



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



**MEJORAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS PLÁSTICOS DE LA SUBRASANTE
Y SU PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD SUBTERRÁNEA EMPLEANDO
ESTRUCTURAS DE PEDRAPLÉN DE PAVIMENTOS
DE LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

JULIO MISME MEDINA

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**

JULIACA – PERÚ

2024



NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

MEJORAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS PLÁSTICOS DE LA SUBRASANTE Y

SU PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD SUBTERRÁNEA EMPLEANDO

ESTRUCTURAS DE PEDRAPLÉN DE PAVIMENTOS

DE LA CIUDAD DE JULIACA

TESIS PRESENTADA POR

JULIO MISME MEDINA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAGÍSTER EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

APROBADA POR:

PRESIDENTE DEL JURADO :



Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

MIEMBRO DEL JURADO :



Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

MIEMBRO DEL JURADO :



Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS :



Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" ESCUELA DE POSGRADO

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 017-2024-D-EPG-UANCV/J

Juliaca, 15 de marzo del 2024

VISTOS:

El expediente N° 2024-001116, presentado por el (la) Bachiller **MISME MEDINA JULIO**, con número de DNI. **25319220**, asignado (a) con código de matrícula **21529007**, de la **Maestría en INGENIERÍA CIVIL, Mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" de la Sede Central Juliaca.

CONSIDERANDO:

Que, el (a) Bach. **MISME MEDINA JULIO**, con número de DNI. **25319220**, asignado (a) con código de matrícula **21529007**, de la **Maestría en INGENIERÍA CIVIL, Mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, ha solicitado fecha, hora y modalidad de sustentación de la Tesis titulada: **MEJORAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS PLÁSTICOS DE LA SUBRASANTE Y SU PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD SUBTERRÁNEA EMPLEANDO ESTRUCTURAS DE PEDRAPLÉN DE PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA** La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50** y;

Que, el (a) referido (a) Dictamen de Tesis aprobado por los jurados el 03 de enero del 2024. Establece la fecha de sustentación; habiendo para el efecto cumplido los requisitos establecidos en el reglamento para la Obtención del Grado Académico de Magíster/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV;

Que, en el Artículo 66 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de Tesis de Postgrado es un trabajo de investigación original y crítico, 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 Art. 76 del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. – DECLARAR EXPEDITO para la Sustentación de la Tesis titulada: **MEJORAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS PLÁSTICOS DE LA SUBRASANTE Y SU PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD SUBTERRÁNEA EMPLEANDO ESTRUCTURAS DE PEDRAPLÉN DE PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA** Elaborado por el (la) Bachiller **MISME MEDINA JULIO**. Integrado por los siguientes docentes:

Presidente del Jurado	:	Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
Miembro del Jurado	:	Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
Miembro del Jurado	:	Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
Asesor de Tesis	:	Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ARTÍCULO SEGUNDO. - El proceso de la Sustentación de la Tesis en mención, se llevará a cabo:

Fecha	:	Viernes, 22 de marzo del 2024
Hora	:	09:00 a.m.
Lugar	:	Aula N° 309 EPG - UANCV – JULIACA

A cuya finalización el Jurado registrará los resultados en el Libro de Actas de Sustentación de Tesis de Maestría con el grado **MAGISTER** de los estudiantes que ingresaron anterior a la aprobación de la ley Universitaria N° 30220.

ARTÍCULO TERCERO. - Elévese la presente Resolución al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo y Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento.

Regístrese, comuníquese y Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO
DIRECCIÓN
Dr. Leonel Suasaca Pelinco
DIRECTOR (e)

C:/Archr/EPG (01)
Interesado (01)
Cargo (01)
Jurados (03)
Asesor (01)
Expediente (01)
LWC/...



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" ESCUELA DE POSGRADO



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 055-2023-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 03 de abril del 2023

VISTOS:

El expediente N°. 2023-001467, Presentado por el (a) Bach: **MISME MEDINA JULIO**, con número de DNI 25319220 y con Código de matrícula N.° 21529007, quien solicita cambio del **SEGUNDO MIEMBRO Y ASESOR** del Comité de Investigación del Proyecto de Tesis titulado: **MEJORAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS PLÁSTICOS DE LA SUBRASANTE Y SU PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD SUBTERRÁNEA EMPLEANDO ESTRUCTURAS DE PEDRAPLÉN DE PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA** Líneas de Investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**, Para optar el Grado Académico de **MAGISTER** en: **INGENIERIA CIVIL** mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez", de la Sede Central Juliaca.

CONSIDERANDO:

Que, mediante expediente No. 2023-001467, el Bach: **MISME MEDINA JULIO**, solicita el cambio del **SEGUNDO MIEMBRO Y ASESOR** del Comité de Investigación de la tesis titulada: **MEJORAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS PLÁSTICOS DE LA SUBRASANTE Y SU PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD SUBTERRÁNEA EMPLEANDO ESTRUCTURAS DE PEDRAPLÉN DE PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA** Aprobado con Resolución Directoral N.° 00715-2022-2021-USA-EPG/UANCV, de fecha 09 de noviembre del 2022, en el que se le asignó como segundo miembro al Mgtr. **FRITZ WILLY MAMANI APAZA**, por motivos de indisponibilidad de tiempo se le nombra al Mgtr. **ARNALDO YANA TORRES**, y como asesor se le ha designado al Mgtr. **JOSE ANTIO PAREDES VERA**, por motivos de no tener vínculo Laboral con la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, y en reemplazo del aludido profesional se le nombra al Mgtr. **FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

Que, el referido Dictamen de Tesis fue aprobado por los jurados el 04 de Enero del 2021, registrado en el Folio N° 003132 del Libro de Registro de Proyectos de Investigación de Maestría, establece que se encuentra apto para ser desarrollado a lo establecido en el reglamento de Grado de Investigación conducente al Grado Académico de Magister/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" de Juliaca;

Que, en el Reglamento General de la escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de Tesis de Posgrado es un trabajo de investigación original y crítico 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 Art. 76 del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

PRIMERO.- ACEPTAR EL CAMBIO DEL SEGUNDO MIEMBRO Y ASESOR, del Comité de Investigación para su revisión de la Tesis titulada: **MEJORAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS PLÁSTICOS DE LA SUBRASANTE Y SU PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD SUBTERRÁNEA EMPLEANDO ESTRUCTURAS DE PEDRAPLÉN DE PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA** Líneas de Investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**, presentado por el (a) Bach: **MISME MEDINA JULIO**, de la maestría en: **INGENIERIA CIVIL** mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, conformado por los siguientes docentes:

Presidente	:	Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
Primer Miembro	:	Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
Segundo Miembro	:	Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
Asesor (a)	:	Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

SEGUNDO- AUTORIZAR el desarrollo de Tesis, de acuerdo al Reglamento de Investigación conducente al Grado Académico de **MAGISTER** de la Escuela de Posgrado de la

TERCERO.- ELEVAR al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo y Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento, así como a la Oficina de Economía, para cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese y Archívese

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" ESCUELA DE POSGRADO



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0715-2022-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 09 de noviembre del 2022

VISTOS:

El expediente N° 043064, Presentado por el (a) **Bach: MISME MEDINA JULIO**, con número de DNI 25319220 y asignado (a) con código de matrícula N° 21529007, quien solicita **cambio del PRESIDENTE** del Proyecto de Tesis titulado: **MEJORAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS PLÁSTICOS DE LA SUBRASANTE Y SU PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD SUBTERRÁNEA EMPLEANDO ESTRUCTURAS DE PEDRAPLÉN DE PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA**. Línea de Investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**. Para optar el Grado Académico de **MAGISTER** en: **INGENIERIA CIVIL** mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez", de la Sede Central Juliaca.

CONSIDERANDO:

Que, el (a) **Bach: MISME MEDINA JULIO** solicita el cambio del **PRESIDENTE** del Comité de Investigación, por cese de funciones como docente en la UANCV.

Que, el referido Dictamen de Tesis fue aprobado por los jurados el 04 de Enero del 2021, registrado en el Folio N° 3132 del Libro de Registro de Proyectos de Investigación de Maestría, establece que se encuentra apto para ser desarrollado a lo establecido en el reglamento de Grado de Investigación conducente al Grado Académico de Magister/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV;

Que, en el Reglamento General de la escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de Tesis de Posgrado es un trabajo de investigación original y crítico 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 Art. 76 del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

PRIMERO. - ACEPTAR EL CAMBIO DEL PRESIDENTE DE LA TERNA DEL COMITÉ DE INVESTIGACIÓN, para su revisión de la Tesis titulada: **MEJORAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS PLÁSTICOS DE LA SUBRASANTE Y SU PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD SUBTERRÁNEA EMPLEANDO ESTRUCTURAS DE PEDRAPLÉN DE PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA**. Presentado por el (a) **Bach: MISME MEDINA JULIO**. conformado por los siguientes docentes:

Presidente	:	Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
Primer Miembro	:	Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
Segundo Miembro	:	Mgr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Asesor (a)	:	Mgr. JOSE ANTONIO PAREDES VERA

SEGUNDO- AUTORIZAR el desarrollo de Tesis, de acuerdo al Reglamento de Investigación conducente al Grado Académico de **MAGISTER** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

TERCERO.- ELEVAR al Rectorado, Vicerectorado Académico, Vicerectorado Administrativo y Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento, así como a la Oficina de Economía, para cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese y Archívese

17-11-22
11/11/2022



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO
Dra. María Amparo del Pilar Chacón Catacora
DIRECTORA (e)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO
Dra. Graciela Bernal Salas
SECRETARIA ACADEMICA



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 169 - 2021-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 2021 Febrero 15

VISTOS:

El Registro N° 3132 del Libro de Registro de Proyectos de Investigación de Tesis de la MAESTRÍA en: INGENIERÍA CIVIL, mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES, del Jurado revisor del Proyecto de Tesis: MEJORAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS PLÁSTICOS DE LA SUBRASANTE Y SU PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD SUBTERRANEA EMPLEANDO ESTRUCTURAS DE PEDRAPLEN DE PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA. Línea de Investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50. Presentado por el (a) Bach. JULIO MISME MEDINA, con número de DNI 25319220 y con Código de matrícula N° 21529007, para optar el Grado Académico de MAGÍSTER en: INGENIERÍA CIVIL, mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES, de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez; de la Sede central de Juliaca.

CONSIDERANDO:

Que, el (a) Bach. JULIO MISME MEDINA, para optar el Grado Académico de MAGÍSTER en: INGENIERÍA CIVIL, mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES, de la Escuela de Posgrado ha presentado el Dictamen de Proyecto de Investigación de tesis: MEJORAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS PLÁSTICOS DE LA SUBRASANTE Y SU PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD SUBTERRANEA EMPLEANDO ESTRUCTURAS DE PEDRAPLEN DE PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA. Línea de Investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50. Presentado por el (a) Bach. JULIO MISME MEDINA, para ser registrada en el Libro de Actas de Proyectos de Tesis.

Que, el referido Dictamen de Tesis aprobado por los jurados el 04 de Enero del 2021, se ha registrado en el Folio N° 3132 del Libro de Registro de Proyectos de Investigación de Maestrías, establece que se encuentra apto para ser desarrollado a lo establecido en el reglamento de Grado de Investigación conducente al Grado Académico de Magister/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV;

Que, en el Reglamento General de la escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de Tesis de Posgrado es un trabajo de investigación original y crítico 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 Art. 76 del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

PRIMERO. - APROBAR el PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DE TESIS DE MAESTRÍA, Titulado: MEJORAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS PLÁSTICOS DE LA SUBRASANTE Y SU PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD SUBTERRANEA EMPLEANDO ESTRUCTURAS DE PEDRAPLEN DE PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA. Línea de Investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50. Presentado por el (a) Bach. JULIO MISME MEDINA, con número de DNI 25319220 y con Código de matrícula N° 21529007, para optar el Grado Académico de MAGÍSTER en: INGENIERÍA CIVIL, mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES, y Siendo Asesorado por el (a) Mgtr. JOSE ANTONIO PAREDES VERA, y según Acta de Sorteo, la terna de Jurados son los siguientes docentes:

- Presidente : Dr. ALFREDO TEOFILO ZEGARRA BUTRON
- Primer Miembro : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- Segundo Miembro : Mgtr. ORLANDO EDILBERTO LA TORRE BARRA

SEGUNDO. - AUTORIZAR el desarrollo de Tesis, de acuerdo al Reglamento de Investigación conducente al Grado Académico de MAGÍSTER de la Escuela de Posgrado.

TERCERO. - ELEVAR al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo y Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento, así como a la Oficina de Economía, para cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese y Archívese



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO

David J. Gutiérrez Mayta
Director (e)



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO

Mg. Enrique G. Apaza Chirinos
SECRETARIO ACADÉMICO

Cc./CARGO (01)
ARCHIVO EPG - 2021 (01)
INTERESADO (01)
DUGM (e)Yqy



MEJORAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS PLÁSTICOS DE LA SUBRASANTE Y SU PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD SUBTERRÁNEA EMPLEANDO ESTRUCTURAS DE PEDRAPLÉN DE PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA

INFORME DE ORIGINALIDAD

30%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

24%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

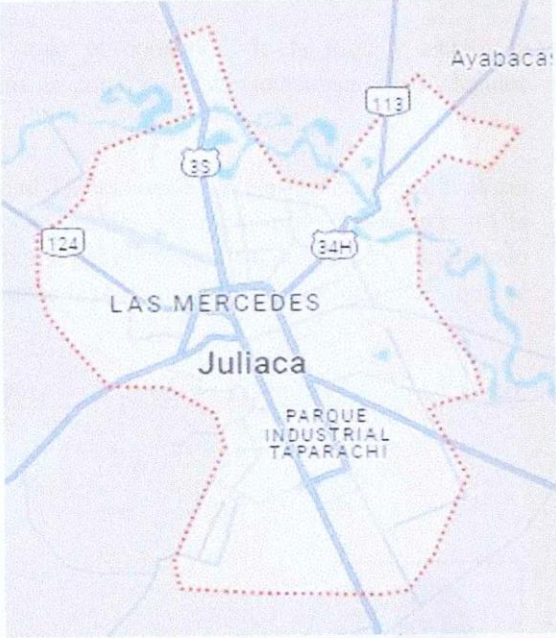
FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	21%
2	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
5	docplayer.es Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Webster University Trabajo del estudiante	1%
7	pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet	<1%



Metadatos complementarios - UANCV

TITULO	
MEJORAMIENTO MECÁNICO DE SUELOS PLÁSTICOS DE LA SUBRASANTE Y SU PROTECCIÓN DE LA HUMEDAD SUBTERRÁNEA EMPLEANDO ESTRUCTURAS DE PEDRAPLÉN DE PAVIMENTOS DE LA CIUDAD DE JULIACA	
Datos de autor	
Nombres y Apellidos	JULIO MISME MEDINA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	25319220
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-0026-7455
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8509-7224
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres Y Apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-6657-665X
Miembro del jurado 1	
Nombres Y Apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7567-039X

Miembro del jurado 2	
Nombres Y Apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
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>Dirección: Ciudad De Juliaca -15.49157, -70.13171</p> <p>País: Perú</p> <p>Departamento: Puno</p> <p>Provincia: San Román</p> <p>Distrito: Juliaca</p> <p>https://maps.app.goo.gl/KSYqxNNML9XTsX6F8</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2022 - 2023
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>
URL de disciplinas OCDE	<p>https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</p> <p>- Librería</p>



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo Julio Misme Medina, identificado con DNI Nro. 25319220 en mi condición de egresado de:

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

MAESTRIA EN INGENIERIA CIVIL

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

“ Mejoramiento Mecánico de Suelos Plásticos de la Subrasante y su protección de la humedad Subterránea Empleando Estructuras de Pedraplen de Pavimentos de la ciudad de Juliaca. ”

Asesorado por: Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales

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 24 de Abril del 20 24

[Handwritten signature of advisor]
Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales
FIRMA (ASESOR)

[Handwritten signature of student]
FIRMA (obligatoria)



Huella



A mis hijos: Diego y Gabriel



A mis padres Cecilio y Nicolasa, por
darme la luz de la vida.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	iii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ABREVIATURAS.....	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
.....	16
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
1.1. Exposición de la situación problemática	16
1.2. Formulación del planteamiento del problema	17
1.2.1. Pregunta general.....	17
1.2.2. Preguntas específicas.....	17
1.3. Justificación de la investigación	18
1.4. Objetivos.....	19
1.4.1. Objetivo general	19
1.4.2. Objetivos específicos	19
1.5. Importancia y alcance de la investigación.....	20
1.6. Limitaciones y delimitaciones de la investigación	20
1.7. Hipótesis	20



1.7.1. Hipótesis general	20
1.7.2. Hipótesis específicas	20
1.8. Variables e indicadores	21
1.8.1. Conceptualización de variables	21
1.8.2. Operacionalización de las variables	22
.....	24
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	24
2.1. Antecedentes del estudio	24
2.1.1. A nivel internacional	24
2.1.2. A nivel nacional	25
2.1.3. A nivel regional o local	27
2.2. Bases teóricas	28
2.2.1. Nivel freático	28
2.2.2. Dinámica de las aguas subterráneas	29
2.2.3. Propiedades de las aguas subterráneas	30
2.2.4. Ascensión capilar	30
2.2.5. Presiones de carga permisible.....	31
2.2.6. Mecánica de suelos	32
2.2.7. Tipos de cimentaciones para pavimentos	35
2.2.8. Caracterización geotécnica.....	35
2.2.9. Ensayos de laboratorio	36



2.2.10.	Humedad natural.....	37
2.2.11.	Relaciones fundamentales entre agua y suelo.....	38
2.2.12.	Movimientos del agua en los suelos.....	39
2.2.13.	Movimiento del agua en los suelos.....	40
2.2.14.	Fenómeno de «sifonamiento».....	40
2.2.15.	Procedencia del agua en los suelos.....	40
2.2.16.	Drenaje superficial.....	42
2.2.17.	El Nivel freático.....	44
2.2.18.	Permeabilidad.....	44
2.2.19.	Determinación del coeficiente de permeabilidad.....	46
2.2.20.	Presión intergranular y presión neutra.....	46
2.2.21.	Capilaridad.....	48
2.2.22.	Humedad en el suelo.....	49
2.2.23.	Compresibilidad e hinchamiento de los suelos.....	50
2.3.	Marco conceptual.....	51
2.3.1.	Nivel freático.....	51
2.3.2.	Propiedades de las aguas subterráneas.....	52
2.3.3.	Ascensión capilar.....	52
2.3.4.	Presiones de carga permisible.....	52
2.3.5.	Mecánica de suelos.....	52
2.3.6.	Subrasante.....	53



