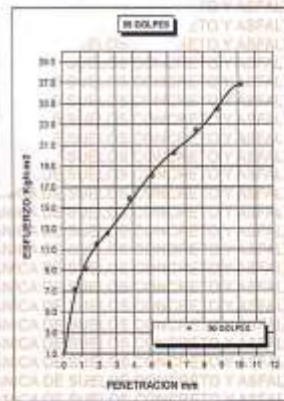
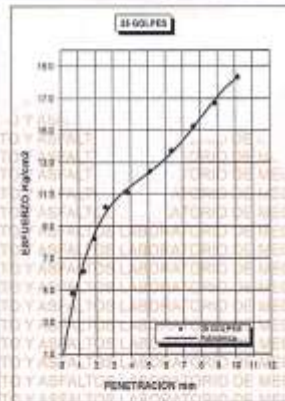
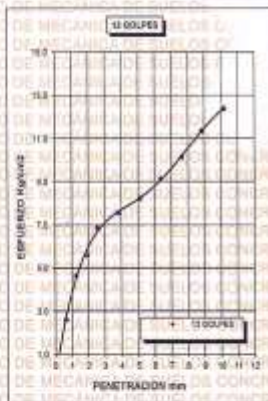
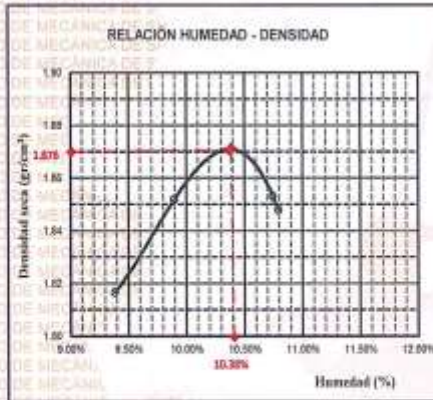
BIE: 0007-00061145



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



| | | | |
|--|--|--|--------|
| DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA | | MÉTODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 | |
| PROYECTO | ELMER JOSE FLORES CHINO | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³) | 1.876 |
| SOLICITADO | ZONA SUR - JULIACA | HUMEDAD OPTIMA (%) | 10.38% |
| UBICACIÓN | SUELO NATURAL - CALICATA 1 - AVENIDA MARAÑÓN | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) | 17.84 |
| MUESTRA | | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) | 14.51 |
| | | CLASIFICACIÓN : | CL |
| | | AASHITO : | A-7-6 |
| | | EMBEBIDO : | |



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Néstor Arzuaga Yano Torres
2018

BIE : 8007 - 00051146



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

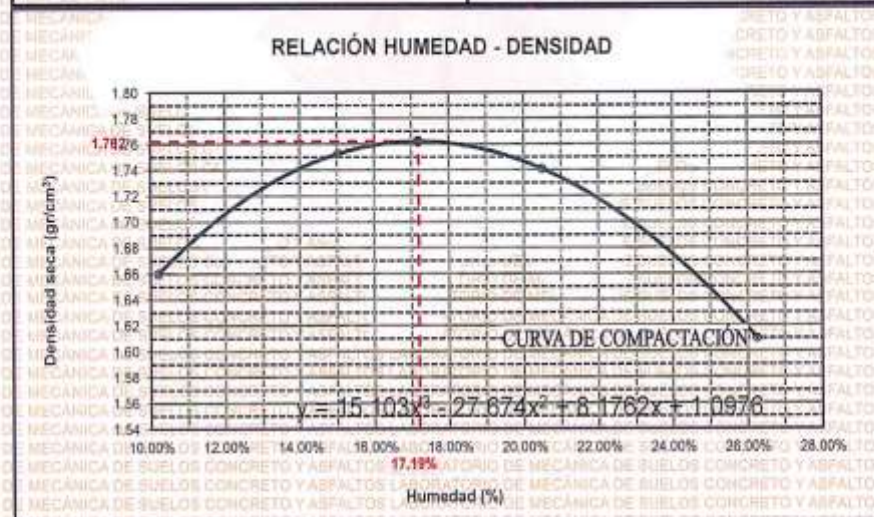
TESIS: DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE: ELMER JOSE FLORES CHINO
UBICACIÓN: ZONA SUR - JULIACA
MUESTRA: CALICATA 1

MOLDE No.: 108 LABC **VOLUMEN DEL MOLDE:** 621 cm³
No DE CAPAS: 5 **GOLPES POR CAPA:** 26 golpes

| | | | | | |
|---------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 6023 | 6093 | 6006 | 5836 |
| Peso del Molde | gr. | 4151 | 4151 | 4151 | 4151 |
| Peso del Suelo Humedo | gr/cm ³ | 1872 | 1932 | 1857 | 1685 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cm ³ | 2.033 | 2.098 | 2.016 | 1.830 |

| Capítulo No | No | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|-------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Suelo Humedo + Capsula | gr. | 69.00 | 73.24 | 82.70 | 90.76 | 79.97 | 91.63 | 90.70 | 89.20 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 59.96 | 62.03 | 71.28 | 79.66 | 72.06 | 80.36 | 84.22 | 82.72 |
| Peso del Agua | gr. | 10.07 | 11.21 | 11.48 | 11.10 | 7.91 | 8.28 | 6.48 | 6.48 |
| Peso de la Capsula | gr. | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 38.96 | 42.03 | 51.28 | 59.66 | 52.06 | 62.36 | 64.22 | 62.72 |
| % de Humedad | % | 25.85% | 26.67% | 22.30% | 18.61% | 15.19% | 14.58% | 10.09% | 10.33% |
| Promedio de Humedad | % | 26.26% | | 20.99% | | 15.04% | | 10.21% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.610 | | 1.741 | | 1.753 | | 1.660 | |