2.3.7. Pedraplén	53
2.3.8. Humedad natural.....	53
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	55
3.1. Enfoque de la investigación	55
3.2. Método o métodos aplicados en la investigación.....	55
3.3. Tipo de investigación.....	56
3.4. Nivel de investigación.....	56
3.5. Diseño de investigación.....	56
3.6. Población y muestra	56
3.6.1. Población.....	56
3.6.2. Muestra	57
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de información	57
3.7.1. Técnicas de la investigación	57
3.7.2. Instrumentos de la investigación.....	58
3.8. Validez y confiabilidad del instrumento de investigación	59
3.8.1. Validación de los instrumentos	59
3.8.2. Confiabilidad de los instrumentos	59
3.9. Diseño de la estrategia para la prueba de hipótesis	59
CAPÍTULO IV RESULTADOS	60
4.1. Presentación, análisis e interpretación de los datos	60



4.1.1. Propiedades físicas y mecánicas de los suelos plásticos de la subrasante de la av. industrial de la ciudad de Juliaca.	60
4.1.2. Mejoramiento de propiedades mecánicas de los suelos plásticos de la subrasante de la av. industrial de la ciudad de Juliaca, con adición de agregados.	67
4.1.3. Características de las aguas subterráneas en la subrasante de la av. Industrial.....	71
4.1.4. Características del tránsito vehicular proyectada para la av. industrial de la ciudad de Juliaca	80
4.1.5. Diseño de la estructura de un pedraplén para el control de aguas subterráneas en suelos plásticos de la subrasante de la av. industrial de la ciudad de Juliaca.	83
CONCLUSIONES.....	96
RECOMENDACIONES	99
REFERENCIAS.....	101
ANEXOS	104
Anexo 01. Matriz de consistencia	105
Anexo 02. Panel fotográfico	106
Anexo 03. Ensayos de laboratorio	115
Anexo 04. Planos	116



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	22
Tabla 2 Capacidad portante de suelos	32
Tabla 3 Ensayos de materiales de suelos	36
Tabla 4 Resultados del contenido natural de humedad de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial	61
Tabla 5 Resultados del análisis granulométrico de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial	61
Tabla 6 Resultados de los límites de consistencia de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial	62
Tabla 7 Resultados de la clasificación de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial	62
Tabla 8 Resultados de la densidad seca máxima con Proctor modificado de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial	63
Tabla 9 Resultados de la Relación Soporte California (CBR) de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial	64
Tabla 10 Resultados ensayos de laboratorio	64
Tabla 11 Resultados de los límites de consistencia de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial, con adición del 15 % de agregados	67
Tabla 12 Resultados de la densidad seca máxima con Proctor modificado de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial, con adición del 15 % de agregados	68



Tabla 13 Resultados de la Relación Soporte California (CBR) de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial, con adición del 15% de agregados	68
Tabla 14 Resumen de los resultados del mejoramiento de propiedades mecánicas de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial, con procesos de estabilización con adición del 15% agregados	69
Tabla 15 Resultados del contenido natural de humedad de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial	71
Tabla 16 Perfil estratigráfico calicata N°01	72
Tabla 17 Perfil estratigráfico calicata N°02	72
Tabla 18 Perfil estratigráfico calicata N°03	73
Tabla 19 Características del agua subterránea registrado al entorno Av. Industrial de la ciudad de Juliaca.	74
Tabla 20 Estado de los suelos según el Índice de Consistencia	76
Tabla 21 Índice de Compresibilidad de un Suelo	77
Tabla 22 Índice de Liquidez de un Suelo	78
Tabla 23 Resumen de la incidencia de la humedad en suelos plásticos de la subrasante	80
Tabla 24 Consideración de ejes equivalentes	80
Tabla 25 Composición del tráfico	81
Tabla 26 Número de ejes del tráfico	81
Tabla 27 Cálculo del EAL's	82
Tabla 28 Datos de diseño	82



Tabla 29 Requisitos de los materiales 1	87
Tabla 30 Gradación de las muestras de ensayos	87
Tabla 31 Requisitos de los materiales 2	87
Tabla 32 Resumen del ensayo de abrasión los ángeles requisitos de los materiales	87
Tabla 33 Requisitos de los materiales 1	90
Tabla 34 Resumen del ensayo de abrasión los ángeles	91
Tabla 35 Requisitos de los materiales 1	92



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de la posición de aguas subterráneas de la zona de evaluación geotécnica	29
Figura 2 Ideología de las aguas subterráneas de la zona de evaluación geotécnica	30
Figura 3 Análisis granulométrico de piedra chancada 1	89
Figura 4 Análisis granulométrico de piedra chancada 2	91
Figura 5 Resumen del ensayo de abrasión los ángeles	93
Figura 6 Análisis granulométrico de piedra chancada 3	93
Figura 7 Detalles de sección de la estructura diseñada	95



ABREVIATURAS

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

HCM: Highway Capacity Manual – Manual de capacidad vial

ESAL: Equivalente de Cargas por Eje Simple

AASHTO: American Association State Highway and Transportation Officials

ASTM: American Society for Testing and Materials - Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales



RESUMEN

Diseñado para mejorar las condiciones de seguridad y confort del tránsito vehicular, el pavimento es una estructura multicapa colocada sobre la subrasante para resistir y dispersar las fuerzas inducidas por los automóviles; La construcción del pavimento está hecha para poder transferir el peso de los automóviles, particularmente los de gran tamaño; En este caso, la subrasante, es decir, el suelo maleable y expuesto a la humedad subterránea, determina en gran medida las propiedades geométricas de los otros componentes del pavimento; como es el caso de la Av. Industrial; es necesario el estudio de mejoramiento y protección; objetivo tomado en cuenta en el presente estudio; para lo que se ha tomado en cuenta los siguientes componentes; identificar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural, su mejoramiento con adición del 15 % de agregados referidos al peso del suelo y el diseño de una capa de pedraplén para el control de la humedad subterránea generada por el fenómeno de ascensión capilar; objetivos que se han logrado; los suelos naturales son de baja calidad, se ha propuesto la estabilización con adición de agregados que ha mejorado las propiedades mecánicas adecuadamente; finalmente se ha diseñado la capa de pedraplén, cumpliendo las recomendaciones del MTC. Estas acciones fueron específicamente estudiadas y diseñadas; con lo que el pavimento a construirse sobre la subrasante de suelos mejorados, permitirá construir un pavimento de calidad y durable.

Palabras claves. Suelos plásticos, subrasante, pedraplén, ascensión capilar.



ABSTRACT

Designed to improve the safety and comfort conditions of vehicular traffic, the pavement is a multi-layer structure placed on the subgrade to resist and disperse the forces induced by automobiles; The construction of the pavement is made to be able to transfer the weight of cars, particularly large ones; In this case, the subgrade, that is, the malleable soil exposed to underground moisture, largely determines the geometric properties of the other components of the pavement; as is the case of Industrial Avenue; the study of improvement and protection is necessary; objective taken into account in the present study; for which the following components have been taken into account: identify the physical and mechanical properties of the natural soil, its improvement with the addition of 15% of aggregates based on the weight of the soil and the design of a layer of embankment to control the underground humidity generated by the phenomenon of capillary rise; objectives that have been achieved; natural soils are of low quality, stabilization with the addition of aggregates has been proposed, which has adequately improved the mechanical properties; Finally, the causeway layer has been designed, complying with the MTC recommendations. These actions were specifically studied and designed; Therefore, the pavement to be built on the subgrade of improved soils will allow the construction of a quality and durable pavement.

Key Words: Plastic soils, subgrade, pedraplén, capillary rise.



INTRODUCCIÓN

La creación de la tesis tiene como objetivo gestionar la humedad del subsuelo y mejorar las características mecánicas de la pavimentación plástica de la subrasante mediante la construcción de una capa de calzada; metas cumplidas; Para ello, a lo largo del desarrollo del trabajo se han tenido en cuenta los siguientes elementos:

El tema, la justificación, los objetivos y las hipótesis de la estrategia de exploración se presentan en el Capítulo I. El enfoque de la exploración se refiere a la mejora de las características mecánicas de la pavimentación plástica de subrasante y la construcción de una capa de calzada para regular la humedad del subsuelo.

El marco teórico, que incluye los antecedentes, los fundamentos teóricos y el marco conceptual, se proporciona en el Capítulo II. Todos estos componentes están fuertemente ligados a los propósitos que se han establecido.

El nivel explicativo y los aspectos de tipo aplicado del estudio se especifican en el Capítulo III de Métodos metodológicos de la investigación.

Los resultados y análisis en el Capítulo IV incluye respuestas a las metas planteadas.

Por último, se han tenido en cuenta las sugerencias y conclusiones, los anexos y las referencias bibliográficas.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Exposición de la situación problemática

Debido a que los pavimentos en Juliaca suelen tener una vida útil relativamente limitada, existen muchas dudas sobre su durabilidad. Las razones son muchas e incluyen, entre otras, materiales de construcción de baja calidad, métodos de construcción deficientes, suelos plásticos finos en la subrasante y niveles freáticos poco profundos, que en su mayoría no se han abordado en el diseño de pavimentos. La presencia de suelos plásticos finos a nivel de subrasante, combinada con el aumento del volumen de estos suelos debido a la humedad subterránea, es un factor que contribuye al deterioro y asentamientos del pavimento; es decir, cambios sustanciales en el límite plástico y límite líquido, y consecuentemente en el índice de plasticidad, capacidad e índice de contracción, entre otras métricas, perjudican seriamente el comportamiento mecánico de la estructura integral del pavimento; Por el contrario, el fenómeno de ascenso capilar es posible gracias a la poca profundidad de los fluidos subterráneos cuyos suelos corresponden a capas de suelo flexibles, lo que plantea el riesgo de saturar los suelos de subbase y base de los pavimentos y,



por tanto, acelerar su rápida degradación. Para superar este problema, se utilizará una estructura de calzada bien diseñada. Esta estructura cumplirá dos funciones distintas: la primera es mejorar mecánicamente el comportamiento de la subrasante del pavimento y la segunda es regular el ascenso capilar del agua subterránea hacia la estructura artificial. de la acera.

1.2. Formulación del planteamiento del problema

1.2.1. *Pregunta general*

PG. ¿Cuáles son las características a considerar en el mejoramiento mecánico de suelos plásticos de la subrasante y su protección de la humedad subterránea empleando estructuras de pedraplén de pavimentos de la ciudad de Juliaca?

1.2.2. *Preguntas específicas*

PE1. ¿Cómo son las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de la subrasante de pavimentos a construir en la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca, con aplicación de las especificaciones de la norma EG – 2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones?

PE2. ¿Cómo son las propiedades mecánicas de los suelos mejorados de la subrasante, con adición del 15 % de agregados del pavimento de la Av. Industrial a construir en la ciudad de Juliaca, con aplicación de las especificaciones de la norma EG – 2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones?

PE3. ¿Cómo son las características de las aguas subterráneas en la subrasante del pavimento a construir de la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca?

PE4. ¿Cómo son las características del tránsito vehicular pesado proyectado en los pavimentos a construir en la ciudad de Juliaca?

PE5. ¿Cuáles son las características del diseño de la estructura de un pedraplén para el control de la ascensión capilar de las aguas subterráneas en el pavimento de la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca?

1.3. Justificación de la investigación

En la localidad distrital de Juliaca el arte de diseñar y construir pavimentos es intrincado. Uno de los problemas más comunes es la corta durabilidad, que se deriva de dos factores principales: primero, la baja resistencia del nivel de subrasante a suelos finos, que en su mayoría son plásticos y exhiben un comportamiento nocivo en la estructura del pavimento cuando se exponen al agua; en segundo lugar, estos suelos finos y plásticos permiten el fenómeno de ascenso capilar del agua subterránea, lo que aumenta el riesgo de saturar la estructura de base y subbase del pavimento y debilitarla, lo que ocurre cuando los vehículos que pasan comienzan a erosionar la estructura del pavimento. Hay otras soluciones disponibles para gestionar este problema, pero el diseño de construcción de la calzada que ofrece estos dos inconvenientes es el más aconsejable.

Los pavimentos constructivos, presupuestalmente analizando requieren de cantidades significativas, los que dentro de los presupuestos de las municipalidades significa un considerable gasto; por tanto estos pavimentos deben de tener la vida útil necesaria, es decir una durabilidad entre 20 a 30 años, ante la corta durabilidad significa que la inversión realizada no justifica tal gasto, motivo por el que el diseño estructural del pavimento en la ciudad de Juliaca debe considerar los siguientes aspectos: empleo de materiales de construcción de calidad, procesos constructivos



con control de calidad, obras de drenaje correspondientes, de tal manera que al final el servicio del pavimento permita el desarrollo adecuado de actividades económicas, sociales y otros, alcanzando el beneficio, el bienestar general de la población usuaria.

1.4. Objetivos

1.4.1. *Objetivo general*

OG. Establecer el mejoramiento mecánico de suelos plásticos de la subrasante y su protección de la humedad subterránea empleando estructuras de pedraplén de pavimentos de la ciudad de Juliaca.

1.4.2. *Objetivos específicos*

OE1. Identificar las propiedades físicas y mecánicas de suelos de la subrasante de pavimentos a construir en la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca, con aplicación de las especificaciones de la norma EG – 2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

OE2. Identificar las propiedades mecánicas de los suelos mejorados de la subrasante, con adición del 15 % de agregados del pavimento de la Av. Industrial a construir en la ciudad de Juliaca, con aplicación de las especificaciones de la norma EG – 2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

OE3. Identificar las características de las aguas subterráneas en la subrasante del pavimento a construir de la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca.

OE4. Establecer las características del tránsito vehicular pesado proyectado en los pavimentos a construir en la ciudad de Juliaca.



OE5. Diseñar la estructura de un pedraplén para el control de la ascensión capilar de las aguas subterráneas en el pavimento de la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca.

1.5. Importancia y alcance de la investigación

La importancia de la exploración es a que el mejoramiento de suelos plásticos de subrasante es fundamental para garantizar la estabilidad y durabilidad de las carreteras y pavimentos, por lo tanto esta investigación puede proporcionar conocimientos sobre técnicas eficaces para optimizar la capacidad portante del suelo, reducir la deformación e incrementar la resistencia al tráfico, lo que contribuirá a optimizar la infraestructura vial en términos de costos y rendimiento, asimismo la presente investigación debe tener un alcance local, regional, nacional e internacional.

1.6. Limitaciones y delimitaciones de la investigación

La actual exploración se encuentra delimitada por el sector de estudio en este caso comprende la localidad distrital de Juliaca, localidad provincial de San Roman, Region Puno – Perú.

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis general

HG. El mejoramiento mecánico de suelos plásticos de la subrasante se efectuará con la adición de agregados en 15 % referido a su peso y la protección de la humedad subterránea con el diseño de la estructura de un pedraplén.

1.7.2. Hipótesis específicas

HE1. Las propiedades físicas y mecánicas de suelos de la subrasante de pavimentos a construir en la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca, con aplicación de las



especificaciones del manual EG – 2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones; son de baja calidad.

HE2. Las propiedades mecánicas de los suelos mejorados de la subrasante, con adición del 15 % de agregados del pavimento de la Av. Industrial a construir en la ciudad de Juliaca, cumplen con las especificaciones del manual EG – 2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

HE3. Las aguas subterráneas generan el fenómeno de ascensión capilar de las aguas subterráneas hacia la subrasante del pavimento a construir de la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca.

HE4. Las características del tránsito vehicular pesado proyectado en la circulación del pavimento de la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca, será intensa.

HE5. Las características del diseño de la estructura de un pedraplén para el control de la ascensión capilar de las aguas subterráneas en el pavimento de la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca; cumplirán con las especificaciones técnicas del manual EG – 2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

1.8. Variables e indicadores

1.8.1. Conceptualización de variables

Variable Independiente : Características de la subrasante del pavimento

Indicadores :

- Propiedades físicas y mecánicas de suelos de la subrasante.
- Características de las aguas subterráneas en la subrasante.
- Características del tránsito vehicular pesado proyectado.

Variable dependiente : Propiedades mecánicas mejoradas y pedraplén.



Indicadores :

- Propiedades mecánicas de los suelos mejorados de la subrasante, con adición del 15 % de agregados.
- Diseño de la estructura de un pedraplén para el control de la ascensión capilar de las aguas subterráneas.

1.8.2. Operacionalización de las variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Indicadores	Índices
Variable Independiente: (1) Estructura de la subrasante del pavimento	1.1 Características físicas y propiedades mecánicas de suelos plásticos de la subrasante de pavimentos. 1.2 Características del comportamiento de las aguas subterráneas de pavimentos. 1.3 Características del tránsito vehicular.	1.1.1 Contenido natural de humedad, análisis granulométrico, clasificación de suelos, límites de consistencia, densidad seca máxima por compactación y CBR. 1.2.1 Perfil estratigráfico del subrasante del pavimento. 1.2.2 Napa freática y sus variaciones. 1.2.3 Altura de ascensión capilar. 1.3.1 Vehículos ligeros. 1.3.2 Vehículos medianos. 1.3.3 Vehículos pesados.
Variable Dependiente: (2)	2.1 Características geométricas de los componentes estructurales del pedraplén. 2.2 Diseño del pedraplén.	2.1.1 Coronación. 2.1.2 Transición. 2.1.3 Núcleo. 2.1.4 Cimiento. 2.2.1 Especificaciones técnicas.



Estructura del
pedraplen del
pavimento.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1. *A nivel internacional*

Según Hernández, mejía y Zelaya (2016), afirmaron que: El análisis del suelo se realizó de acuerdo con el Manual de Diseño de Pavimentos de Centroamérica (SIECA), que ilustra la relación entre la clasificación del suelo y su valor de soporte CBR de California. Los valores de CBR inferiores a 10 se consideran subrasante de baja calidad. Según esta investigación, no se considera apropiado utilizarlo en su estado natural como capa de subrasante de un pavimento firme. En este caso, agregar cal al suelo nativo resultó en un valor CBR de 1,93. Su capacidad de soporte CBR se incrementó en un esfuerzo por cumplir con las especificaciones mínimas necesarias para usarse como capa de subrasante. Esto se puede lograr agregando 5% de cal en peso al suelo en su forma natural, lo que aumentará el valor de soporte del suelo de 1,93% a 54,00%. demostrando que es posible que el material que contiene 5% de suelo-cal sea componente de la capa de subrasante del pavimento rígido. La consolidación unidimensional muestra que la adición de cal reduce el



hinchamiento del material en un 88% y su indicador de plasticidad del 45% al 0%. Para estabilizar suelos con propiedades comparables, los valores de CBR de la combinación suelo-cal descubiertos en este estudio pueden usarse como parámetro comparativo; La aceptación o no de estos valores dependerá de los requisitos de cada proyecto (p. 135).

2.1.2. A nivel nacional

Según De La Cruz y Salcedo (2016), afirmó que: Con la adición del aditivo Eco Road 2000 se encontraron cambios significativos en la composición física y mecánica del suelo natural. Esto se debe a que la adición hace que el suelo sea más estable al acelerar el proceso de expansión y contracción. Por sus respectivos porcentajes de penalizaciones (71.30%, 73.50%, 74.00%, 81.60%, 74.80%), C-4, C-5, C-7, C-8 y C-10 fueron los boxes que respondieron al aditivo. En conclusión, se puede demostrar que no todos los suelos cohesivos responden de la misma forma a la adición de Eco Road 2000. Un suelo con un mayor contenido de finos respondería mejor al aditivo. Las pruebas demostraron que las dosis de 1 litro/19 m³, con una proporción del 57%, superaron la dosis regular (1 litro por 15 m³) especificada en los requisitos técnicos del aditivo. Siete fosas alcanzaron niveles de CBR superiores al 40%, lo que significa que cumplieron con el material de la subbase, según los resultados de las pruebas de CBR realizadas con el aditivo. Además, se encontró que los valores de CBR de tres pozos de 38,55%, 36,10% y 21,70% estaban de acuerdo con los siguientes criterios: una subrasante con un CBR de >30% es excepcional y una con un CBR de 20% a 30%. % es muy excelente. Los costos de aplicar el aditivo son menores que los de no aplicarlo; para pavimentos flexibles se rebajan S/.58.63 (49.01%), y para pavimentación rígida se rebajan S/.105.59 (57.27%). Usar el aditivo Eco Road 2000 es, en resumen, rentable (a precios de Huancayo) (p. 121).



Según Olarte (2015), el Manual de Carreteras del MTC, la Sección de Suelos y Pavimentos traza un proceso para determinar el espesor de reemplazo en función del valor de soporte del suelo existente. Como regla general, a la capa de subrasante mejorada se le asigna una coeficiencia estructural de $a_4=0,021$. Se creó una serie organizada y sistemática de pasos para validar el procedimiento sugerido en la exploración. Estos pasos tomaron en cuenta técnicas que se enmarcaron en el estado del arte y la práctica en ingeniería de pavimentación, permitiendo el soporte analítico del procedimiento para el dimensionamiento de espesores de subrasante mejorados en pavimentación flexible. Si bien hay muchas ecuaciones en la literatura vial que vinculan el CBR con el Módulo Resiliente, es importante tener en cuenta que todas las ecuaciones de vinculación son empíricas, lo cual significa que sólo son 100% válidas en su contexto original y se vuelven poco confiables cuando se aplican a circunstancias "similares". Se utilizaron el Método Hogg y AASHTO 1993 como metodologías de retrocálculo para determinar el Módulo Resiliente del Suelo de Cimentación, el Módulo Resiliente de la Capa de Mejora y el Módulo Resiliente Equivalente de la Subrasante. Por el momento, estos métodos funcionan bien con hojas de cálculo de Excel y no necesitan ningún software adicional. En comparación con el proceso del Manual de Carreteras del MTC, la técnica calibrada analíticamente de esta tesis considera una mayor cantidad de factores de diseño. Se basa en resultados de laboratorio y, lo más importante, en ensayos in situ realizados sobre el pavimento con equipos de última generación, que captan el comportamiento y reacción real de los componentes estructurales. Se demostró que incluso pequeños cambios en los datos de entrada (el CBR existente y el CBR adyacente a la zona de reemplazo) pueden tener un impacto en el hallazgo del procedimiento de acuerdo con los consejos del Manual de Carreteras del MTC. Por ejemplo, los espesores de



reemplazo fluctúan en más de 20 centímetros cuando ocurre una fluctuación del 4 al 6% en el CBR del suelo actual utilizado durante la fase de diseño del MTC; esta discrepancia no se toma en consideración en la sugerencia del MTC. Manualmente. En conclusión, los espesores de reemplazo son los recomendados por el Manual de Carreteras del MTC en función del tránsito (ESAL) y el CBR del material a reemplazar. Pero estos espesores de diseño no son los mismos que el espesor producido utilizando el enfoque numérico (p. 115).

2.1.3. A nivel regional o local

En conformidad con Quispe (2016), declararon que: Las rocas andesíticas basálticas del grupo Tacaza, que cumplen con los estándares mínimos exigidos por las Especificaciones Técnicas, son la roca de cantera utilizada para desarrollar el suelo de cimentación. AASHTO, MTC y ASTM. Con los hallazgos posteriores, Hollywood Abrasion.22,01%. En la cantera de roca se utilizan rocas volcánicas andesíticas basálticas fragmentarias que satisfacen los estándares mínimos especificados en las Especificaciones Técnicas para realizar el terraplén. ASTM, AASHTO y MTC, arrojando los siguientes hallazgos: Erosión en Los Ángeles. Prueba de durabilidad: 27,05%. 16,27%. Las rocas sedimentarias del grupo Puno que se encuentran en la cantera de Jallihuaya son redondeadas en piezas subredondeadas que serán sacudidas para producir la estructura de base granular y sub-base. La sub-base granular se construirá combinando materiales de suelo de la cantera aglutinante de Jallihuaya (40%) y de la cantera de concreto del río Cutimbo (60%) en las proporciones que establece el laboratorio de suelos, de acuerdo con las normas técnicas AASHTO, MTC y ASTM. Un 19,25% para limitación líquida, 2,83% para indicador plástico, 28,50% para abrasión, 42,5% para arena equivalente, 64% para CBR y 4,32% para pisos extendidos. Las proporciones de los tres ingredientes del



suelo se mezclarán de acuerdo con los resultados del laboratorio para construir la estructura de la base granular; el diseño debe cumplir con los requisitos técnicos más recientes. Según hallazgos de ASTM, MTC y AASHTO, los materiales que se escogieron provinieron de la cantera de Jallihuaya (20%), la cantera del río Cutimbo (60%) y la piedra triturada (20%). 18,85% limitación líquida, N.P. indicador plástico, 24.74% abrasión, 59.70% arena equivalente, 92% CBR, 84.56 caras fracturadas de uno, y 68.72% caras fracturadas de dos planos extendidos en un 4.32%. La mezcla de áridos gruesos y finos para la estructura de la capa asfáltica se realizará de acuerdo con los criterios técnicos más recientes. Los materiales elegidos son ASTM, MTC y AASHTO. El 34% de la mezcla es agregado grueso, el 35% es arena triturada, el 29% es arena natural, el 2% es cal hidratada (Filer) y cemento asfáltico 120/150 es la cantidad ideal (p. 133).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Nivel freático

El agua subterránea está incluida en el programa de evaluación geotécnica. El nivel freático también se conoce con los términos nivel freático, nivel freático y nivel freático. En la región de investigación, el agua subterránea se define como la que se encuentra bajo la superficie de la tierra, en los poros del suelo o en las fisuras de las rocas. El agua normalmente sólo llega hasta cierto punto. La parte superior de la zona saturada se conoce como nivel freático; sólo una fina capa de agua cubre las partículas del suelo porque el aire llena los poros. El nivel freático en la zona de evaluación está aproximadamente entre 0,40 y 0,50 metros por debajo del nivel de la pista. Para evitar inundaciones, que dificultarían o imposibilitarían la construcción y requerirían impermeabilización del componente subterráneo, el nivel de subrasante

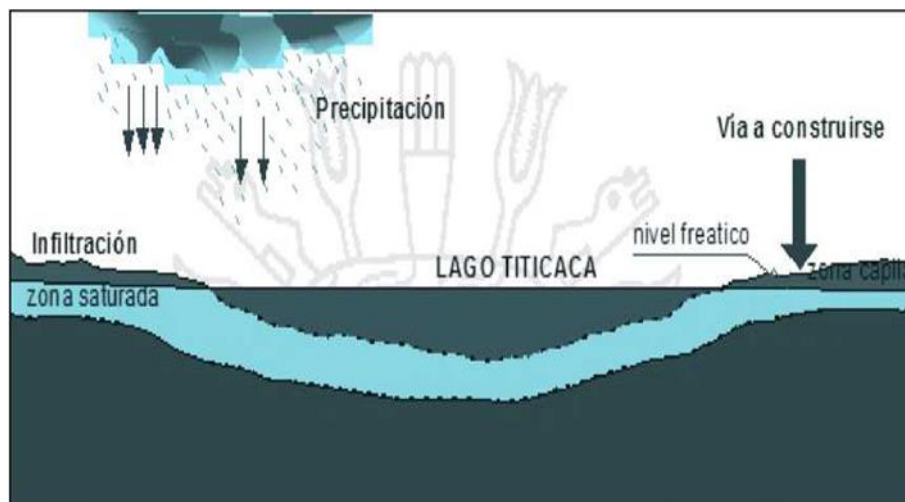
debe mantenerse lo más alto posible por encima del nivel freático. Por otro lado, si la construcción del pavimento es inadecuada, la depresión podría causar daños a la estructura debajo del nivel freático y provocar el colapso. (Crespo 1999, p. 124).

2.2.2. *Dinámica de las aguas subterráneas*

El nivel freático intenta, aunque con mucha menos fuerza, seguir la forma del relieve en lugar de ser una superficie plana u horizontal. Debido a esto, el agua subterránea en el área de estudio a menudo se mueve por debajo del nivel freático y se mueve constantemente hacia las regiones más bajas de la microcuenca del lago Titicaca. Debido a que las aguas subterráneas de la región de evaluación están ubicadas en una topografía casi nivelada dentro de la microcuenca o geoforma, no hay movimiento horizontal en su dinámica. (Crespo 1999, p. 126).

Figura 1

Esquema de la posición de aguas subterráneas de la zona de evaluación geotécnica



Nota. (Crespo 1999, p. 127)

2.2.3. Propiedades de las aguas subterráneas

El agua subterránea suele mantener una temperatura constante, a excepción de la evaporación, los intercambios térmicos con el aire circundante y la superficie, la radiación solar, etc. A una profundidad de 0,50 metros bajo la superficie, la temperatura promedio del agua subterránea encontrada a lo largo de la evaluación es de alrededor de -2 °C. (Crespo 1999, p. 127).

2.2.4. Ascensión capilar

En conjunto, los vacíos continuos en el suelo podrían tener las características de tubos capilares con varias secciones transversales. Los espacios continuos del suelo que se comunican entre sí en todas direcciones crean una red de vacíos. (Crespo 1999, p. 129).

Figura 2

Ideología de las aguas subterráneas de la zona de evaluación geotécnica



Nota (Crespo 1999, p. 129).



2.2.5. Presiones de carga permisible

Para identificar posibles deformaciones y riesgos de falla, así como la cimentación más adecuada al terreno, el conocimiento geotécnico del terreno de cimentación es imprescindible para llevar a cabo la construcción de carreteras. Si bien los especialistas en mecánica de suelos son los más adecuados para investigar deformaciones y riesgos de fallas, los geólogos desempeñan un papel más crucial que cualquier otro grupo profesional porque poseen el conocimiento más profundo del proceso de formación y el desarrollo histórico del terreno de cimentación. Tu punto de vista es muy valioso. La porción de la subrasante que sostiene la estructura de la carretera se considera la conexión o transición entre la estructura subyacente y/o la tierra. Las características del diseño dependen de la construcción prevista, los atributos materiales del sitio e incluso consideraciones financieras. (Lambe y Whitman 1989, p. 147).

1. Capacidad portante: es la cantidad de presión que se puede aplicar a la tierra sin riesgo.

2. Capacidad de carga: la cantidad más alta que la construcción de la vía estaba destinada a soportar.

3. Carga admisible: la cantidad de carga en una porción crucial de una parte estructural que causa la cantidad máxima de fatiga permitida.

4. Presión admisible del terreno: es la presión más alta que un terreno puede aceptar sin dejar de brindar la seguridad requerida para evitar que la masa del terreno se rompa. Se calcula multiplicando la carga de rotura de la tierra por un coeficiente de seguridad exigido por los códigos de construcción. Para determinar este parámetro se utiliza el ensayo estandarizado equivalente MTC-E-132 (ASTM D-1883), que



comprende un método de hinchamiento y penetración de juntas. Para cada tipo de terreno o suelo se ha elaborado una tabla de resistencias que el constructor puede utilizar como referencia. (Lambe y Whitman 1989, p. 148).

Tabla 2

Capacidad portante de suelos

Tipo de suelo	Capacidad portante (kg/cm ²)
Roca dura	20 - 50
Roca blanda	7 - 25
Gravilla	5 - 7
Avena de cantos vivos	4 - 5
Arena fina	2 - 3
Arena movediza	0 - 3
Limo	2 - 3
Arcilla húmeda	0.5 - 1
Húmeda	3 - 3 0
Fango	

Nota. (Terzaghi, 1959).

2.2.6. Mecánica de suelos

Investigar varios métodos que puedan ayudarnos a comprender el suelo en los diferentes terrenos donde se construirán diferentes tipos de estructuras es el objetivo de la disciplina de ingeniería de la mecánica de suelos. Cuando se trata de obras hidráulicas, rellenos de caminos, canales de riego y otros proyectos de construcción, al ingeniero le interesa determinar y evaluar si es práctico utilizar tierra como material de construcción. Se deben recolectar y analizar muestras de suelo representativas en un laboratorio, ya que el muestreo y las pruebas siempre deben realizarse en muestras de poblaciones pequeñas. Luego se debe estimar la viabilidad técnica de



los resultados mediante una técnica estadística. La ejecución de excelentes proyectos, el suministro de documentación técnicamente sólida para los trabajos de análisis y la formulación de recomendaciones para los diferentes tipos de suelo presentes en cada proyecto a finalizar son los objetivos del trabajo de mecánica de suelos. Mantener el control de calidad durante todo el período de construcción del proyecto. (Juárez 1996, p. 60).

2.2.6.1. Subrasante

El nivel que ha sido perfilado, nivelado y compactado para producir la estructura del pavimento se conoce como subrasante o tierra de cimentación. Ofrece asistencia a las distintas capas del pavimento. Por el contrario, el concepto de capacidad portante a nivel de subrasante, o simplemente capacidad portante de subrasante, se relaciona con la evaluación estructural y, en consecuencia, con el cálculo de la respuesta mecánica del subsuelo hasta la profundidad en la que pueden ocurrir deformaciones significativas. El comportamiento de la subrasante está influenciado por la densidad y la humedad, las cuales están relacionadas con los factores ambientales del sitio. En suelos con poca capacidad de carga, los valores del módulo elástico son realmente bastante bajos cuando los niveles de humedad se acercan al estado saturado y los valores de densidad de campo están sustancialmente por debajo de la densidad de compactación. Por lo tanto, no se recomienda considerar una subrasante con capacidad de carga insuficiente hasta que se haya completado una técnica de estabilización en toda la profundidad de la subrasante o a menos que se haya incluido un elemento de refuerzo. (Juárez 1996, p. 63).



2.2.6.2. Rasante

La capa superior del pavimento, conocida como superficie de rodadura, está formada por una mezcla de cemento asfáltico que está estrechamente combinada con partículas finas y gruesas. Sus funciones incluyen evitar que el agua entre dentro de las cargas del pavimento, absorber los esfuerzos cortantes de las cargas del tráfico, resistir el desgaste de los cojinetes y proporcionar una superficie agradable y antideslizante para el tráfico. (Juárez 1996, p. 63).

2.2.6.3. Terraplén

Esta parte de la nivelación, que está situada en la topografía original, analiza cómo se ve afectado el módulo elástico compuesto (suelo de cimentación + terraplén) cuando hay un terraplén granular en la subrasante. En primer lugar, se proporciona un estudio teórico utilizando modelos multicapa que toman en cuenta diversas calidades y alturas de terraplenes, capacidades de soporte de subrasante y variantes de construcción del pavimento asfáltico. Este proceso implica conformar y compactar las capas de relleno (base, cuerpo y corona) hasta su finalización, así como escarificar, nivelar y compactar el terreno de cimentación utilizando los materiales de cantera adecuados. (Juárez 1996, p. 64).

2.2.6.4. Pedraplén

Uno de los elementos constructivos es la calzada, que está formada por elementos de piedra procedentes de excavaciones en la roca que han sido ampliadas y compactadas. La construcción utiliza rellenos, ya sean altos o propensos a inundaciones. Normalmente, la calzada está formada por enormes fragmentos de granito que miden entre 100 y 900 milímetros. El despeje, limpieza y excavación de la capa vegetal y de cualquier material inadecuado deberá realizarse cumpliendo con



las normas de construcción antes de continuar con la colocación y compactación de los materiales del terraplén. En situaciones en las que sea necesario construir calzadas directamente sobre suelos inestables que incluyan turba o arcillas blandas, será necesario retirar estos materiales o garantizar su total consolidación antes de decidir la construcción de la carretera. (Juárez 1996, p. 67).

2.2.7. Tipos de cimentaciones para pavimentos

Las deformaciones, principalmente los asentamientos, son inevitables cuando una estructura se carga en la tierra a través de los cimientos. Por tanto, el arte de la cimentación consiste en establecer las condiciones de apoyo más ventajosas para que los asentamientos no produzcan daños, teniendo en cuenta las características de la estructura y del terreno. Los cimientos de estructuras de pavimento a menudo se diseñan para cumplir con ciertas especificaciones de resistencia y capacidad de servicio. De acuerdo con los requisitos del servicio, la cimentación debe funcionar exitosamente para cumplir con los objetivos de diseño incluso cuando esté sujeta a cargas operativas regulares del equipo o estructura que soporta. A menudo se utilizan restricciones de asentamiento u otras restricciones de movimiento para caracterizar los límites del servicio. (Rico y castillo 2006, p. 138).