METODO: ASTM D - 1557 **MAXIMA DENSIDAD SECA :** 1.762 gr/cm³
MODIFICADO "C" **HUMEDAD OPTIMA :** 17.19%




 VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 FICP - CAPACITACIÓN CIVIL
 Elmer José Flores Chino

BIE - 8007 - 00051146



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 : DETERMINACION DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACION DE VIAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : ELMER JOSE FLORES CHINO
UBICACION : ZONA SUR - JULIACA
MUESTRA : CALICATA 1

| | | | | | |
|---------------------------|----------|-------------|----------|-------------|----------------------|
| MOLDE No | 1 | II | III | IV | V |
| No DE CAPAS | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| NUMERO DE GOLPES POR CAPA | 12 | 25 | 25 | 25 | 58 |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO SIN SATURAR |

| | | | | | | | |
|---------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr. | 10673 | 11553 | 10947 | 11643 | 11061 | 11638 |
| Peso del Molde | gr. | 6668 | 6668 | 6717 | 6717 | 6793 | 6793 |
| Peso del Suelo Humedo | gr. | 3905 | 4885 | 4130 | 4926 | 4268 | 4845 |
| Volúmenes del Suelo | cc. | 2051.43 | 2051.43 | 2051.43 | 2051.43 | 2051.43 | 2051.43 |
| Densidad del Suelo Humedo | g/cc. | 1.904 | 2.381 | 2.013 | 2.401 | 2.080 | 2.362 |

| | | | | | | | |
|-----------------------------|-------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capas No | No | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO |
| Suelo Humedo + Capas | gr. | 102.73 | 303.92 | 154.79 | 476.73 | 100.45 | 358.46 |
| Peso del Suelo Seco + Capas | gr. | 142.88 | 234.62 | 137.34 | 379.86 | 143.34 | 356.69 |
| Peso del Agua | gr. | 58.85 | 69.30 | 17.45 | 96.87 | 19.11 | 59.77 |
| Peso de la Capas | gr. | 69.20 | 20.73 | 35.62 | 70.99 | 36.13 | 60.33 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 74.00 | 185.69 | 101.72 | 307.57 | 105.21 | 227.90 |
| % de Humedad | % | 13.20% | 36.38% | 17.18% | 31.82% | 18.16% | 26.50% |
| Promedio de Humedad | % | 13.20% | 36.38% | 17.18% | 31.92% | 18.16% | 26.30% |
| Densidad del Suelo Seco | g/cc. | 1.682 | 1.759 | 1.718 | 1.820 | 1.761 | 1.870 |

EXPANSION

| Fecha | Hora | Tiempo | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | |
|------------|------------|----------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 18/09/2023 | 08:25 a.m. | 0 | 0.000 | 0.00 | 0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0 | 0 |
| 19/09/2023 | 08:25 a.m. | 24:00:00 | 0.076 | 1.930 | 1.53 | 0.056 | 1.422 | 1.13 | 0.041 | 1.041 | 0.83 |
| 20/09/2023 | 08:25 a.m. | 48:00:00 | 0.105 | 2.687 | 2.12 | 0.074 | 1.880 | 1.49 | 0.066 | 1.876 | 1.33 |
| 21/09/2023 | 08:25 a.m. | 72:00:00 | 0.146 | 3.708 | 2.95 | 0.129 | 3.277 | 2.60 | 0.104 | 2.642 | 2.10 |
| 22/09/2023 | 08:25 a.m. | 96:00:00 | 0.193 | 4.902 | 3.89 | 0.171 | 4.343 | 3.45 | 0.148 | 3.759 | 2.98 |

PENETRACION

| Penetración mm | Tiempo | Carga Est. | 12 GOLPES | | | | 25 GOLPES | | | | 56 GOLPES | | | |
|----------------|--------|------------|-----------|-------|--------------------|---------|-----------|-------|--------------------|---------|-----------|-------|--------------------|---------|
| | | | Dial | Kg | Kg/cm ² | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm ² | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm ² | Correc. |
| 0.00 | 0:00 | | 0.00 | 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 | | 0.06 | 25.47 | 1.32 | 0.42 | 28.61 | 1.46 | 2.77 | 38.69 | 1.91 | | | |
| 1.27 | 01:00 | | 0.11 | 25.90 | 1.32 | 0.90 | 28.95 | 1.50 | 4.24 | 43.13 | 2.23 | | | |
| 1.91 | 01:30 | | 0.14 | 25.73 | 1.33 | 0.99 | 29.33 | 1.52 | 5.95 | 50.39 | 2.60 | | | |
| 2.54 | 02:00 | 70.31 | 0.18 | 25.81 | 1.33 | 1.30 | 1.08 | 29.72 | 1.54 | 3.18 | 7.70 | 57.81 | 2.99 | 4.25 |
| 3.81 | 03:00 | | 0.18 | 25.90 | 1.34 | 1.13 | 29.93 | 1.55 | 9.11 | 63.80 | 3.30 | | | |
| 5.09 | 04:00 | 105.00 | 0.22 | 26.97 | 1.35 | 1.28 | 4.77 | 45.36 | 2.35 | 2.23 | 15.17 | 86.52 | 4.63 | 4.47 |
| 6.38 | 05:00 | | 0.28 | 28.32 | 1.36 | 1.81 | 45.55 | 2.35 | 18.09 | 93.43 | 4.83 | | | |
| 7.62 | 06:00 | | 0.32 | 26.49 | 1.37 | 1.84 | 45.68 | 2.36 | 17.65 | 100.05 | 5.17 | | | |
| 8.84 | 07:30 | | 0.36 | 26.80 | 1.38 | 1.86 | 45.76 | 2.37 | 18.75 | 104.72 | 5.41 | | | |
| 10.16 | 08:00 | | 0.41 | 26.87 | 1.39 | 1.91 | 45.97 | 2.38 | 20.15 | 110.66 | 5.72 | | | |

INVESTIGACION EN CIENCIAS PURAS
FCP - CAP INGENIERIA CIVIL
Ing. Franklin Yanez Torres
C.I. 1080978

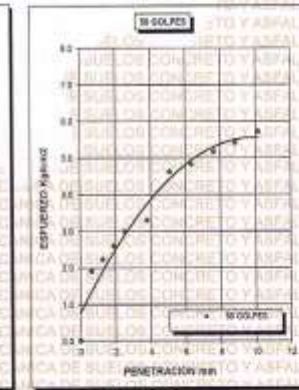
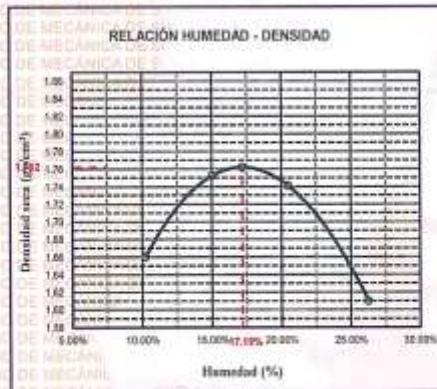
BIE: B007 - 00051149



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



| | | | |
|--|--|--|---------------|
| PROYECTO : DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VIAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA | | METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 | |
| SOLICITADO : ELMER JOSE FLORES CHINO | | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) | 1.762 |
| UBICACIÓN : ZONA SUR - JULIACA | | HUMEDAD OPTIMA (%) | 17.19% |
| MUESTRA : SUELO NATURAL - CALICATA - 1 | | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) | 4.25 |
| | | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) | 2.18 |
| | | CLASIFICACIÓN : | CL |
| | | AASHTO : | A-7-6 |
| | | EMBEBIDO : | |



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FAC. CAP. INGENIERÍA CIVIL
M.Sc. Ing. *[Firma]*
Msc. *[Firma]*
Msc. *[Firma]*

BIE : 8007 - 00051146



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: DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE: ELMER JOSE FLORES CHINO

UBICACIÓN: ZONA SUR - JULIACA

MUESTRA: CALICATA 2 - AVENIDA JULIACA

MOLDE No. : 108 LBS
VOLUMEN DEL MOLDE : 026 cm³

No DE CAPAS : 5
GOLPES POR CAPA : 25 golpes

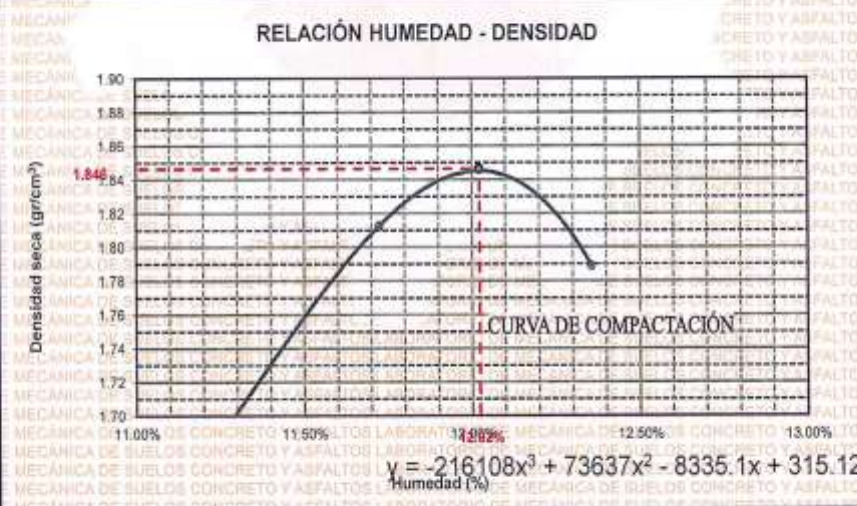
| | | | | | |
|---------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Húmedo + Molde | gr. | 6153 | 6168 | 6177 | 6143 |
| Peso del Molde | gr. | 4151 | 4151 | 4151 | 4151 |
| Peso del Suelo Húmedo | gr/cm ³ | 2002 | 2017 | 2026 | 1992 |
| Densidad del Suelo Húmedo | gr/cm ³ | 2.010 | 2.025 | 2.034 | 2.000 |

| Capsula No. | No | SUP. | | INF. | | SUP. | | INF. | |
|-------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. | gr. |
| Suelo Húmedo + Capsula | gr. | 82.26 | 79.26 | 82.58 | 82.14 | 82.26 | 91.25 | 91.25 | 89.95 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 74.25 | 72.15 | 77.26 | 75.26 | 86.45 | 84.02 | 85.02 | 83.02 |
| Peso del Agua | gr. | 8.01 | 7.11 | 5.32 | 6.88 | 5.81 | 7.24 | 6.24 | 6.54 |
| Peso de la Capsula | gr. | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 54.25 | 52.15 | 57.26 | 55.26 | 66.45 | 64.02 | 65.02 | 63.02 |
| % de Humedad | % | 11.08% | 13.63% | 11.04% | 12.41% | 8.74% | 11.31% | 9.75% | 10.38% |
| Promedio de Humedad | % | 12.36% | | 11.72% | | 10.03% | | 10.08% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.789 | | 1.813 | | 1.849 | | 1.817 | |