2.2.8. Caracterización geotécnica

El informe geotécnico, que comprende una serie de investigaciones del terreno y el análisis de los datos recopilados, permite caracterizar los distintos tipos de suelo presentes en el lugar de estudio. Debe incluir todos los detalles necesarios para que el proyecto se construya correctamente. Se crea de acuerdo con pruebas de campo y laboratorio adecuadas al tipo de proyecto para el que se requiere. (Rico y castillo 2006, p. 138).

2.2.9. Ensayos de laboratorio

Como parte del estudio, los materiales del suelo se prueban en el laboratorio y cómo interactúan con las estructuras bajo fuerzas estáticas y dinámicas. Las pruebas se realizan según el MTC y las Normas (ASTM). Las pruebas más populares incluyen: (Bowles 1982, p. 129).

Tabla 3

Ensayos de materiales de suelos

Norma	Estándares de suelo
ASTM D-2216	Contenido de humedad
NTP 339.139	Peso volumétrico de suelos cohesivos
ASTM D-854	Gravedad específica de sólidos
ASTM D-422	Análisis granulométrico por tamizado
ASTM D-4318	Límite plástico
ASTM D-427	Límite líquido
ASTM D-2487	Clasificación SUCS
AASHTO M-145	Clasificación AASHTO
ASTM D-1557	Próctor modificado
ASTM D-140	Material más fino que la malla nro. 200
ASTM D-1883	C.B.R.

Norma	Especialidad para cimentaciones
Norma	Pruebas "in situ"
ASTM D-1556	Densidad mediante el cono y la arena (cono 6")
ASTM D-1586	Ensayo de penetración estándar

Norma	Ensayos de calidad de agregados
ASTM C-136	Análisis granulométrico por tamizado
ASTM C-117	



ASTM C-131	Material que pasa la malla nro. 200
ASTM C-535	Abrasión por medio de la máquina de los Ángeles (<
ASTM C-88	1/2")
ASTM C-88	Abrasión en roca
ASTM D-2419	
ASTM C-127	Durabilidad con sulfato de sodio agregado grueso
ASTM C-128	Durabilidad con sulfato de sodio agregado fino
ASTM C-29	Equivalente de arena
ASTM C-29	Gravedad específica y absorción del agregado grueso
ASTM C-142	Gravedad específica y absorción del agregado fino
MTC E-210	Peso unitario del agregado grueso (suelto y varillado)
	Peso unitario del agregado fino (suelto y varillado)
	Ensayo de caras fracturadas
	Ensayo de partículas chatas y alargadas

Nota. (MTC. 2000)

2.2.10. Humedad natural

La humedad, a menudo llamada contenido de humedad, se calcula como porcentaje dividiendo el peso del agua en un cierto volumen de suelo por el peso de las partículas sólidas. Encuentre la masa de la tapa, si la hubiera, y un recipiente limpio y seco. Si la tapa es adecuada, ciérrela firmemente una vez que la muestra de prueba húmeda se haya colocado dentro del recipiente. Determine el peso del material húmedo y del recipiente utilizando una balanza electrónica. Si la tapa está sobre el recipiente, retírela y colóquela en el horno con el elemento húmedo adentro. El material debe secarse hasta que alcance un volumen consistente. Continúe secando durante un día completo a 110 ± 5 °C en el horno, a menos que se indique lo contrario. (MTC 2000, p. 249).



2.2.11. *Relaciones fundamentales entre agua y suelo*

Como hemos visto antes, el suelo no es un material único y sólido; más bien, está compuesto por una variedad de partículas que trabajan juntas para formar espacios intersticiales, que están esencialmente ocupados por aire, vapor de agua o ambos. Así, existen tres técnicas habituales para ahorrar agua en los suelos, razón por la cual normalmente analizamos tres formas diferentes de agua confinada: sólida, viscosa y libre. Las partículas que constituyen el suelo adquieren una carga eléctrica, que es negativa cerca de la superficie. Las moléculas de agua en el espacio intersticial también están cargadas. Es de conocimiento común que la ecuación química del agua se puede escribir de la siguiente manera: $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$. En consecuencia, existe una atracción entre los protones H^+ y los granos del suelo (-). Debido a su fuerte atracción entre sí, las moléculas de agua ionizada se agrupan alrededor de los granos del suelo y cubren gradualmente los granos elementales del suelo. El espesor del agua de alrededor de 50 Angstroms se establece de forma segura debido a los fuertes enlaces que comparten tanto los granos como el agua. Se la conoce como agua sólida por la firmeza con la que está fijada. Por otro lado, el agua que está demasiado lejos de los granos del suelo para ser atraída hacia ellos se denomina agua libre y puede fluir libremente a través de los espacios intersticiales. Aproximadamente 1.000 Å es la distancia entre él y la superficie del grano. (Quispe 2008, p. 133).

El agua viscosa es el agua intermedia que, según la distancia a los granos, está más o menos libre. Se sitúa entre 50 y 1.000 Å de la superficie del grano, es decir, entre agua libre y agua sólida. El agua sólida también se conoce como agua adsorbida. Se puede medir el poder de adsorción de los granos del suelo; esto depende principalmente del grosor de los granos. Estos granos tienen una mayor capacidad de adsorción y retendrán mejor el agua si son más finos. Por ejemplo, las



arenas de grano típicas con tamaños de partículas relativamente altos tienen muy poca capacidad de adsorción. Por otro lado, las arcillas con granos muy pequeños (menos de unas pocas micras, o $1 \mu = 10^{-3} \text{ mm}$) tienen una gran capacidad para retener agua. Los suelos arcillosos son, por tanto, especialmente sensibles al agua, que, una vez que se deposita en ellos, hace que el suelo se deslice más fácilmente y, en ocasiones, provoca que se hinche considerablemente. (Quispe 2008, p. 134).

2.2.12. Movimientos del agua en los suelos

El agua que fluye sobre una pequeña área de un mismo terreno debe distinguirse del agua que fluye a través de una vasta área del mismo. Aunque estos dos tipos de flujo están conectados entre sí, el primero está asociado principalmente con la mecánica del suelo y el segundo con la geología. Una parte del agua precipitada que cae durante un chaparrón corre por la superficie y por la mayor pendiente del terreno. Anteriormente hemos discutido el poder erosionante de esta agua. La lluvia restante se filtra en el suelo más poroso y continúa hasta alcanzar una capa impermeable que la bloquea. Luego avanza suavemente a través de los suelos permeables, siguiendo la pendiente de la capa impermeable. La formación del nivel freático, un estrato en movimiento. (Quispe 2008, p. 134).

La parte superior de la capa es, por definición, la altura a la que el nivel freático alcanza la presión atmosférica; también es el nivel en el que el agua de la capa se estabilizará en un pozo perforado a través de la topografía. Así, podemos ver que la permeabilidad de ciertos estratos del suelo contribuye al flujo del agua en las capas freáticas. Porque a la capilaridad de la tierra hay un tipo adicional de circulación. Veremos estos dos tipos de movimiento uno tras otro. (Quispe 2008, p. 135).



2.2.13. *Movimiento del agua en los suelos*

El tema teórico del transporte de agua en los suelos es muy difícil y requiere una sólida comprensión de las matemáticas. Aquí, limitaremos nuestra discusión a brindar una descripción general de una técnica gráfica popular usando un ejemplo simple. (Quispe 2008, p. 136).

2.2.14. *Fenómeno de «sifonamiento»*

Es razonable creer que las fuerzas producidas por el movimiento del agua, consecuencia de la carga hidráulica, se contrarrestan si el suelo permanece estable después de haber sido expuesto a la filtración de agua y es capaz de soportar una determinada carga hidráulica. por las presiones resultantes de la unión interna de los granos del suelo. El suelo es arrastrado agresivamente cuando la fuerza de arrastre del agua supera las fuerzas de unión del suelo. Se produce un agujero o un sifón, fenómeno especialmente peligroso en la construcción de ataguías, canales, presas, etc. Sólo queríamos llamar la atención del lector sobre la existencia y el significado práctico de las situaciones de sifón; No entraremos aquí en sus fundamentos teóricos. (Quispe 2008, p. 136).

2.2.15. *Procedencia del agua en los suelos*

El agua subterránea es uno de los recursos naturales más importantes que se encuentran bajo la superficie de la tierra. Alrededor del treinta por ciento del agua que los humanos utilizan a diario proviene de aguas subterráneas; el agua restante proviene de aguas superficiales que se encuentran en ríos y lagos. Los ingenieros geotécnicos tienen en cuenta el agua subterránea al abordar problemas de drenaje, excavación, cimientos, suministro de agua y gestión del movimiento de tierras. Debido a que el agua subterránea es un componente crucial de muchos proyectos de



ingeniería, los ingenieros deben conocer bien sus reglas de flujo y modos de ocurrencia. Debido a que el agua subterránea proviene de una variedad de fuentes, sus contaminantes pueden revelar algo sobre su pasado, presente o ambos. Una parte del agua subterránea proviene directamente de la actividad magmática o volcánica que se produce cuando la roca se enfría. Como acaba de empezar a fluir libremente, a esta agua se la suele denominar agua magmática o agua joven. El agua puede permanecer atrapada en grietas sedimentarias hasta que se elimine inadvertida o intencionalmente. Estas grietas se llenan luego con estratos cada vez más impermeables. Dado que una gran parte de los sedimentos fueron depositados bajo agua salada, esta agua se conoce como agua connata o fósil y suele ser salada. (Quispe 2008, pg. 138).

La porción de precipitación conocida como agua meteórica que penetra en la tierra es la fuente más importante de agua subterránea. Las corrientes de viento absorben agua, la transportan a la atmósfera por evaporación y la dispersan ampliamente. Esta agua regresa a la superficie de la Tierra a través de la condensación y se manifiesta en forma de lluvia, nieve, aguanieve, granizo, escarcha y rocío. Esta es la división de la porción que pertenece a las áreas terrestres:

- Aproximadamente el 70% se reevapora a la atmósfera.
- Una parte es utilizada por la vida vegetal y animal, mientras que el resto desemboca en ríos y arroyos y, finalmente, en lagos u océanos.
- Una porción se filtra en la tierra y se convierte en agua subterránea (quizás menos del 20% de la condensación superficial). (Quispe 2008, p. 139)

La cantidad de agua subsuperficial obtenida depende de:



1. Gradiente en la superficie. Tanto la cantidad como el porcentaje de escorrentía superficial se ven favorecidos por pendientes pronunciadas.

2. Vegetación. El follaje espeso puede absorber volúmenes importantes de humedad incluso antes de tocar el suelo.

3. Condiciones climáticas. La cantidad de precipitación y la temperatura diaria tienen un impacto en la tasa de evaporación.

4. Porosidad y permeabilidad del subsuelo. Esto se refiere a la proporción de huecos o poros y a la capacidad de movimiento de agua de la masa del suelo. (Quispe 2008, p. 140)

Las fuerzas de tensión superficial en las capas superiores del suelo tienen la capacidad de retener parcialmente el agua que ingresa al subsuelo, lo que permite que se evapore más tarde o que sea utilizada por la vida vegetal. La zona de saturación, que se sitúa por debajo de esta zona y varía en profundidad según la estratigrafía, es donde todos los espacios y fisuras se encuentran totalmente llenos de agua. La zona de saturación consta de una zona inferior donde el agua puede fluir libremente bajo el efecto de la gravedad y una zona más profunda donde el agua se mantiene en su lugar por la tensión superficial, también conocida como zona capilar. Estas dos zonas están delimitadas y el nivel freático está definido por la línea freática. (Quispe 2008, p. 140).

2.2.16. Drenaje superficial

Se ha subrayado la importancia de las técnicas destinadas a recoger, dirigir y eliminar el agua que puede poner en peligro una carretera o una pista de aterrizaje en un aeropuerto. El agua representa un peligro para estos edificios de varias maneras. Puede penetrar o fluir sobre la superficie del terreno debido a las



precipitaciones. Las aguas superficiales erosionan cortes, terraplenes y bajos topográficos; allí se almacenan porque el borde de tierra es un obstáculo, a menos que se construya una alcantarilla a través de la estructura en el momento adecuado para retirarlos; Cuando se almacenan, se filtran a través del borde y provocan saturación, lo que debilita la capacidad del material para resistir el esfuerzo cortante y favorece el asentamiento. Las fuerzas de filtración ponen en peligro la estabilidad del material y aumentan el riesgo de tuberías. La infiltración de aguas en el terreno suele producirse en las coronaciones de las calzadas o en los cortes creados para albergarlas, poniendo en peligro tanto los pavimentos que recubren las vías como su estabilidad. (Quispe 2008, p. 141).

Los problemas relacionados con el drenaje superficial o subterráneo, o subdrenaje, son los más importantes a la hora de construir carreteras y aeropuertos. Estos problemas pueden tener un mayor impacto en la duración y el funcionamiento adecuado de estos edificios que cualquier otro factor, así como en el costo de preservarlos. Para numerosos ingenieros con experiencia en la construcción de carreteras, las medidas de drenaje y subdrenaje son el capítulo más importante a la hora de diseñar y construir carreteras terrestres. Probablemente también sea el caso de los autores de este trabajo, ya que un aeropuerto o una carretera con mal drenaje está condenado a una rápida destrucción por mucho cuidado que se traten otros aspectos de su diseño y construcción, especialmente si la acción del agua no es demasiado fuerte. Sin embargo, esto no tiene en cuenta otros factores como el volumen de tráfico o aquellos que, por el contrario, en ocasiones aminoran los efectos de fallas en otras áreas de la construcción, como el buen comportamiento de los terraplenes. (Quispe 2008, p. 141).



2.2.17. El Nivel freático

Una de las áreas más importantes de la investigación en mecánica de suelos es la de los efectos del agua sobre las propiedades físicas del suelo. Los experimentos de límites de Atterberg demuestran cómo el contenido de agua del suelo puede cambiar de sólido a fluido viscoso. Las observaciones individuales del suelo húmedo y seco a lo largo de las carreteras, dentro y alrededor de las excavaciones y en otros lugares revelan una gran variación en sus diversas condiciones. Los suelos cohesivos tienden a ser extremadamente blandos, flexibles y a expandirse cuando están mojados. Además, tienden a comprimirse cuando se secan y son muy rígidos y quebradizos. Dependiendo de la concentración de humedad, los suelos no cohesivos pueden tener una textura quebradiza o moldeable. Como fuentes de suministro de agua, los pozos y el flujo de agua a través de los suelos están íntimamente relacionados. El drenaje inadecuado en las carreteras provoca problemas con el flujo de agua. Un problema de flujo que depende de la acción capilar es la actividad del hielo molido. Por último, la ubicación geométrica del agua subterránea se conoce como napa freática. (Quispe 2008, p. 142).

2.2.18. Permeabilidad

Permeabilidad es el término técnico para la facilidad de paso de un fluido a través de cualquier material poroso. El agua es el fluido en las dificultades de la ingeniería geotécnica, mientras que la masa del suelo es el medio poroso. Cualquier sustancia que tenga huecos es porosa y posee permeabilidad si los huecos están unidos. Como resultado, muchos materiales, incluidos el suelo, las rocas y el hormigón, son permeables y porosos. En comparación con materiales como la roca y el hormigón, los suelos incluso más densos son más permeables porque los materiales con poros más anchos suelen tener mayores proporciones de vacíos.



Debido a sus diminutos diámetros de poro, los depósitos naturales de materiales como arcillas y limos tienen valores altos de porosidad (o proporción de huecos), pero también pueden tener otros factores que los hacen prácticamente impermeables. Los términos porosidad (n) y relación de huecos (e) denotan los poros dentro de una masa de suelo. La permeabilidad de una masa de suelo es esencial para:

- La evaluación del volumen de agua que ingresa a los pozos de agua a través o debajo de presas y diques.
- Evaluación de fuerzas de filtración o subpresión bajo estructuras hidráulicas para realizar un estudio de estabilidad.
- La capacidad de regular las tasas de filtración de manera que no se pierdan las partículas de grano fino de la masa del suelo.
- La velocidad a la que el volumen del suelo cambia hasta el punto en que el agua es expulsada proporcionalmente de los poros del suelo bajo un gradiente de energía se conoce como sedimentación (consolidación). (Quispe 2008, p. 144).

Primero crearemos la ecuación básica para el flujo laminar a través de un tubo capilar para comprender el movimiento del agua a través de una masa de suelo. Debido a los efectos de fricción y viscosidad, la velocidad del flujo laminar varía a lo largo del diámetro del tubo, alcanzando un valor máximo en el centro. A través de la separación de variables, la combinación de términos, la definición del gradiente hidráulico ($i =$) y la integración. (Quispe 2008, p. 144).

$$v_r = -\frac{\gamma_w}{4\eta} r^2 i + C$$

Darcy (1856) afirmó que el flujo de agua a través de un suelo se puede definir de la siguiente manera, teniendo en cuenta el flujo a través de filtros de arena en

Francia: donde $i = h/L$ = la pérdida de carga a lo largo de una longitud de filtro L (a menudo denominada como el gradiente hidráulico). (Quispe 2008, p. 144).

k = coeficiencia de permeabilidad con unidades de velocidad

Es evidente que la regla de Darcy describe estadísticamente las condiciones normales de flujo en un material poroso. Más adelante, como veremos, esta ecuación —considerada una de las más significativas en mecánica de suelos, suele aceptarse como cierta para el flujo laminar, aunque puede aplicarse a cualquier flujo. (Quispe 2008, p. 145).

2.2.19. Determinación del coeficiente de permeabilidad

Hay varios métodos disponibles para determinar el coeficiente de permeabilidad. Se puede utilizar en el laboratorio una prueba de permeabilidad con carga o altura constante o una prueba de carga cambiante para proporcionar un número aproximado. Para pruebas que duran mucho tiempo, la prueba de carga variable es más rentable, mientras que la prueba de carga constante se recomienda para suelos con altas proporciones de vacíos, como arena y grava, donde se desea utilizar mucho flujo para aumentar la precisión de los cálculos. (Quispe 2008, p. 146).

$$Q = Avt = Akit$$

y reordenando para k como la única incógnita, obtenemos

$$k = QL/Aht \text{ cm/s}$$

2.2.20. Presión intergranular y presión neutra

Un aumento en la presión de los poros ocurre inmediatamente cuando se aplica una tensión externa a una masa de suelo cuyos poros están saturados con agua. los huecos circundantes, lo que hace que la presión de los poros disminuya y



la tensión aplicada se transmita a la estructura granular del suelo. Los dos componentes de tensión interna igualarán rápidamente la tensión general aplicada después de la aplicación. (Quispe 2008, p. 147).