METODO: ASTM D - 1557
MODIFICADO "C"

MAXIMA DENSIDAD SECA : 1.846 gr/cm³

HUMEDAD OPTIMA : 12.02%



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C.A.
Ing. Arnoldo Vera Torres

BIE : 8007 - 00051146



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 | : DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA |
| SOLICITANTE | : ELMER JOSE FLORES CHINO |
| UBICACIÓN | : ZONA SUR - JULIACA |
| MUESTRA | : CALICATA 2 - AVENIDA JULIACA |

| | | | | | | |
|---------------------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|
| MOLDE No | : 18 | : 18 | : 18 | : 18 | : 18 | : 18 |
| No DE CAPAS | : 5 | : 5 | : 5 | : 5 | : 5 | : 5 |
| NUMERO DE GOLPES POR CAPA | : 12 | : 25 | : 56 | : 12 | : 25 | : 56 |
| CONDICIONES DE LA MUESTRA | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR |

| | | | | | | | |
|---------------------------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Peso Suelo Humedo + Molde | gr | 1057.4 | 1155.4 | 1094.8 | 1164.4 | 1106.1 | 1163.9 |
| Peso del Molde | gr | 690.9 | 666.9 | 671.8 | 671.8 | 679.4 | 679.4 |
| Peso del Suelo Humedo | gr | 390.5 | 488.5 | 413.0 | 492.6 | 426.7 | 484.5 |
| Volumen del Suelo | cc | 2051.43 | 2051.43 | 2051.43 | 2051.43 | 2051.43 | 2051.43 |
| Densidad del Suelo Humedo | gr/cc | 1.904 | 2.381 | 2.013 | 2.401 | 2.080 | 2.362 |

| | | | | | | | |
|-------------------------------|-------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capasú No | No | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO |
| Suelo Humedo + Capsula | gr | 151.74 | 303.93 | 154.80 | 476.74 | 160.46 | 358.47 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr | 142.89 | 294.65 | 137.35 | 378.57 | 141.32 | 296.70 |
| Peso del Agua | gr | 8.85 | 89.28 | 17.45 | 98.17 | 19.11 | 59.77 |
| Peso de la Capsula | gr | 66.29 | 38.74 | 29.63 | 71.00 | 36.14 | 69.41 |
| Peso del Suelo Seco | gr | 74.60 | 195.89 | 101.72 | 307.57 | 105.21 | 227.29 |
| % de Humedad | % | 13.20% | 35.38% | 17.15% | 31.92% | 18.16% | 26.30% |
| Promedio de Humedad | % | 13.20% | 35.38% | 17.15% | 31.92% | 18.16% | 26.30% |
| Densidad del Suelo Seco | gr/cc | 1.582 | 1.789 | 1.718 | 1.820 | 1.760 | 1.870 |

EXPANSION

| Fecha | Hora | Tiempo | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | |
|------------|------------|----------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 18/09/2023 | 08:25 a.m. | 0 | 0.000 | 0.00 | 0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0 | 0 |
| 19/09/2023 | 08:25 a.m. | 24:00:00 | 0.078 | 1.961 | 1.57 | 0.058 | 1.473 | 1.17 | 0.043 | 1.092 | 0.87 |
| 20/09/2023 | 08:25 a.m. | 48:00:00 | 0.107 | 2.718 | 2.16 | 0.076 | 1.930 | 1.53 | 0.068 | 1.727 | 1.37 |
| 21/09/2023 | 08:25 a.m. | 72:00:00 | 0.148 | 3.759 | 2.99 | 0.131 | 3.327 | 2.64 | 0.106 | 2.682 | 2.14 |
| 22/09/2023 | 08:25 a.m. | 96:00:00 | 0.195 | 4.953 | 3.93 | 0.173 | 4.394 | 3.49 | 0.150 | 3.810 | 3.03 |

PENETRACION

| Penetracion mm | Tiempo | Carga Est. | 12 GOLPES | | | | 25 GOLPES | | | | 56 GOLPES | | | |
|----------------|--------|------------|-----------|--------|--------|---------|-----------|--------|--------|---------|-----------|--------|--------|---------|
| | | | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Correc. |
| 0.05 | 0:00 | | 0.00 | 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 | | 5.00 | 50.60 | 2.62 | | 18.00 | 93.04 | 4.81 | | 26.00 | 135.49 | 7.00 | |
| 1.27 | 01:00 | | 16.00 | 93.04 | 4.81 | | 32.00 | 118.51 | 6.13 | | 38.00 | 177.93 | 9.20 | |
| 1.91 | 01:30 | | 30.00 | 150.02 | 5.89 | | 31.00 | 156.71 | 8.10 | | 46.00 | 220.38 | 11.16 | |
| 2.54 | 02:00 | 70.31 | 24.00 | 127.00 | 6.58 | 9.34 | 40.00 | 194.91 | 10.08 | 14.33 | 52.00 | 245.94 | 12.71 | 18.07 |
| 3.81 | 03:00 | | 38.00 | 143.98 | 7.44 | | 44.00 | 211.89 | 10.86 | | 68.00 | 305.26 | 15.78 | |
| 5.09 | 04:00 | 105.00 | 32.00 | 160.95 | 8.32 | 7.92 | 50.00 | 237.35 | 12.27 | 11.89 | 76.00 | 347.71 | 17.07 | 17.12 |
| 6.35 | 05:00 | | 36.00 | 177.83 | 9.20 | | 57.00 | 267.08 | 13.81 | | 85.00 | 390.15 | 20.17 | |
| 7.62 | 06:00 | | 40.00 | 194.91 | 10.08 | | 63.00 | 292.53 | 15.12 | | 95.00 | 432.60 | 22.39 | |
| 8.84 | 07:00 | | 45.00 | 216.13 | 11.17 | | 70.00 | 322.24 | 16.66 | | 105.00 | 475.04 | 24.66 | |
| 10.16 | 08:00 | | 50.00 | 237.35 | 12.27 | | 77.00 | 351.85 | 18.18 | | 118.00 | 517.48 | 28.75 | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 UANCV
 Ing. Arayida Yana Torres
 CIP: 103247

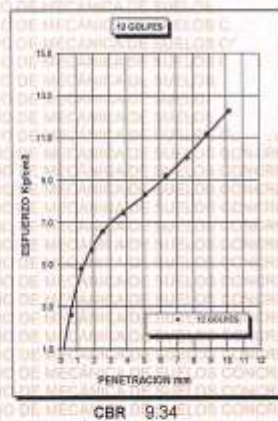
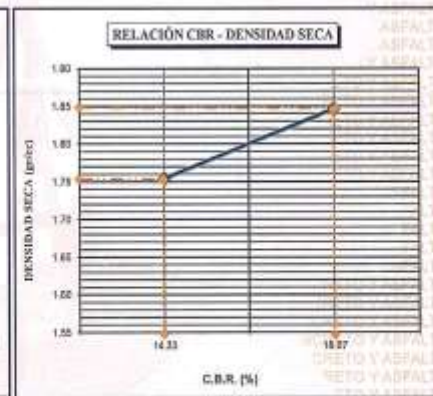
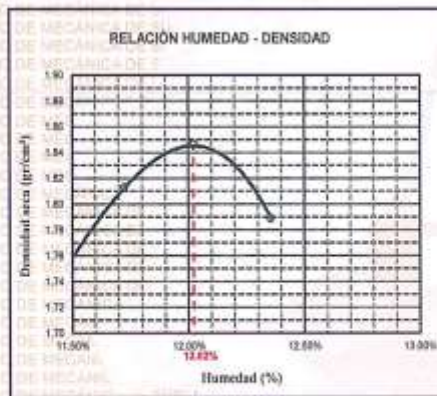
BIE: 0007-00051148



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



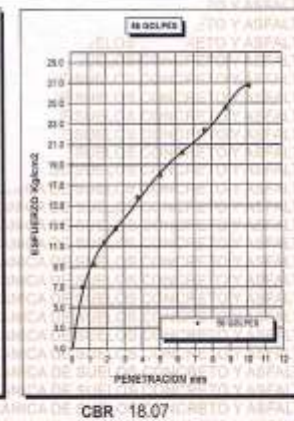
| | | | |
|--|--|---|--------|
| DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUJBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VIAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA | | MÉTODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-81 | |
| SOLICITADO : | ELMER JOSE FLORES CHINO | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³ .) | 1.846 |
| UBICACIÓN : | ZONA SUR - JULIACA | HUMEDAD OPTIMA (%) | 12.02% |
| MUESTRA : | SUELO NATURAL - CALICATA 2 - AVENIDA JULIACA - CONOP | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) | 18.07 |
| | | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) | 14.33 |
| | | CLASIFICACIÓN : | |
| | | AASHTO : | |
| | | EMBEBIDO : | |



CBR 9.34



CBR 14.33



CBR 18.07

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

Msc. Aracelio Viana

BIE-0007-00051146



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

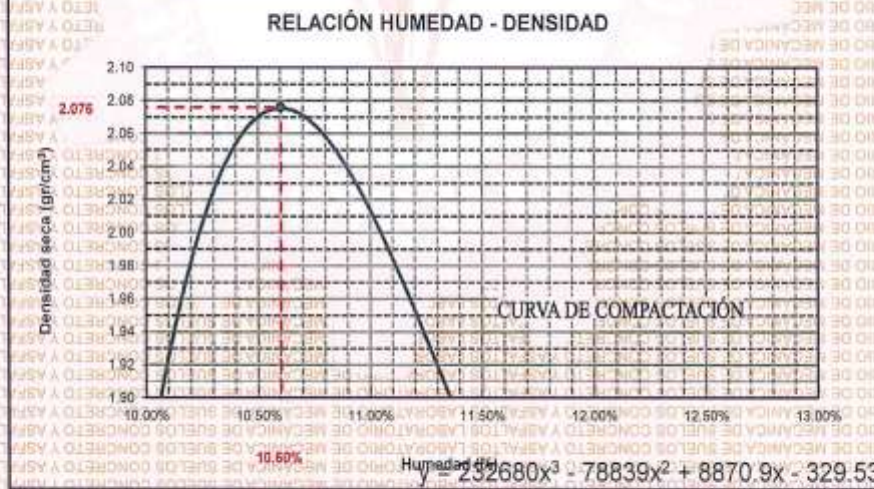
| | |
|-------------|--|
| TESIS | DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VIAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA. |
| SOLICITANTE | ELMER JOSE FLORES CHINO |
| UBICACIÓN | ZONA SUR - JULIACA |
| MUESTRA | CAUCATA 2 - AVENIDA MARAÑÓN |