1. Presión de poro (u). Esta es la presión creada dentro del líquido que llena los poros, que puede ser agua o vapor y agua. El fluido en los poros no proporciona efectivamente la resistencia al corte, ya que puede transferir tensiones normales, pero no cargas de corte. Debido a esto, la presión de poros a veces se denomina presión neutra. (Quispe 2008, p. 147).

2. Esfuerzo efectivo (σ). Ésta es la tensión que se transfiere a través de las conexiones intergranulares en la estructura sólida del suelo. Debido a que la tensión cortante y la tensión normal se transfieren a través de interacciones grano a grano, este componente de tensión es útil para regular tanto la resistencia al corte del suelo como la deformación causada por cambios de volumen. Terzaghi (1943), ha demostrado que la tensión efectiva para un suelo saturado puede definirse cuantitativamente como la diferencia entre la presión de poro y la tensión total:

$$\sigma' = \sigma - u$$

Sin embargo, cabe destacar que la tensión intergranular promedio en una región nivelada dentro de la masa del suelo, en lugar de la tensión de contacto real de grano a grano, es la tensión efectiva. Por otro lado, la validación experimental ha demostrado que la expresión proporciona buena confiabilidad cuando los granos son razonablemente imperceptibles y el área de contacto integral es pequeña. Los errores son inevitables cuando se trabaja con rocas debido a su sólida estructura, pero no son particularmente grandes cuando se trabaja con tierra. (Quispe 2008, p. 148).



2.2.21. *Capilaridad*

En toda sustancia existen fuerzas intermoleculares. Adhesión y cohesión son términos que pueden usarse para describir la atracción entre moléculas de diversos materiales, como vidrio y agua, respectivamente. Si las fuerzas de adhesión entre un líquido y cualquier otra sustancia son mayores que las fuerzas de atracción intermoleculares del líquido, la superficie del otro material quedará "mojada" por el líquido. El mercurio, por ejemplo, tiene una alta cohesividad, lo que significa que sólo humedecerá una gama reducida de materiales. Por el contrario, el agua tiene poca cohesión interna y saturará casi cualquier cosa con la que entre en contacto. Se pueden utilizar agentes humectantes para aumentar la adhesión entre líquidos y sólidos. Debido a las fuerzas inherentes de atracción entre moléculas, cualquier volumen dado de líquido se comportará como si la superficie fuera una membrana tensa. Este fenómeno se conoce como tensión superficial. Esta propiedad de los líquidos reduce la tensión superficial y aumenta la adhesión del material a la superficie extraña, lo que ayuda a explicar por qué las gotas de mercurio en el tubo de vidrio se parecen casi exactamente a esferas y las gotas de agua en el polvo aceitoso tienen formas esféricas (o lo mojan). (Quispe 2008, p. 149).

Como la tensión superficial es una propiedad de los líquidos y se basa en la atracción intermolecular, depende de la temperatura. Un material se considera líquido por debajo de un determinado umbral de temperatura (1000 C en el caso del agua) y gas por encima de ese umbral. Un pequeño tubo de vidrio sumergido en agua se eleva por encima del nivel estático de la superficie del agua debido a la tensión superficial, lo que permite que una hoja de afeitar o una aguja floten suavemente sobre la superficie del agua. Dado que la tensión superficial es causada por la atracción intermolecular, la fuerza sobre la superficie debe ser igual en todas las



direcciones o en la dirección opuesta a cualquier línea de interés. Esto significa que la membrana está en equilibrio vertical en la superficie de contacto con el aire. Un líquido subirá por las paredes internas de un tubo vacío con el extremo abierto colocado en un recipiente lleno de líquido y creará una superficie superior esférica si moja la superficie de contacto del tubo debido a la tensión superficial. (Quispe 2008, p. 149).

Dado que la grava es demasiado grande para ser impactada, la capilaridad juega un papel importante en las arenas, particularmente en las arenas finas a medianas. La arena no tiene capilaridad ya sea que esté totalmente seca o húmeda, lo que facilita el movimiento de los granos de arena. La arena puede acumularse en incisiones verticales y formar moho cuando está mojada debido a los efectos capilares que se producen en niveles intermedios de humedad y al enorme impacto acumulativo causado por las numerosas partículas. (Quispe 2008, p. 150).

2.2.22. Humedad en el suelo

La capacidad del agua para transportar partículas sólidas está determinada por su caudal. La partícula más grande que puede contener un metro cúbico de agua tiene un volumen proporcional a la sexta potencia de la velocidad, y el cuadrado de la velocidad determina el volumen total de partículas que puede contener el agua. Como resultado, durante épocas de inundaciones graves, los ríos transportan cantidades masivas de partículas finas y gruesas, mientras que, durante períodos secos, transportan muy pocas partículas finas. Cuando el río fluye más rápido, como lo hace cuando se acerca a las partes más empinadas del canal o cuando las precipitaciones aumentan el caudal, erosiona el canal hasta que ya no puede transportar sedimentos. Si la velocidad de la corriente disminuye como resultado de un cambio en la descarga



o pendiente del canal, algunas de las partículas transportadas se sedimentan, siendo las más grandes las que caen primero. (Quispe 2008, p. 151).

Las inundaciones rápidas y los tramos prolongados de poco o ningún flujo son características de los flujos de agua en lugares secos. Durante las inundaciones se pueden transportar enormes cantidades de arena, grava y pequeños guijarros, mientras que durante la estación seca se transporta muy poco material. Además de llenar el canal a una profundidad significativa, los depósitos que se acumulan en las secciones más empinadas de estos ríos también crean estrechas terrazas de grava y arena paralelas al canal de aguas bajas, las cuales divergen y se modifican durante la temporada de inundaciones. El río disminuye drásticamente su velocidad cuando se acerca a terreno llano, depositando parte de su carga en forma de abanico aluvial, una masa plana triangular. El río diverge a medida que el abanico toma forma, creando una serie de estas masas. (Quispe 2008, p. 151).

2.2.23. Compresibilidad e hinchamiento de los suelos

Durante generaciones, los constructores se han enfrentado al terrible problema de los asentamientos en la construcción. Los asentamientos excesivos dañaron varias de las maravillas arquitectónicas de la Edad Media, que hace mucho que desaparecieron. Otras, como la Torre Inclinada de Pisa, han ganado notoriedad gracias a este defecto. Sin embargo, los asentamientos inusuales no se produjeron sólo a lo largo de la Edad Media; de hecho, casi todas las ciudades del mundo que no están basadas en una roca han visto estructuras caer y fracturarse como resultado del hacinamiento. Hasta el siglo XX, los ingenieros sólo relacionaban indirectamente el aplastamiento de suelos blandos bajo estructuras con las comunidades. Sin embargo, esto ignora el hecho de que ahora están pobladas áreas del tamaño de la cuenca de la Ciudad de México, que se hunde a un ritmo de más de 25 centímetros



por año. Además, la deformación lateral que se anticiparía si los estratos del suelo hubieran sido aplastados no fue evidente en las muestras de estratos de suelo que se recolectaron cerca de regiones donde se habían producido asentamientos perjudiciales. Las muestras obtenidas justo debajo de las zonas habitadas más densas mostraron lo siguiente:

- Algunas capas de suelo, especialmente aquellas compuestas de arcilla blanda, habían visto disminuido su espesor en una cantidad equivalente al asentamiento.
- Estos estratos también tenían una proporción de vacíos más baja que estratos similares encontrados fuera de las regiones de asentamiento. (Quispe 2008, p. 152).

Estos hallazgos demostraron que en un estrato de suelo que está limitado por la masa circundante y tiene un aumento de tensión bastante uniforme, la proporción de vacíos disminuye dramáticamente. La desecación puede preconsolidar eficazmente algunos suelos extremadamente micáceos y arcillas muy flexibles parcialmente saturadas. Cuando estén bajo poco estrés y con acceso al agua, absorberán el agua y crecerán. Las dos curvas de relación tensión-vacíos que estos suelos pueden generar están inundadas y parcialmente saturadas, pero por lo demás no están perturbadas. Aunque el suelo inundado se acerca a la saturación, no hay muchos registros cuando la saturación alcanza el 100%. (Quispe 2008, p. 153).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Nivel freático

El programa de esta evaluación geotécnica incluye las aguas subterráneas. Otros nombres para el nivel freático incluyen nivel freático, nivel freático y napa



freática. En la región de investigación, el agua subterránea se define como la que se encuentra bajo la superficie de la tierra, en los poros del suelo o en las fisuras de las rocas. El agua normalmente sólo llega hasta cierto punto. La parte superior de la zona saturada es el nivel freático; el aire llena los poros y las partículas del suelo tienen sólo una fina capa de agua encima. (Crespo 1999, p. 124).

2.3.2. *Propiedades de las aguas subterráneas*

El agua subterránea normalmente mantiene una temperatura constante, con excepción de la evaporación, los intercambios térmicos con el aire circundante y la superficie, la radiación solar, etc. A una profundidad subterránea de 0,50 metros, la temperatura promedio del agua subterránea encontrada a lo largo de la evaluación es de alrededor de -2 °C. (Crespo 1999, p. 127).

2.3.3. *Ascensión capilar*

Cuando se combinan, los agujeros persistentes en el suelo pueden parecerse a tubos capilares con diferentes secciones transversales. Los huecos continuos del suelo crean una red de vacíos que interactúan entre sí en todas las direcciones. (Crespo 1999, p. 129).

2.3.4. *Presiones de carga permisible*

Para evaluar los riesgos potenciales de falla y deformaciones en el terreno de la cimentación y elegir la cimentación más adecuada para las circunstancias dadas, la construcción de carreteras siempre requiere un conocimiento geotécnico del terreno. (Lambe y Whitman 1989, p. 147).

2.3.5. *Mecánica de suelos*

La finalidad del campo de la ingeniería de la mecánica de suelos es investigar una variedad de técnicas que pueden conducir a una comprensión del suelo en los



diversos terrenos donde se construirán diversos tipos de edificios. El ingeniero está interesado en identificar y evaluar si es conveniente utilizar el suelo como material de construcción para diversos fines, tales como obras hidráulicas, rellenos de caminos, canales de conducción de riego y otros proyectos de construcción. (Juárez 1996, p. 60).

2.3.6. Subrasante

El nivel que ha sido perfilado, nivelado y compactado para producir la estructura del pavimento se conoce como subrasante o tierra de cimentación. Ofrece asistencia a las distintas capas del pavimento. La frase "capacidad portante a nivel de subrasante", o simplemente "capacidad portante de subrasante", por otra parte, se refiere a la evaluación estructural y, en consecuencia, al cálculo de la respuesta mecánica del subsuelo hasta la profundidad a la que pueden producirse deformaciones apreciables. desarrollar. transpirar. (Juárez 1996, p. 63).

2.3.7. Pedraplén

Uno de los elementos constructivos es la calzada, que está formada por elementos de piedra procedentes de excavaciones en la roca que han sido ampliadas y compactadas. La construcción utiliza rellenos, ya sean altos o propensos a inundaciones. Normalmente, la calzada está formada por enormes fragmentos de granito que miden entre 100 y 900 milímetros. Previo a continuar con la colocación y compactación del material pétreo. (Juárez 1996, p. 67).

2.3.8. Humedad natural

El contenido de humedad, o peso de agua en una cantidad determinada de suelo, se calcula como porcentaje dividiendo el peso de agua en el suelo por el peso de las partículas sólidas. Determinar la masa de un recipiente limpio y seco y, en su



caso, su tapa. Después de insertar la muestra de prueba húmeda en el recipiente, cierre firmemente la tapa, si corresponde. (MTC 2000, p. 249).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la investigación

De acuerdo con los objetivos planteados, la actual exploración es cuantitativo.

Exploración cuantitativa: Son las particularidades de un individuo o cosa que se pueden medir numéricamente. Existen variables diferenciales y continuas. (Arias & Covinos, 2021).

3.2. Método o métodos aplicados en la investigación

El proyecto de estudio se desarrolla utilizando una técnica científica y es crucial ya que los hechos están conectados, se basan en información o hallazgos nuevos y tienen el mayor nivel de corrección y confiabilidad posible. Para establecer la relevancia de los hechos y fenómenos hacia los que se orienta la significación de la exploración, se creó una técnica o enfoque organizado, en el desarrollo de este trabajo se tuvieron en cuenta los siguientes factores: es exacto, autocrítico, inferencial, empírico, basado en la duda científica, problemático-hipotético. También se basa en la teoría científica. En consecuencia, las características del diseño de investigación son:



- Nivel explicativo.
- Tipo aplicada.

3.3. Tipo de investigación

La exploración desarrollada es del tipo aplicada, también conocida como práctica, empírica y activa, y está vinculada con la exploración básica necesaria para comprender las características y atributos de los suelos plásticos de la base y subbase en la localidad distrital de Juliaca, así como el comportamiento del agua subterránea en la porción de subrasante del pavimento.

3.4. Nivel de investigación

Dado que aborda las causas del deterioro temprano y/o corta durabilidad de los pavimentos en la localidad distrital de Juliaca, este trabajo se presenta con un nivel explicativo. Permitirá controlar la humedad generada por las aguas subterráneas debido al fenómeno de ascenso por capilaridad, que saturará la subbase y base del pavimento, debilitándola y provocando su deterioro con el paso de los vehículos.

3.5. Diseño de investigación

El desarrollo de la exploración es de tipo:

- Nivel explicativo
- Tipo aplicada

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población

Se considera la pavimentación plástica de la subrasante de la pavimentación de la localidad distrital de Juliaca.



3.6.2. Muestra

La muestra en estudio de los suelos de la subrasante de la Av. Industrial de la localidad distrital de Juliaca, donde la construcción de la calzada estaba destinada a regular la humedad a través del ascenso capilar del agua subterránea.

Particularidades de la muestra:

Longitud: 650.00 ml.

Ancho: 60.00 mt.

Nº: Dos carriles.

Suelos de la subrasante : Predomina suelos CL y HL suelos plásticos.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de información

3.7.1. Técnicas de la investigación

En la actual exploración se utilizaron métodos para realizar estudios de mecánica de suelos, como el examen y análisis de la pavimentación plástica de la subrasante de la pavimentación:

- Contenido natural de humedad.
- Análisis granulométrico.
- Limitación de consistencia.
- Categorización de suelos.
- Densidad seca máxima con Proctor modificado.
- Relación Soporte California (CBR)

Para el comportamiento de aguas subterráneas:



- Perfil estratigráfico del nivel subrasante del pavimento.
- Napa freática y sus variaciones.
- Altura de ascensión capilar.

Para el diseño de la estructura del pedraplén:

- Coronación.
- Transición.
- Núcleo.
- Cimiento.

3.7.2. Instrumentos de la investigación

Utilizar el equipo para cada prueba de acuerdo con su uso previsto y de acuerdo con las pautas de MTC y ASTM.

Para análisis y estudio de suelos plásticos de la subrasante de pavimento:

- ASTM D 422.
- ASTM D 2216.
- ASTM D 1557.
- ASTM D 4245.
- EG – 2013 del MTC.

Para comportamiento de aguas subterráneas:

- Ascensión capilar.
- EG – 2013 del MTC.

Para diseño de la estructura del pedraplén:



- EG – 2013 del MTC.

3.8. Validez y confiabilidad del instrumento de investigación

3.8.1. Validación de los instrumentos

La validez es el grado en que un instrumento evalúa la variable que debe evaluar adecuadamente. (Soriano, 2014)

3.8.2. Confiabilidad de los instrumentos

La medida en que una herramienta ha de producir resultados cohesivos y consistentes. En otras palabras, cuando se vuelve a utilizar sobre la misma cosa o tema, los resultados son los mismos. (Marroquin, 2013).

3.9. Diseño de la estrategia para la prueba de hipótesis

La contrastación de teorías se ejecutará a través del planteamiento de la teoría nula (H_0) y alterna (H_1)

Según lo planteado por Las siguientes son las acciones a realizar: a) Plantear la teoría que se explorará. b) Seleccione la distribución del contraste. La teoría a probar podría ser una o ambas de las siguientes: que dos parámetros son iguales, que difieren o que uno es superior al otro. (Montero, 2007).



CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de los datos

4.1.1. *Propiedades físicas y mecánicas de los suelos plásticos de la subrasante de la av. industrial de la ciudad de Juliaca.*

Se efectuó los siguientes ensayos:

- Contenido natural de humedad.
- Examinación granulométrica.
- Limitación de consistencia.
- Categorización de suelos.
- Densidad seca por compactación.
- Vinculación Soporte California (CBR).

Estos ensayos se han efectuado tomando en cuenta los criterios siguientes:

- Tres (3) muestras de suelos.

- Profundidad de extracción de la muestra fue de 0.80 mt.
1. Determinación del contenido natural de humedad de los suelos plásticos

de la subrasante de la Av. Industrial.

Los hallazgos de los ensayos se exponen seguidamente:

Tabla 4

Resultados del contenido natural de humedad de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial

N°	Av. Industrial – Juliaca	Contenido natural de	MTC E-108
		humedad (W %)	EG – 2013 (COA %)
1	Calicata 1	17.86	11.17
2	Calicata 2	21.15	11.17
3	Calicata 3	23.99	11.17
	Promedio	21.00	11.17

Nota. Hallazgos de ensayos de laboratorio EPIC – UANCV – Abril 2021.

2. Determinación del análisis granulométrico de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial.

Los hallazgos de los ensayos se exponen seguidamente:

Tabla 5

Resultados del análisis granulométrico de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial

N°	Tramo	Granulometría			C _u	MTC E-107
		Grava	Arena	Fino		EG – 2013



		(%)	(%)	(%)		C _u
1	Calicata 1	0.00	9.42	90.58	---	1 – 3
2	Calicata 2	0.00	3.58	96.42	---	1 – 3
3	Calicata 3	0.00	7.73	92.27	---	1 – 3
	Promedio	0.00	6.91	93.09	---	1 – 3

Nota. Hallazgos de ensayos de laboratorio EPIC – UANCV – Abril 2021.