| | | | |
|-------------|---|-------------------|---------------------|
| MOLDE No. | 5 | VOLUMEN DEL MOLDE | 998 cm ³ |
| No DE CAPAS | 5 | GOLPES POR CAPA | 25 golpes |

| | | | | | |
|---------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Húmedo + Molde | gr. | 6163 | 6178 | 6187 | 6153 |
| Peso del Molde | gr. | 4151 | 4151 | 4151 | 4151 |
| Peso del Suelo Húmedo | gr/cm ³ | 2012 | 2027 | 2036 | 2002 |
| Densidad del Suelo Húmedo | gr/cm ³ | 2.020 | 2.036 | 2.044 | 2.010 |

| Capítulo No. | No | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|-------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|
| Suelo Húmedo + Capsula | gr. | 80.26 | 79.36 | 83.68 | 82.54 | 82.38 | 81.36 | 81.60 | 83.85 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 74.26 | 73.25 | 77.35 | 75.58 | 80.55 | 84.12 | 85.12 | 83.12 |
| Peso del Agua | gr. | 6.01 | 7.11 | 6.32 | 6.85 | 5.81 | 7.24 | 6.94 | 6.54 |
| Peso de la Capsula | gr. | 18.00 | 20.00 | 19.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 18.00 | 20.00 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 55.35 | 52.25 | 58.35 | 55.30 | 60.55 | 64.12 | 66.12 | 63.12 |
| % de Humedad | % | 10.80% | 13.61% | 10.83% | 12.20% | 8.73% | 11.25% | 9.59% | 10.26% |
| Promedio de Humedad | % | 12.23% | | 11.61% | | 10.01% | | 9.97% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.800 | | 1.823 | | 1.858 | | 1.828 | |

| | | | |
|---------|----------------|------------------------|--------------------------|
| METODO: | ASTM D - 1557 | MAXIMA DENSIDAD SECA : | 2.076 gr/cm ³ |
| | MODIFICADO "C" | HUMEDAD OPTIMA : | 10.60% |




 Alvaro Andrés Yano Torres

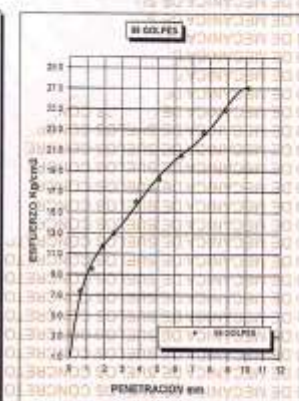
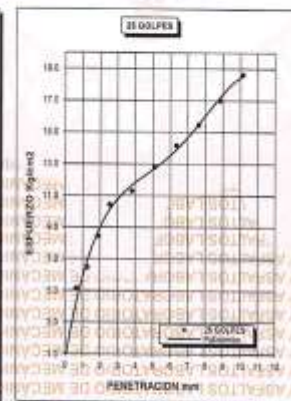
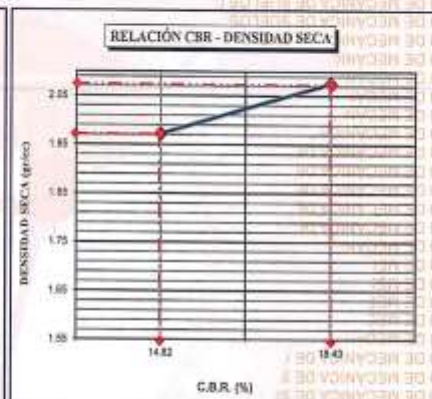
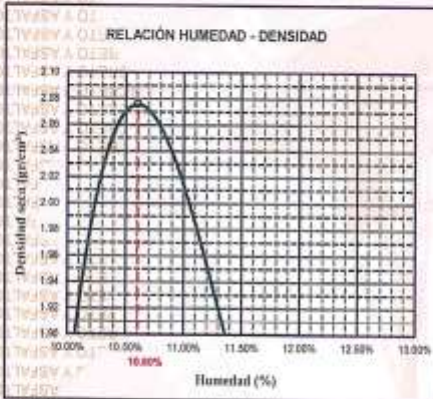
BIE : B007 - 00061146



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



| | |
|---|---|
| PROYECTO : DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VIAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA. | METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-01 |
| SOLICITADO : ELMER JOSE FLORES CHINO | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 2.076 |
| UBICACIÓN : ZONA SUR - JULIACA | HUMEDAD OPTIMA (%) 10.60% |
| MUESTRA SUELO NATURAL - CALICATA 1 - AVENIDA MARAÑÓN | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 18.43 |
| | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 14.82 |
| | CLASIFICACIÓN : |
| | AASHTO : |
| | EMBEBIDO : |



INTRODUCCIÓN DE SUELOS Y ASFALTOS
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 UANCV
 ALUMNO: *[Firma]*
 Ing. Aníbal Ista Torres
 CIP 10257