3. Determinación de la limitación de consistencia de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial.

Los hallazgos de los ensayos se exponen seguidamente:

Tabla 6

Resultados de los límites de consistencia de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial

N°	Tramo	Límites de consistencia			MTC E-110
		LL (%)	L _p (%)	I _p (%)	EG – 2013 I _p
1	Calicata 1	47.14	28.59	18.55	< 12.00
2	Calicata 2	38.85	24.09	14.76	< 12.00
3	Calicata 3	42.18	29.34	12.84	< 12.00
	Promedio	42.72	27.34	15.38	< 12.00

Nota. Hallazgos de ensayos de laboratorio EPIC – UANCV – Abril 2021.

4. Determinación de la clasificación plástica del suelo de la subrasante de la Avenida Industrial.

Los hallazgos de los ensayos se exponen seguidamente:

Tabla 7

Resultados de la clasificación de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial



N°	Tramo	Clasificación		MTC E-145
		SUCS	AASHTO	EG – 2013 AASHTO
1	Calicata 1	CL	A – 4	A – 3
2	Calicata 2	CL	A – 4	A – 3
3	Calicata 3	CL	A – 4	A – 3
	Promedio	CL	A – 4	A – 3

Nota. Hallazgos de ensayos de laboratorio EPIC – UANCV – Abril 2021.

5. Encontrar la densidad seca más alta posible para los suelos plásticos en la subrasante de Industrial Avenue utilizando un método Proctor modificado.

Los hallazgos de los ensayos se exponen seguidamente:

Tabla 8

Resultados de la densidad seca máxima con Proctor modificado de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial

N°	Tramo	Compactación		MTC E-115
		D _s (gr/cm ³)	COA (%)	EG – 2013 D _s (gr/cm ³)
1	Calicata 1	1.567	10.70	> 1.6
2	Calicata 2	1.549	12.14	> 1.6
3	Calicata 3	1.496	10.68	> 1.6
	Promedio	1.537	11.17	> 1.6

Nota. Hallazgos de ensayos de laboratorio EPIC – UANCV – Abril 2021.

6. Determinación de la Vinculación Soporte California (CBR) de los suelos de los suelos plásticos de la subrasante de pavimentos de la Av. Industrial.

Los hallazgos de los ensayos se exponen seguidamente:

Tabla 9

Resultados de la Relación Soporte California (CBR) de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial

N°	Tramo	CBR		MTC E-132
		95 (%)	100 (%)	EG – 2013 CBR
1	Calicata 1	3.80	5.30	> 20.00
2	Calicata 2	3.60	4.60	> 20.00
3	Calicata 3	3.60	5.40	> 20.00
	Promedio	3.67	5.10	> 20.00

Nota. Hallazgos de ensayos de laboratorio EPIC – UANCV – Abril 2021.

4.1.1.1. Análisis y discusión de resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos plásticos de la subrasante de la av. Industrial.

Los hallazgos de los ensayos se exponen seguidamente:

Tabla 10

Resultados ensayos de laboratorio

N°	Ensayos de laboratorio	Suelo	MTC
		subrasante	EG – 2013
1	Contenido natural de humedad.	21.00	11.17
2	Análisis granulométrico.	-.-	1 – 3
3	Límites de consistencia.	15.38	< 12.00
4	Clasificación de suelos.	A – 4	A – 3
5	Densidad seca máxima por compact.	1.537	> 1.6
6	Relación soporte california (CBR).	5.10	> 20.00

Nota. Hallazgos de ensayos de laboratorio EPIC – UANCV – Abril 2021.

Análisis de resultados de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos plásticos de la subrasante de la av. Industrial:



1. Del contenido natural de humedad de la pavimentación.
 - El contenido óptimo de humedad efectuado en el proceso de compactación es de 11.17 %. MTC
 - Los suelos base suelen tener un contenido de humedad natural del 21,0 por ciento; debido a su alta calificación, no se recomienda.



2. Con base en el análisis granulométrico del suelo, el coeficiente de uniformidad (Cu) podrá determinarse mediante el examen granulométrico recomendado por las normas EG - 2013 y MTC E-107 del MTC, el cual varía de 1 a

- Sería imposible calcular el coeficiente de uniformidad promedio (Cu) en pavimentos plásticos de subrasante.

3. Las limitaciones de la consistencia del suelo.

- Tanto la norma MTC E-110 como la norma EG-2013 proponen un indicador de plasticidad (Ip) inferior al 12%.

- El pavimento plástico de subrasante tiene un indicador de plasticidad promedio (Ip) de 15.38%, lo cual es excesivo y desaconsejado.

4. En cuanto a la clasificación de suelos.

- Las normas EG-2013 y el MTC E-145 del MTC recomiendan clasificar el pavimento como A-3.

- En pavimentos plásticos de subrasante, la clasificación de pavimento típica es A-4, lo que significa que no se recomienda este valor.

5. Densidad seca máxima utilizando un Proctor de suelo modificado.

- El MTC E-115 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y la norma EG - 2013 proponen una densidad seca máxima superior a 1,60 gr/cm³.

- No se aconseja el pavimento plástico de subrasante ya que su densidad seca máxima media es de tan sólo 1.537 gr/cm³.

6. De la Vinculación Soporte California (CBR) de los suelos.

- La vinculación soporte california (CBR), sugerida por la normativa EG – 2013 y MTC E-132 del MTC está por encima a 10 %



- La vinculación soporte california (CBR), promedio la pavimentación plástica de la subrasante es de 5.10 %; es baja, entonces, no es recomendado.

Análisis global:

Se recomienda reemplazar la pavimentación plástica de la subrasante y/o optimizar sus propiedades mecánicas mediante procedimientos de estabilización debido a su baja calidad, según lo determina técnicas del manual EG - 2013 del MTC.

4.1.2. Mejoramiento de propiedades mecánicas de los suelos plásticos de la subrasante de la av. industrial de la ciudad de Juliaca, con adición de agregados.

Añadiendo un 15% de áridos se mejoran las particularidades mecánicas de los suelos plásticos de la subrasante. Las pruebas que fue necesario realizar fueron las siguientes:

- Limitación de consistencia.
 - Densidad seca por compactación.
 - Relación Soporte California (CBR).
1. Calcular los límites máximos de consistencia de los suelos plásticos en la subrasante de Industrial Avenue después de agregar el 15% de agregados.

Tabla 11

Resultados de los límites de consistencia de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial, con adición del 15 % de agregados

N°	Mejoramiento de las propiedades mecánicas	Límites de consistencia			MTC E-110
		LL (%)	Lp (%)	Ip (%)	EG – 2013 Ip
1	Calicata 1 – 15 % agreg.	36.17	28.91	07.26	< 12.00
2	Calicata 2 – 15 % agreg.	27.04	19.97	07.07	< 12.00

3	Calicata 3 – 15 % agreg.	28.60	21.45	07.01	< 12.00
Promedio		30.60	23.44	07.11	< 12.00

Nota. Hallazgos de ensayos de laboratorio EPIC – UANCV – Abril 2021.

2. Calcular la densidad seca máxima de los suelos plásticos en la subrasante de Industrial Avenue usando un Proctor modificado y una adición de agregado del 15%.

Tabla 12

Resultados de la densidad seca máxima con Proctor modificado de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial, con adición del 15 % de agregados

N°	Mejoramiento de las propiedades mecánicas	Compactación		MTC E-115
		D _s (gr/cm ³)	COA (%)	EG – 2013 D _s (gr/cm ³)
1	Calicata 1 – 15 % agregad.	1.808	10.98	> 1.6
2	Calicata 2 – 15 % agregad.	1.821	10.75	> 1.6
3	Calicata 3 – 15 % agregad.	1.825	10.61	> 1.6
Promedio		1.818	10.78	> 1.6

Nota. Hallazgos de ensayos de laboratorio EPIC – UANCV – Abril 2021.

3. Determinación de la Vinculación Soporte California (CBR) de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial, adicionalmente del 15% de agregados.

Los hallazgos de los ensayos se exponen seguidamente:

Tabla 13

Resultados de la Relación Soporte California (CBR) de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial, con adición del 15% de agregados

N°	Mejoramiento de las propiedades mecánicas	CBR		MTC E-132
		95 (%)	100 (%)	EG – 2013 CBR
1	Calicata 1 – 15 % agregad.	7.8	12.80	> 10.00
2	Calicata 2 – 15 % agregad.	9.20	12.90	> 10.00



3	Calicata 3 – 15 % agregad.	9.20	12.70	> 10.00
	Promedio	8.73	12.80	> 10.00

Nota. Hallazgos de ensayos de laboratorio EPIC – UANCV – Abril 2021.

4.1.2.1. Resultados y análisis del mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos plásticos de la subrasante de la av. industrial, con procesos de estabilización con adición del 15 % de agregados.

Los hallazgos de los ensayos se exponen seguidamente:

Tabla 14

Resumen de los resultados del mejoramiento de propiedades mecánicas de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial, con procesos de estabilización con adición del 15% agregados

N°	Ensayos de laboratorio	Suelo Natural	15 % Agreg.	MTC EG – 2013
1	Limitación de consistencia.	15.38	7.11	< 12.00
2	Densidad seca máxima por compact.	1.537	1.818	> 1.6
3	Relación soporte california (CBR).	5.10	12.80	> 10.00

Nota. Hallazgos de ensayos de laboratorio EPIC – UANCV – Abril 2021.

Examen de mejora de características mecánicas de suelos flexibles en la Av. Subrasante industrial mediante técnicas de estabilización y adición de 15% de agregado.

1. De la limitación de consistencia de los suelos.
 - El indicador plástico (Ip) sugerido por las especificaciones técnicas del manual EG – 2013 y MTC E-110 del MTC, está por debajo del 12 %.
 - El indicador plástico (Ip) promedio en pavimentación plástica de la subrasante es de 7.11 %; valoración baja, entonces, recomendable.



2. De la densidad seca máxima con Proctor modificado de los suelos.

- La mayor densidad seca que aconsejan los requisitos técnicos del manual EG – 2013 y MTC E-115 del MTC, está por encima de 1.60 gr/cm³.
- Los suelos plásticos de la subrasante tienen una densidad seca máxima promedio de 1.818 gr/cm³, lo cual es excesivo y debe evitarse.

3. De la Vinculación Soporte California (CBR) de los suelos.

- La vinculación soporte california (CBR), sugerido por las especificaciones técnicas del manual EG – 2013 y MTC E-132 del MTC está por encima del 10 %
- La vinculación soporte california (CBR), la proporción promedio de suelos plásticos de la subrasante es de 12.80%; dado la alta proporción, se recomienda.

Análisis global:

Se recomienda continuar mejorando con la adición de agregados luego de tomar en cuenta las cualidades mecánicas de los suelos plásticos de la subrasante, las cuales fueron mejoradas con la adición del 15% de agregados, y evaluarlas de acuerdo con los requisitos técnicos del manual EG del MTC. -2013.

4.1.3. Características de las aguas subterráneas en la subrasante de la av. Industrial.

4.1.3.1. Humedad natural de los suelos plásticos de la subrasante de la av. Industrial. Una vez realizadas las pruebas pertinentes, el contenido de humedad natural se muestra seguidamente:

Tabla 15

Resultados del contenido natural de humedad de los suelos plásticos de la subrasante de la Av. Industrial

N°	Av. Industrial – Juliaca	Contenido natural de humedad (W %)	MTC E-108 EG – 2013 (COA %)
1	Calicata 1	17.86	11.17
2	Calicata 2	21.15	11.17
3	Calicata 3	23.99	11.17
	Promedio	21.00	11.17

Nota. Resultados de ensayos de laboratorio EPIC – UANCV – Abril 2021.

De los hallazgos se evidencia el contenido de humedad natural promedio de 21.00%, valor alto que afecta representativamente a los suelos plásticos como lo evidencian la compresibilidad del suelo (Cc), limitación plástica (LP), indicador de plasticidad (Ip), indicador de consistencia (Ic), e indicador líquido (IL).

4.1.3.2. Perfil estratigráfico de los suelos plásticos de la subrasante de la av. Industrial. Las características geológicas de los suelos plásticos se muestran en cada hoyo excavado en los suelos plásticos de la subrasante de Industrial Avenue.


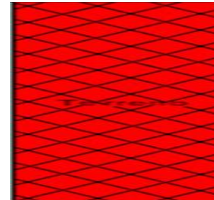
Calicata : N° 01.

Localización : Av. Industrial de la localidad distrital de Juliaca.

Estructura de la pavimentación : Pavimentación plástica de la subrasante.

Tabla 16

Perfil estratigráfico calicata N°01

Ubicación	Profundidad	Clasificación	Descripción	Símbolo
Calicata 1	0.20	CL (A - 4)	Arcilla orgánica de alta compresibilidad	
	0.60	CL (A - 4)	Arcilla orgánica de alta compresibilidad	

Calicata : N° 02.


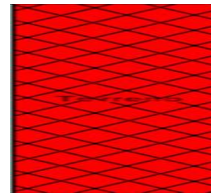
Localización : Av. Industrial de la localidad distrital de Juliaca

Estructura de la pavimentación : Pavimentación plástica de la subrasante.

Tabla 17

Perfil estratigráfico calicata N°02

Ubicación	Profundidad	Clasificación	Descripción	Símbolo
-----------	-------------	---------------	-------------	---------

Calicata 1	0.40	CL (A – 4)	Arcilla orgánica de alta compresibilidad	
	0.40	CL (A – 4)	Arcilla orgánica de alta compresibilidad	


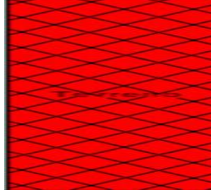
Calicata : N° 03.

Localización : Av. Industrial de la localidad distrital de Juliaca.

Estructura de la pavimentación : Pavimentación plástica de la subrasante.

Tabla 18

Perfil estratigráfico calicata N°03

Ubicación	Profundidad	Clasificación	Descripción	Símbolo
Calicata 1	0.20	CL (A – 4)	Arcilla orgánica de alta compresibilidad	
	0.60	CL (A – 4)	Arcilla orgánica de alta compresibilidad	

4.1.3.3. Características del agua subterránea registrado al entorno av. industrial de la ciudad de Juliaca. Se han elegido cinco (5) residencias y las características de estas viviendas se describen a continuación. Estas viviendas cuentan con pozos instalados para el uso doméstico de aguas subterráneas.

Tabla 19

Características del agua subterránea registrado al entorno Av. Industrial de la ciudad de Juliaca.

N°	Ubicación	Profundidad pozo (mt)	Profundidad Nivel Freático (mt)	Altura de Ascensión capilar (mt)	Tipo de suelos estratigráfico	
					SUCS	AASHTO
1	Pozo 1	3.40	2.20	0.83	CL	A – 4
2	Pozo 2	3.70	2.35	0.95	CL	A – 4
3	Pozo 3	3.80	2.00	0.92	CL	A – 4
4	Pozo 4	3.60	2.05	0.89	CL	A – 4
5	Pozo 5	3.30	2.10	8.85	CL	A – 4

Nota. Elaboración propia – 2021.

Gracias a las características del comportamiento del agua subterránea en los pozos domiciliarios antes expuestas se puede establecer lo siguiente:

- La subrasante está compuesta por suelos plásticos que corresponden a arcillas, por lo que las alturas de ascenso capilar también son significativas; estas alturas de elevación capilar son superiores a 0,83 m; esto sugiere que esta humedad puede afectar los demás componentes de un pavimento, por lo que será necesario tomar en consideración una estructura de calzada que controle el fenómeno de ascenso capilar de la humedad del agua subterránea.
- La profundidad del grado freático es mayor a 2,00 m.



4.1.3.4. Criterios geotécnicos para determinar la incidencia de la humedad en los suelos plásticos de la subrasante de la av. industrial. El indicador de consistencia (CI), la compresibilidad del suelo (Cc) y el indicador de líquido (IL), que se utilizan para medir la incidencia de la humedad en suelos plásticos, se pueden calcular utilizando las siguientes fórmulas:

1. Criterio del Estado del Suelo plástico de la subrasante según el Indicador de Consistencia (IC)

Esta evaluación es lo mismo que determinar el estado del suelo observando el valor del Indicador de Consistencia. Esta indicación podría usarse para determinar cómo se relaciona la consistencia del suelo con la cantidad de agua que puede contener. Si el valor es negativo, el suelo puede clasificarse como semilíquido, plástico muy blando, plástico blando, plástico duro o en forma líquida. Sin embargo, si el valor es mayor que uno, el suelo está en estado sólido. Los valores del Indicador de Consistencia resultantes de suelos que han estado saturados por un período prolongado de tiempo o cíclicamente para saturaciones de precipitación a lo largo del tiempo se listan en la Tabla 3.

En resumen, un suelo se considera viable si su Indicador de Consistencia (IC) es superior a la unidad. Por otro lado, será más difícil de comprimir y puede provocar problemas de deformación en suelos con valores de CI inferiores a la unidad.



Tabla 20

Estado de los suelos según el Índice de Consistencia

Índice de Consistencia	Estado del Suelo
< 0.00	Estado Líquido
De 0 a 0.25	Estado Semi - Líquido
De 0.25 a 0.50	Estado Plástico Muy Blando
De 0.50 a 0.75	Estado Plástico Blando
De 0.75 a 1.00	Estado Plástico Duro
> 1.00	Estado Sólido

Nota. "Mecánica de Suelos". Lambe, T.W. y Whitman, R.V. (2001).

$$IC = \frac{LL - w}{IP}$$

Donde:

LL es la limitación líquida, (42.72 % suelo natural = 0.4272)

IP es el indicador de plasticidad, (15.38 % suelo natural = 0.1538)

w es la humedad (21.00 % suelo natural = 0.2100)

$$IC = \frac{0.4272 - 0.2100}{0.1538}$$

$$IC = 1.41$$

Evaluación: La valoración del indicador de consistencia es de 1.41 que correspondería a un Estado Sólido.

2. Criterio de Compresibilidad del Suelo plástico de la subrasante (Cc).

Los exploradores siempre han tenido en cuenta la deformación de los suelos cohesivos, especialmente bajo la acción de cargas relativamente pequeñas, ya que



provoca deficiencias en el comportamiento del suelo, como un tema de preocupación básica.

Cuando se trata de suelos delgados y compresibles, uno de los problemas más peligrosos puede ser los asentamientos resultantes de sobrecargas que son absorbidas por la estructura del pavimento o los terraplenes. Acuerdos de este tipo podrían dar lugar a:

- Pérdida de bombeo como resultado de que el terraplén aplica más presión debajo del punto medio de la corona que en sus extremos.
- La aparición de asentamientos longitudinales irregulares provocados por cambios en la cadencia del terreno de cimentación, especialmente cuando se amplía la plataforma. En este caso, la presencia de suelos finos ha mejorado la plataforma, pero el peso del terraplén aún puede provocar algún asentamiento. así como cargas de automóviles.
- Una caída en el alto del terraplén al navegar por terrenos inundados o parcialmente inundados (bofedales).