BIE : 007 - 00051146



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: DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE: ELMER JOSE FLORES CHINO

UBICACIÓN: ZONA SUR - JULIACA

MUESTRA: CALCATÁ 2

| | | | |
|-------------|---|-------------------|---------------------|
| MOLDE No. | | VOLUMEN DEL MOLDE | 821 cm ³ |
| No DE CAPAS | 5 | GOLPES POR CAPA | 25 golpes |

| | | | | | |
|---------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| Peso Suelo Húmedo + Molde | gr. | 6013 | 6073 | 6000 | 5816 |
| Peso del Molde | gr. | 4151 | 4151 | 4151 | 4151 |
| Peso del Suelo Húmedo | gr/cm ³ | 1862 | 1922 | 1849 | 1865 |
| Densidad del Suelo Húmedo | gr/cm ³ | 2.022 | 2.087 | 2.008 | 1.808 |

| Capsula No. | No. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. | SUP. | INF. |
|-------------------------------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| Suelo Húmedo + Capsula | gr. | 69.13 | 73.34 | 80.66 | 82.68 | 79.87 | 81.53 | 80.80 | 88.10 |
| Peso del Suelo Seco + Capsula | gr. | 58.56 | 62.23 | 71.36 | 79.76 | 72.26 | 82.54 | 84.26 | 87.80 |
| Peso del Agua | gr. | 10.27 | 11.11 | 11.28 | 10.90 | 7.61 | 8.98 | 6.25 | 6.24 |
| Peso de la Capsula | gr. | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 | 20.00 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 38.56 | 42.23 | 51.36 | 59.76 | 52.26 | 62.54 | 64.26 | 67.80 |
| % de Humedad | % | 26.43% | 26.31% | 21.95% | 18.24% | 14.58% | 14.36% | 9.71% | 9.03% |
| Promedio de Humedad | % | 26.37% | | 20.10% | | 14.68% | | 9.82% | |
| Densidad del Suelo Seco | % | 1.600 | | 1.738 | | 1.764 | | 1.846 | |

| | | | |
|---------|----------------|------------------------|--------------------------|
| METODO: | ASTM D - 1557 | MAXIMA DENSIDAD SECA : | 1.764 gr/cm ³ |
| | MODIFICADO "C" | HUMEDAD OPTIMA : | 16.51% |

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
Juliaca, 10 de Mayo del 2017
CIV. 103257

BIE - 0007 - 00051146



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 | DETERMINACION DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACION DE VIAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA |
| SOLICITANTE | ELMER JOSE FLORES CHINO |
| UBICACIÓN | ZONA SUR - JULIACA |
| MUESTRA | CAUCATA 2 |

| | | | |
|----------------------------------|----------|-------------|---|
| MOLDE No | III | I | 1 |
| 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. | 10558 | 11555 | 10585 | 11558 | 11045 | 11648 |
| Peso del Molde | gr. | 5558 | 6558 | 6717 | 6717 | 6793 | 6793 |
| Peso del Suelo Humedo | gr. | 3857 | 4887 | 4168 | 4838 | 4252 | 4855 |
| Volumen del Suelo | cc. | 2051.43 | 2051.43 | 2033.41 | 2033.41 | 2051.43 | 2051.43 |
| Densidad del Suelo Humedo | g/cc. | 1.880 | 2.382 | 2.050 | 2.429 | 2.073 | 2.367 |

| | | | | | | | |
|---------------------------------------|-------|-------------|----------|-------------|----------|-------------|----------|
| Capasula No | No | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO | SIN SATURAR | SATURADO |
| Suelo Humedo + Capasula | gr. | 154.56 | 303.65 | 154.56 | 476.63 | 150.24 | 350.53 |
| Peso del Suelo Seco + Capasula | gr. | 142.76 | 234.45 | 137.56 | 339.26 | 141.01 | 256.55 |
| Peso del Agua | gr. | 10.10 | 59.20 | 17.10 | 66.54 | 19.23 | 60.00 |
| Peso de la Capasula | gr. | 68.26 | 38.25 | 35.59 | 70.45 | 36.30 | 69.54 |
| Peso del Suelo Seco | gr. | 74.50 | 196.20 | 102.50 | 307.81 | 104.65 | 236.94 |
| % de Humedad | % | 13.56% | 35.27% | 16.76% | 32.01% | 18.38% | 39.44% |
| Promedio de Humedad | % | 13.56% | 35.27% | 16.76% | 32.01% | 18.38% | 36.44% |
| Densidad del Suelo Seco | g/cc. | 1.668 | 1.761 | 1.756 | 1.840 | 1.751 | 1.872 |

EXPANSION

| Fecha | Hora | Tiempo | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | | Dial | Expansion | |
|------------|------------|----------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|-------|-----------|------|
| | | | | mm | % | | mm | % | | mm | % |
| 18/09/2023 | 08:25 a.m. | 0 | 0.000 | 0.00 | 0 | 0.000 | 0 | 0 | 0.000 | 0 | 0 |
| 19/09/2023 | 08:25 a.m. | 24:00:00 | 0.078 | 1.981 | 1.57 | 0.059 | 1.753 | 1.39 | 0.055 | 1.651 | 1.31 |
| 20/09/2023 | 08:25 a.m. | 48:00:00 | 0.126 | 3.200 | 2.54 | 0.094 | 2.388 | 1.90 | 0.095 | 2.413 | 1.92 |
| 21/09/2023 | 08:25 a.m. | 72:00:00 | 0.186 | 4.724 | 3.75 | 0.145 | 3.688 | 2.93 | 0.125 | 3.175 | 2.52 |
| 22/09/2023 | 08:25 a.m. | 96:00:00 | 0.210 | 5.334 | 4.24 | 0.195 | 4.958 | 3.94 | 0.169 | 4.283 | 3.41 |