Tabla 21

Indicador de Compresibilidad de un Suelo

Valor de Cc	Compresibilidad
0.00 - 0.19	Baja
0.20 - 0.39	Media
0.39 - 0.40	Alta

Nota. "Mecánica de Suelos". Lambe, T.W. y Whitman, R.V. (2001).

Terzaghi y Peck demostraron que la indicación de compresibilidad de un suelo podría definirse de la siguiente manera, dependiendo de la restricción de líquido:



$$Cc = 0.009(LL - 10)$$

Donde:

CC es el indicador de compresibilidad

LL es la limitación líquida (42.72 % suelo natural).

$$Cc = 0.009(42.72 - 10)$$

$$Cc = 0.29$$

Análisis: El valor de compresibilidad de la pavimentación es 0,29, lo que indicaría un nivel modesto de compresibilidad.

Una medida de la condición plástica del suelo de la subrasante basada en un indicador de liquidez. (IL)

Un indicador útil para evaluar la cohesión natural de un suelo es el Indicador de Liquidez, que indica qué tan cerca del límite líquido está el suelo. Este criterio distingue entre dos tipos de suelos:

Aquellos que son estructuralmente robustos y solo dependen de componentes mecánicos y sus propiedades intrínsecas.

Suelos con inestabilidad estructural que dependen de variables externas.

Tabla 22

Índice de Liquidez de un Suelo

Comportamiento	Índice de Liquidez
No Plástico	Menor que 0
Plástico	Entre 0 y 1
Líquido Viscoso	Mayor que 1

Nota. "Mecánica de Suelos". Lambe, T.W. y Whitman, R.V. (2001).



Las propiedades físicas, incluida la proporción de huecos, la densidad seca, el contenido de humedad, la porosidad, los límites de Atterberg y la cantidad de sales solubles, han sido objeto de varias teorías, entre otras, pueden usarse para evaluar cualitativamente la susceptibilidad al colapso. La siguiente es una forma de representar el indicador de liquidez:

$$IL = \frac{w - LP}{IP}$$

Donde:

LP es la limitación plástica (27.34 %)

IP es el indicador de plasticidad (15.38 %)

w es la humedad (21.00 %)

$$IL = \frac{21.00 - 27.34}{15.38}$$

$$IL = 0.41$$

Análisis: Una conducta plástica se vincula con el valor del comportamiento.

El pavimento está en el rango sólido si el indicador de liquidez es negativo; la gama plástica está indicada por un índice entre cero y uno; y cuanto mayor es el valor de la unidad, más saturado está el suelo en el estado plástico a semilíquido, haciéndolo en extremo vulnerable a colapsar por amortiguamiento, hundimiento y asentamiento.

Tabla 23

Resumen de la incidencia de la humedad en suelos plásticos de la subrasante

N°	Descripción	Valoración	Estado del suelo
1	Índice de Consistencia (IC)	1.41	Estado Solido
2	Compresibilidad del Suelo (Cc)	0.29	Compresibilidad media
3	Índice de Liquidez (IL)	0.41	Plástico

Nota. Elaboración propia – 2021.

De las lecturas se desprende que las pavimentaciones de la subrasante de la Avenida Industrial son maleables y muy susceptibles a la humedad, por lo que se recomienda mejorarlos.

4.1.4. Características del tránsito vehicular proyectada para la av. industrial de la ciudad de Juliaca

1. Valoración del Tránsito. Al diseñar pavimento, el tráfico es una consideración crucial. Esto se ejecuta en función de las cargas producidas por el tráfico sobre la capa de rodadura. Después de evaluar, analizar y determinar si se debe reparar un pavimento, el valor del tráfico será crucial para determinar el número estructural que se logrará con el refuerzo estructural. El valor del tránsito para el año previsto en que cese el pavimento deberá representarse en ejes acumulados iguales. Se podrán tener en cuenta los valores de la Tabla si no se dispone de estudios de tráfico del pavimento a reforzar.

Tabla 24

Consideración de ejes equivalentes

Volumen de Tránsito	Ejes equivalentes (EAL)
Alto	$EAL > 107$
Medio	$106 < EAL < 107$
Bajo	$EAL < 106$

Nota. Elaboración propia en base a AASHTO 93.

3. Composición del tráfico

Tabla 25

Composición del tráfico

Vehículo Clase	Simbol.	Prom. (veh/día)	Tipos de ejes	
			Simple	Tandem
Autos, combis y camionetas rurales de menos de 10000 lbs de peso bruto	Ap, Ac	117	2	
Ómnibus de dos ejes	B2	26	2	
Ómnibus de tres ejes	B3	9	1	2
Camiones de dos ejes	C2	29	2	
Camiones de tres ejes	C3	2	1	2
Camión	T2-S1	3	3	
Volumen actual de tráfico		186	11	4

3. Número de ejes del tráfico

Tabla 26

Número de ejes del tráfico

Vehículo Clase	Simbol.	Tipos de ejes		Subtotal
		Simple	Tandem	
Autos, combis y camionetas	Ap, Ac	234	0	234
Ómnibus de dos ejes	B2	52	0	52
Ómnibus de tres ejes	B3	9	18	27
Camiones de dos ejes	C2	58	0	58
Camiones de tres ejes	C3	2	4	6
Camión	T2-S1	9	0	9
Volumen actual de tráfico		364	22	386

4. Cálculo del EAL

Tabla 27

Cálculo del EAL's

Tráfico diario inicial	Prom. (veh/día)	%	Factor camión		
Automóviles	117.00	62.90			
Ómnibus (2 ejes, 4 ruedas)	26.00	13.98	0.02		
Ómnibus (2 ejes, 6 ruedas)	9.00	4.84	0.21		
Camiones (2 ejes)	29.00	15.59	0.21		
Camiones (3 ejes)	2.00	1.08	0.73		
Camión (T2-S1)	3.00	1.61	0.48		
Total	186.00	100.00			

Tipo de vehículo	Tipo de vehículos	Factor camión	2% fact. Crec.	EAL	
Ómnibus (2 ejes, 4 ruedas)	26.00	365.00	0.02	24.30	4,612
Ómnibus (2 ejes, 6 ruedas)	9.00	365.00	0.21	24.30	16,763
Camiones (2 ejes)	29.00	365.00	0.21	24.30	54,015
Camiones (3 ejes)	2.00	365.00	0.73	24.30	12,949
Camión (T2-S1)	3.00	365.00	0.48	24.30	12,772
Total, camiones	69.00		EAL diseño		101.112

Nota. aforo de vehículos promedio semanal Av. Industrial – Enero 2021.

Tabla 28

Datos de diseño

Propiedad	Valor
Carga Axial	80 KN
Presión de llanta	550 kPa
Prof. Máx. ahuellamiento	40mm
CBR Subrasante	2.50%
CBR Material de Mejoramiento	30%
N° de ejes pasantes de 8.2 Tn	100,000

Nota. aforo de vehículos promedio semanal Av. Industrial – Enero 2021.

4.1.4.1. Relaciones para el cálculo del módulo de resiliencia. Las siguientes ecuaciones se pueden utilizar para calcular el módulo de resiliencia de la subrasante:

- $MR = 4326 * \ln CBR + 241$, para suelos con $CBR > 20\%$
- $MR = 3000 * CBR^{0.65}$, para suelos con CBR entre 7.2% y 20%
- $MR = 1500 * CBR$, para suelos con $CBR < 7.2\%$
- $MR = 2555 * CBR^{0.64}$, esta ecuación es sugerida por el MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide).

4.1.5. Diseño de la estructura de un pedraplén para el control de aguas subterráneas en suelos plásticos de la subrasante de la av. industrial de la ciudad de Juliaca.

Los problemas de estabilidad y deformabilidad son dos de las condiciones que rodean el proyecto de la calzada. En teoría, la planta y sus parámetros geométricos dictan la altura de las construcciones. Como resultado, la altura normalmente se establece para fines distintos a los geotécnicos. Las técnicas utilizadas hoy para construir calzadas son producto de la experiencia; en su mayoría se desarrollaron a través de la observación empírica de cómo se comportan este tipo de estructuras.

4.1.5.1. Información básica para un proyecto de pedraplén. La naturaleza del proyecto y su objetivo inmediato, como si se utilizará para recopilar datos de construcción o si servirá como base para un presupuesto para estimar su costo y viabilidad o si servirá como objeto intermedio determinará los datos requeridos para el proyecto de la calzada, que describirán los estudios de cimentación y las fuentes de materiales de construcción.

4.1.5.2. Pedraplenes en proyectos de pavimentos. La construcción de calzadas para pavimentos con grandes radios y pendientes reducidas en terrenos montañosos requiere una gran cantidad de información adquirida en el mismo campo. Sin embargo, hay dos elementos que crean distinciones sorprendentes. Uno de ellos es que las calzadas no requieren que el macizo sea impermeable, lo que elimina los requisitos adicionales impuestos a los cuerpos de las presas de tierra para evitar grietas y fluencia. Sin embargo, debido a las pequeñas tolerancias del pavimento, los asentamientos de subrasante son más significativos en las carreteras elevadas que en las presas de tierra. Este es otro aspecto más restrictivo. Finalmente, al diseñar una calzada se debe tener en cuenta lo siguiente:

4.1.5.3. Criterios técnicos para la construcción de pedraplenes en subrasantes de pavimentos.

Para asegurar la estabilidad de la calzada, el terreno debe ser despejado, despejado y excavado antes de que se pueda crear una carretera. Luego se construye la estructura principal de la carretera, comenzando desde el lugar de la excavación utilizada para crear el enrocado o terraplén y bajando hasta la capa de subrasante.

Acondicionar para la humedad. - El acondicionamiento de la humedad del suelo tiene dos funciones. Hay dos formas de prevenir los cambios de humedad que ocurren después de la construcción creando cambios de volumen con tipos particulares de suelo, que dañan o deforman la carretera. La primera es compactar adecuadamente el material para crear una masa suficientemente resistente e indeformable.

Extendido. - Como mínimo, 0,60 metros es el espesor estándar para la pavimentación del pavimento, según EG - 2013 sección 206 de calzadas. Sin embargo, a veces se permite la aplicación de capas más pesadas mediante el uso de



equipos de compactación grandes, particularmente equipos vibratorios. Esto podría tener sentido en las carreteras, donde es posible triturar menos la piedra, ya que no debe tener más de dos tercios del espesor de la capa. Esto reduce el asentamiento en terraplenes de roca sólida durante la construcción al evitar el arrastre de partículas y el ablandamiento de los bordes de la roca durante la colocación y carga. Cuando se trata de terraplenes, ya sean de tipo intermedio o expansivo, el agua cumple una función similar a la del suelo, ayudando a la compactación y minimizando el hinchamiento. Si bien se pueden insertar piedras aisladas de mayor tamaño en el cuerpo y cimientos de las calzadas -como hemos dicho- siempre que sean fácilmente dispersables, rellenas y separadas adecuadamente, incluso si el tamaño máximo de partículas que comúnmente se aprueban en las calzadas es de dos tercios del espesor de la capa. Rellene los espacios sobrantes con material más fino para crear una masa compacta y densa. Para lograr el nivel ideal de humedad del suelo, el riego con agua debe realizarse simultáneamente con la expansión de la escollera con el suelo.

Compactación.- Cuando se trabaje con materiales susceptibles al agua, las capas esparcidas tendrán una pendiente transversal y serán trituradas enseguida. La superficie también se alisará mediante rodillos vibratorios adecuados al final de la jornada de trabajo o en caso de precipitaciones; Se utilizará un rodillo vibratorio para comprimir las capas a medida que se mueven desde el exterior hacia el centro.

Control de pedraplenes.- Para cumplir con los criterios establecidos en la EG – 2013 inciso 206 de Pedraplenes, el interventor se asegurará de que los componentes usados en el terraplén cumplan con los estándares de calidad en función de la granulometría y desgaste de los ángeles a lo largo de la ejecución de la obra.

4.1.5.4. Componentes estructurales del pedraplén para los suelos de la subrasante de la av. industrial. Una calzada se puede construir en tres etapas: la cimentación y el cuerpo, que se construyen en tres capas consecutivas: piedra en la base, grava en el medio y arena gruesa y fina en la parte superior. Las capas antes mencionadas deberán tener espesores mínimos de 0,60, 0,25 y 0,015, respectivamente. La superficie de una calzada es realmente irregular y está llena de agujeros; Es difícil encontrar soporte suficiente para la compactación de las capas de pavimento en estos huecos, y la adición de materiales resultaría en un mayor consumo de volumen.

Diseño de Base del Pedraplén

Base: El tamaño máximo de granulometría no debería exceder los dos tercios del espesor de la capa compactada, según EG - 2013 sección 206 calzadas.

$$5 \leq \frac{I_{15}}{S_{85}} \leq 40$$

Ix Una abertura en el tamiz mediante la cual fluiría el X en proporción del material de la capa inferior en peso.

Sx Una abertura en el tamiz mediante la cual fluiría el X en proporción del material de la capa superior en peso.

El artículo 206.2 EG (2013) establece que el espesor mínimo de la capa compactada será de 0,60 metros.

- 60 cm su $2/3 = 40$ cm
- 30 cm su $2/3 = 20$ cm
- 20 cm su $2/3 = 13.2$ cm

Tabla 29

Requisitos de los materiales 1

Condición	Parte del pedraplén		
	Base	Cuerpo	Corona
Tamaño máx. cm	15	10	7.5

Tabla 30

Gradación de las muestras de ensayos

Condición	Parte del pedraplén			
	Base	Cuerpo	Corona	
Tamaño máx. cm	15	10	7.5	
Tamaño de tamiz (pulg) (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicando, g		
Que pasa	Retenido sobre	Gradación 1	2	3
75 (3)	63 (2 ½)	2500 ± 50		
63 (2 ½)	50 (2)	2500 ± 50		
50 (2)	37.5 (1 ½)	5000 ± 50	5000 ± 50	
37.5 (1 ½)	25.0 (1)		5000 ± 25	5000 ± 25
25.0 (1)	19.0 (¾)			5000 ± 25
Total		10000 ± 100	10000 ± 75	10000 ± 50

Tabla 31

Requisitos de los materiales 2

Materia o producto	Propiedades y características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia	Lugar de muestreo
Pedraplén	Granulometría	MTC e 107	D 422	T27	1 cada 500 m3	Cantera
	Abrasión los ángeles	MTC e 207	C 535	T96	1 cada 2.000 m3	Cantera

Tabla 32

Resumen del ensayo de abrasión los ángeles quisitos de los materiales

Tamaño de tamiz (pulg) (abertura cuadrada)	Masa de tamaño indicando, g
--	-----------------------------



Que pasa	Retenido sobre	Gradación	
		1	
75 (3)	63 (2 ½)	2500 ± 50	2505
63 (2 ½)	50 (2)	2500 ± 50	2500
50 (2)	37.5 (1 ½)	5000 ± 50	4995
Total		10000 ± 100	10000 gr.
Tamaño de tamiz (pulg) (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicando, g	
Que pasa	Retenido sobre	Gradación	
		2	
37.5 (1 ½)	25.0 (1)	2500 ± 25	2505
25.0 (1)	19.0 (3/4)	2500 ± 25	2500
Total		5000 ± 50	5005 gr.

Nuestra abrasión de roca indica:

119.5 Una abertura en el tamiz mediante la cual fluiría el X en proporción del material de la capa inferior en peso: 2500

Análisis granulométrico de piedra triturada, Cabanillas km 36

Figura 3

Análisis granulométrico de piedra chancada 1

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	101.600	0.00	0.00	0.00	0.00
3 1/2"	88.900	205.60	5.87	5.87	100.00
3"	76.200	175.56	5.02	5.02	94.98
2 1/2"	63.500	80.95	2.31	7.33	92.67
2"	50.600	75.26	2.15	9.48	90.52
1 1/2"	38.100	80.00	2.29	11.76	88.24
1"	25.400	15.45	0.44	12.21	87.79
3/4"	19.050	250.00	7.14	19.35	80.65
1/2"	12.700	250.97	7.17	26.52	73.48
3/8"	9.525	70.56	2.02	28.54	71.46
1/4"	6.350				
No4	4.760	5.26	0.15	34.56	65.44
BASE		0.00	0.00	0.0	100.0
TOTAL		3500.00	100.00		
% PERDIDA		0.00			

S88.90 Una abertura en el tamiz mediante la cual pasaría el X en proporción del material de la capa superior en peso X

$$5 \leq \frac{I_{15}}{S_{85}} \leq 4$$

$$5 \leq \frac{2500}{205.60} \leq 40$$

$$5 \leq 12.16 \leq 40$$

La dimensión más grande será 15,0 cm/5,90 pulgadas.

La dimensión más mínima 13,2 cm o 5,19 pulgadas.

Como ya hemos dicho, se comprimirá cada 20 cm, siendo necesario un espesor mínimo de 60 cm. Para alcanzar los dos tercios de la capa compactada y adherirse a la granulometría, se comprimirá en tres capas.

Cuerpo: El Por ejemplo, la sección 206 de Carreteras de 2013 establece que el tamaño máximo de granulometría no deberá ser más de dos tercios del espesor de la capa compactada.



$$\frac{I_{50}}{S_{50}} \leq 25$$

Ix Una abertura en el tamiz mediante la cual fluiría el X en proporción del material de la capa inferior en peso.

Sx Una abertura en el tamiz mediante la cual fluiría el X en proporción del material de la capa superior en peso.

El art. 206.2 EG (2013) establece que la capa compactada de que se trate debería tener un espesor de 0,25 metros.

$$25 \text{ cm su } 2/3 = 16.6 \text{ cm}$$

$$12.5 \text{ cm su } 2/3 = 8.34 \text{ cm}$$

Tabla 33

Requisitos de los materiales 1

Condición	Parte del pedraplén		
	Base	Cuerpo	Corona
Tamaño máx. cm	15	10	7.5

Nuestra abrasión de roca indica:

I50 Una abertura en el tamiz mediante la cual fluiría el X en proporción del material de la capa inferior en peso: 4995

Tabla 34

Resumen del ensayo de abrasión los ángeles

tamaño de tamiz (pulg) (abertura cuadrada)		masa de tamaño indicando, g	
Que pasa	Retenido sobre	Gradación	
		1	
75 (3)	63 (2 ½)	2500 ± 50	2505
63 (2 ½)	50 (2)	2500 ± 50	2500
50 (2)	37.5 (1 ½)	5000 ± 50	4995
Total		10000 ± 100	10000 gr.