PENETRACION

| Penetración mm | Tiempo | Carga Est. | 12 GOLPES | | | 25 GOLPES | | | 56 GOLPES | | | | | |
|----------------|--------|------------|-----------|-------|--------|-----------|-------|-------|-----------|--------|-------|-------|--------|--------|
| | | | Dial | Kg | Kg/cm2 | Conec. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Conec. | Dial | Kg | Kg/cm2 | Conec. |
| 0.00 | 0:00 | | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.0 | 0.00 | 0.00 | | | |
| 0.83 | 00:30 | | 0.10 | 25.55 | 1.32 | 0.50 | 28.95 | 1.50 | 3.25 | 36.97 | 3.01 | | | |
| 1.27 | 01:00 | | 0.13 | 25.66 | 1.33 | 0.59 | 29.33 | 1.62 | 4.26 | 43.21 | 3.23 | | | |
| 1.91 | 01:30 | | 0.16 | 25.81 | 1.33 | 1.05 | 29.59 | 1.53 | 6.16 | 46.82 | 3.62 | | | |
| 2.54 | 02:00 | 70.31 | 0.19 | 25.94 | 1.34 | 1.91 | 2.26 | 34.72 | 1.80 | 2.55 | 7.26 | 35.95 | 2.89 | 4.11 |
| 3.81 | 03:00 | | 0.22 | 26.07 | 1.35 | 0.26 | 36.97 | 2.01 | 9.25 | 54.39 | 3.33 | | | |
| 5.09 | 04:00 | 105.00 | 0.25 | 26.19 | 1.35 | 1.29 | 4.25 | 43.21 | 2.22 | 2.33 | 15.24 | 80.60 | 4.65 | 4.45 |
| 6.35 | 05:00 | | 0.28 | 26.32 | 1.36 | 4.90 | 46.27 | 2.38 | 36.58 | 95.50 | 4.94 | | | |
| 7.62 | 06:00 | | 0.31 | 26.45 | 1.37 | 5.26 | 47.46 | 2.45 | 37.35 | 98.39 | 5.09 | | | |
| 8.84 | 07:00 | | 0.35 | 26.62 | 1.38 | 5.69 | 49.28 | 2.55 | 38.35 | 103.91 | 5.37 | | | |
| 10.16 | 08:00 | | 0.38 | 26.75 | 1.39 | 6.08 | 63.06 | 2.74 | 21.62 | 134.35 | 5.91 | | | |

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 RCP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 Wlt. Analía Lorea Torres
 RUP 163251

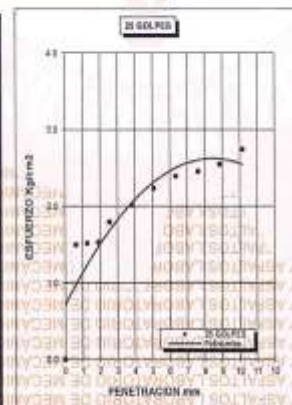
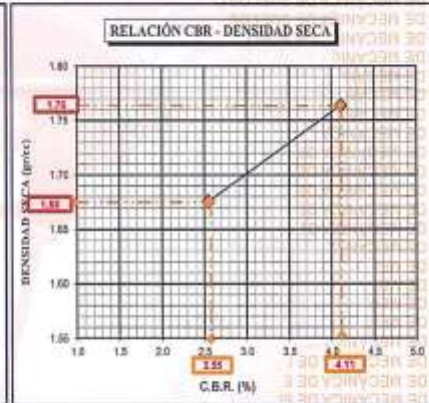
BIE: 0007 - 00051146



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



| | | |
|---------------------|--|---|
| PROYECTO : | DETERMINACIÓN DE LA CAUDA DE SUELOS DE SUJUBASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VIAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA | METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 |
| SOLICITADO : | ELMER JOSÉ FLORES CHINO | MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³) |
| UBICACIÓN : | ZONA SUR - JULIACA | HUMEDAD OPTIMA (%) |
| MUESTRA : | SUELO NATURAL - CALICATA - 2 | CBR AL 100 DE M.D.S. (%) |
| | | CBR AL 95% DE M.D.S. (%) |
| | | CLASIFICACIÓN : |
| | | AASHTO : |
| | | EMBEBIDO : |



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

BIE : B007-00051146



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 08 - 01 - 2025

I. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ELMER JOSE FLORES CHINO

Dirección: AV. ORGULLO AYMARA - AZIRUNI

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 46067745

Teléfono: 900274638

email: eimercip17@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____

email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: _____

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

Escuela Profesional o Mención: _____

GEOTECNIA Y TRANSPORTES

Título o Grado Académico a optar: _____

MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL

Asesor: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SUELOS DE SUBRASANTE Y ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN DE VÍAS PRINCIPALES NO PAVIMENTADAS DE LA ZONA SUR DE LA CIUDAD DE JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): CALIDAD DE SUELOS ALTERNATIVAS DE ESTABILIZACIÓN

¿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, entre otros relacionados.

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



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50

Firma de Autor



huella digital

8 - ENERO - 2025

Fecha