S50 Una abertura en el tamiz mediante la cual pasaría el X en proporción del material de la capa superior en peso: 205.60

Figura 4

Análisis granulométrico de piedra chancada 2

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	101.600	0.00	0.00	0.00	0.00
3 1/2"	88.900	205.60	5.87	5.87	100.00
3"	76.200	175.56	5.02	5.02	94.98
2 1/2"	63.500	80.95	2.31	7.33	92.67
2"	50.600	75.26	2.15	9.48	90.52
1 1/2"	38.100	80.00	2.29	11.76	88.24
1"	25.400	15.45	0.44	12.21	87.79
3/4"	19.050	250.00	7.14	19.35	80.65
1/2"	12.700	250.97	7.17	26.52	73.48
3/8"	9.525	70.56	2.02	28.54	71.46
1/4"	6.350				
No#	4.760	5.26	0.15	34.56	65.44
BASE		0.00	0.00	0.0	100.0
TOTAL		3500.00	100.00		
% PERDIDA		0.00			

$$\frac{4995}{205.60} \leq 25$$

$$24.26 \leq 25$$

Dimensión máxima de 10 cm ó 3.94 pulg.

Dimensión mínima 8.34 cm ó 3.28 pulg



Como se dijo se compactarán 12,5cm de espesor; Se necesita un mínimo de 25cm de espesor. Se triturará en dos capas de manera que en dos de las capas compactadas se cumpla la granulometría de mayor tamaño (10cm o 3,94pulgadas) y la mínima (8,34cm o 3,28pulgadas).

Corona o cambio de rumbo: El tamaño máximo de granulometría no excederá los dos tercios del espesor de la capa compactada, según vías EG-2013 tramo 206.

$$\frac{I_{15}}{S_{85}} \leq 5$$

Ix Una abertura en el tamiz mediante la cual fluiría el X en proporción, del material de la capa inferior en peso.

Sx Una abertura en el tamiz mediante la cual fluiría el X del material de la capa superior en peso.

El art. 206.2 EG (2013) establece que la capa en compactación en cuestión debería tener un espesor de 0,15 m.

15 cm divididos por tres son 10 cm.

7,5 cm divididos por tres son 5 cm.

Tabla 35

Requisitos de los materiales 1

Condición	Parte del pedraplén		
	Base	Cuerpo	Corona
Tamaño máx. Cm	15	10	7.5

Basado en la granulometría de la piedra triturada:

I50 Una abertura del tamiz mediante la cual fluiría el X en proporción del material de la capa inferior en peso o: 205.60

Figura 5

Resumen del ensayo de abrasión los ángeles

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	101.600	0.00	0.00	0.00	0.00
3 1/2"	88.900	205.60	5.87	5.87	100.00
3"	76.200	175.56	5.02	5.02	94.98
2 1/2"	63.500	80.95	2.31	7.33	92.67
2"	50.600	75.26	2.15	9.48	90.52
1 1/2"	38.100	80.00	2.29	11.76	88.24
1"	25.400	15.45	0.44	12.21	87.79
3/4"	19.050	250.00	7.14	19.35	80.65
1/2"	12.700	250.97	7.17	26.52	73.48
3/8"	9.525	70.56	2.02	28.54	71.46
1/4"	6.350				
No4	4.760	5.26	0.15	34.56	65.44
BASE		0.00	0.00	0.0	100.0
TOTAL		3500.00	100.00		
% PERDIDA		0.00			

S50 Una abertura en el tamiz mediante la cual pasaría el X en proporción del material de la capa superior en peso: 88.55.

Figura 6

Análisis granulométrico de piedra chancada 3

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	PESO CORREGI.	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3 1/2"	88.900	88.16	188.95	15.26	31.25	100.00	P.L.= 3500.00
3"	76.200	75.16	166.23	17.56	28.77	74.26	
2 1/2"	63.500	66.92	145.26	19.26	61.23	43.55	
2"	50.600	77.15	167.15	24.26	63.23	45.78	
1 1/2"	38.100	45.12	165.23	19.56	49.78	38.62	z w = 4.10
1"	25.400	109.00	243.17	6.95	22.21	77.79	TAMAÑO MAX. NOMINAL :
3/4"	19.050	140.00	274.17	7.83	14.78	85.22	3/4"
1/2"	12.700	304.00	438.17	12.52	27.30	72.70	
3/8"	9.525	208.00	342.17	9.78	37.08	62.92	
1/4"	6.350						
No4	4.760	629.00	763.17	21.80	58.88	41.12	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380	92.14	226.31	6.47	65.35	34.65	D10= 0.505 Cu= 18
No10	2.000						D30= 1.486 Cc= 0.5
No16	1.190	82.56	216.73	6.19	71.54	28.46	
No20	0.840						
No30	0.590	99.25	233.42	6.67	78.21	21.79	MÓDULO DE FINEZA
No40	0.420						
No 50	0.300	163.17	297.34	8.50	86.70	13.30	
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	53.78	187.95	5.37	92.07	7.93	
No200	0.074	6.69	140.86	4.02	96.10	3.90	OBSERVACIONES:
BASE		2.41	3500.00	100.00	100.00	0.00	
TOTAL			3500.00	100.00			
% PERDIDA							

$$\frac{205.60}{88.55} \leq 5$$



$$2.32 \leq 5$$

El tamaño más grande permitido es 2,95 pulgadas o 7,5 cm.

El tamaño más pequeño será de 1,97 pulgadas o 5 cm.

Como se dijo se ha de compactar un espesor de 7,5cm; Se requiere un espesor límite de 15cm. Se comprimirá en 2 capas con el fin de acatar con la granulometría de la dimensión mínima de 5cm o 1,97 pulgadas y dos tercios de la capa compactada.

Concluimos finalmente con respecto al diseño del pedraplén.

Base: la dimensión más grande permitida es 15,0 cm/5,90 pulg.

13,2 cm o 5,19 pulgadas será el tamaño mínimo.

Como ya hemos dicho, se comprimirá cada 20 cm, siendo necesario un espesor mínimo de 60 cm. Para alcanzar los dos tercios de la capa compactada y adherirse a la granulometría, se comprimirá en tres capas.

Cuerpo: Estará disponible un tamaño máximo de 10, cm (3,94 pulgadas).

El tamaño más pequeño requerido es 3,28 pulgadas o 8,34 cm.

Como ya hemos dicho, se necesita un espesor mínimo de 25 cm; Se comprimirá un espesor de 12,5 cm. Para cumplir con la granulometría de un tamaño máximo de 10 cm o 3,94 pulgadas, se triturará en dos capas, compactándose dos tercios de cada capa. y el tamaño mínimo es 3,28 pulgadas o 8,34 cm.

Corona o transición: Se permitirá un máximo de 2,95 pulgadas o 7,5 cm.

El tamaño más pequeño será de 1,97 pulgadas o 5 cm.

Como ya hemos dicho, el espesor se comprimirá hasta un mínimo de 15 cm.

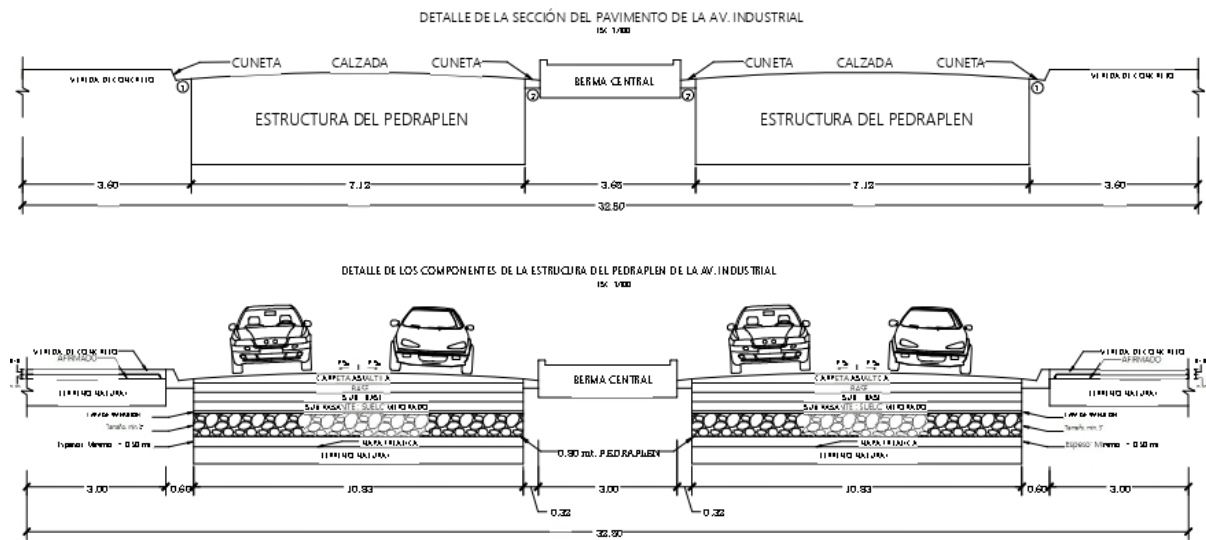
El espesor será de 7,5 cm. Se triturará en dos capas, una por cada uno de los dos

tercios de la capa compactada y de granulometría de tamaño mínimo de 5 cm (1,97 pulgadas).

Los detalles relevantes se muestran a continuación:

Figura 7

Detalles de sección de la estructura diseñada





CONCLUSIONES

PRIMERA. Los suelos finos, dentro de ellos los suelos plásticos, son los más perjudiciales en la conformación de los componentes estructurales de un pavimento; la presencia de suelos plásticos en la subrasante de la Av. Industrial de la localidad distrital de Juliaca, ha originado la preocupación de mejorarlo en sus propiedades mecánicas y se proteja de la humedad subterránea con el diseño de una capa de pedraplén, que tenga la función de controlar el fenómeno de ascensión capilar; este propósito garantizara la construcción y diseño de un pavimento de calidad para la Av. Industrial de la localidad distrital de Juliaca.

SEGUNDA. Suelos plásticos en la subrasante de la Av. Industrial de la localidad distrital de Juliaca fueron probados en un laboratorio; se obtuvieron los siguientes valores: el coeficiente de curvatura (Cu) de la granulometría del suelo no se puede calcular y el contenido de humedad natural es de 21,0%; El suelo pertenece al A - 4 en la clasificación de suelos AASHTO, con un índice de plasticidad (Ip) de 15.38% por limitaciones de consistencia; Es de 1.537 gr/cm³ en la densidad máxima seca por compactación y del 5,10% en la relación de soporte California (CBR); Podemos inferir que los suelos investigados son de mala calidad y que pueden ser mejorados o reemplazados por suelos de mejor calidad con base en la evaluación de los resultados utilizando los requisitos técnicos recomendados en el manual del MTC EG – 2013.



N°	Ensayos de laboratorio	Suelo subrasante	MTC EG – 2013
1	Contenido natural de humedad.	21.00	11.17
2	Análisis granulométrico.	--	1 – 3
3	Limitación de consistencia.	15.38	< 12.00
4	Categorización de suelos.	A – 4	A – 3
5	Densidad seca máxima por compact.	1.537	> 1.6
6	Vinculación soporte california (CBR).	5.10	> 10.00

TERCERA. Se propone el mejoramiento de la pavimentación plástica de la subrasante con adición del 15 % en peso de agregados; los resultados alcanzados son: en el índice plástico (Ip) de la limitación de consistencia el valor del 7.11 %; podemos concluir que este proceso de mejoramiento de la pavimentación plástica de la subrasante se transforma en suelos de calidad y que cumple con las especificaciones mencionadas con base en los resultados evaluados con los requerimientos técnicos sugeridas en el EG – 2013 del MTC, que valora la densidad máxima seca por compacto en 1.818 gr/cm³ y la vinculación de aguante California (CBR) del 12,80%.

N°	Ensayos de laboratorio	Suelo Natural	15 % Agreg.	MTC EG – 2013
1	Limitación de consistencia.	15.38	7.11	< 12.00
2	Densidad seca máxima	1.537	1.818	> 1.6
3	Relación soporte california (CBR).	5.10	12.80	> 10.00



CUARTA. Estudiado la humedad natural de los suelos plásticos de la subrasante que tiene el valor del 21.00 %, el perfil estratigráfico que corresponde en la clasificaciones SUCS a suelos CL y en la categorización AASHTO a suelos A – 4; con base en estos hallazgos se calculó el índice de consistencia (Ic) el cual resultó en 1.41, indicando un estado de suelo sólido; se calculó el índice de compresibilidad (CC) y resultó en 0,29, indicando una compresibilidad media; y se calculó el índice de liquidez (IL) que resultó en 0,41, lo que indica un estado plástico del suelo. Los hallazgos han concluido que estos tipos de suelo son muy sensibles a la humedad, por lo que es necesario controlar la humedad del subsuelo.

QUINTA. Efectuado el estudio de las características del tránsito vehicular, proyectado dando el resultado de EAL de 101.112; del que concluye en mencionar que se prevé la circulación de trasportes pesados que se encuentren en gran intensidad.

SEXTA. El control de la ascensión capilar de las aguas subterráneas, requiere de la capa conformada por un pedraplén de las características siguientes: tamaño de piedras de 3 ½"; espesor de la base 15 cm.; espesor del cuerpo 10 cm. Y la corona de 7.5 cm. Haciendo un total de 32.5 cm de espesor; del que se asume 35.00 cm.



RECOMENDACIONES

- PRIMERA.** Dado que la subrasante de un pavimento es el primer elemento estructural crucial que determina su calidad y longevidad, los pisos deben ser de alto calibre y cumplir con los lineamientos de diseño recomendados por el MTC. Si los suelos son de mal calibre, se deben evaluar para mejorar sus características y/o reemplazarlos por suelos de mayor calidad mecánica.
- SEGUNDA.** Al diseñar pavimentos, dos factores cruciales que deben tenerse en cuenta son la napa freática poco profundo y la existencia de suelos plásticos. Este problema prevalece en toda la ciudad de Juliaca; Además de su terreno plano, los suelos plásticos de la subrasante y la notable presencia de humedad subterránea requieren una zonificación para lograr la construcción de pavimentos de alta calidad y durabilidad. Implícitamente, los suelos plásticos de baja calidad necesitan mejorar sus cualidades mecánicas o sustituirse preferentemente por suelos granulares.
- TERCERA.** Los procedimientos de estabilización aumentarán las cualidades mecánicas de los suelos plásticos; para ello es necesaria una evaluación científica y financiera y elegir la opción óptima. Se recomienda que la investigación sobre suelos plásticos se difunda ampliamente por razones de pavimentación, ya que la edificación de la pavimentación de la localidad distrital de Juliaca aún es compleja y poco duradera.



- CUARTA.** Se recomienda a los futuros profesionales de Ingeniería Civil de las Casas Superiores que funcionan en la localidad distrital de Juliaca, abordar mayores y adecuados estudios de suelos finos y de control de la humedad generada por el fenómeno de ascensión capilar; siendo este conocimiento poco abordado.
- QUINTA.** El estudio de tránsito vehicular de igual forma, no está bien abordado; es una variable importante, el que debe ser debidamente estudiado ya que tiene incidencia considerable en la durabilidad de pavimentos construidos.
- SEXTA.** El control adecuado y definitivo de la ascensión capilar del agua subterránea se logra con el diseño de una capa de pedraplén, sin embargo, su diseño no está bien difundido mucho menos no es específico; conocimiento que puede generarse con el desarrollo de trabajos de tesis por futuros profesionales de la ingeniería civil.



REFERENCIAS

- Bowles J. E. (1982) Manual de Laboratorio de Mecánica de Suelos. Editorial Mac Graw - Hill Latinoamericana. Bogotá, Colombia.
- Bowles J. E. (1982) Propiedades Físicas de los Suelos. Ediciones Lerner. México.
- Choquehuanca C. P (2012) Evaluación Geotécnica del Terreno de Fundación de las Cimentaciones Superficiales en las Construcciones de la Av. Costanera, I y II Etapa-Puno. Tesis de Ing. Geólogo. EPIG - UNAP.
- Córdova, J. Y. (1999). Estudio Geológico - Geotécnico y Prospección de Materiales. Comité Internacional Española de Grandes Presas. Madrid, España.
- Crespo V.C. (1990) Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Editorial Limusa Noriega. México.
- De La Cruz y Salcedo (2016), "Estabilización de Suelos Cohesivos por Medio de Aditivos (Eco Road 2000) para Pavimentación en Palian – Huancayo – Junín". Perú.
- Del Aguila R.P (1999). Experiencias sobre el Diseño y Criterios para la Construcción de Pavimentos en Zonas de Altura.10ºcongreso Ibero Latino Americano del Asfalto. Sevilla, España.11p.
- Hernández, Mejía y Zelaya (2016), "Propuesta de Estabilización de Suelos Arcillosos para su Aplicación en Pavimentos Rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador". Universidad de El Salvador
- Jiménez S. J. A. (1980) Geotecnia y Cimientos (tomo I, II, III). Editorial Limusa. México.
- Juárez B. E. (1996). Mecánica de Suelos: tomos I, II, y III, Editorial. Limusa, México.



- Lambe, W. y Whitman, R.V. (1989). Mecánica de Suelos, Editorial. Limusa. México.
- Mantilla, A. E. (2001) Composición y Clasificación de Rocas Ígneas. México.
- Martines V. A. J. (1991) Geotecnia para Ingenieros. Editorial UNI. Lima, Perú.
- Ministerio De Transportes y Comunicaciones. MTC (2000) Manual de Dispositivos de Control del Tránsito Automotor para Calles y Carreteras. Lima, Perú.
- Olarte (2015), "Proceso Innovado para Determinar el Espesor de Subrasante Mejorada en Suelos Limo-Arcillosos Aplicado en la Carretera Puente Raither – Puente Paucartambo", Cusco Perú.
- Ordoñez & Minaya. (1975) UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA Manual de Laboratorio de Suelos. Editorial UNI, Lima, Perú.
- Palacios, M. O. (1993) INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO METALÚRGICO (INGEMMET). Boletín N°32. Geología del Perú. Primera Edición. Lima, Perú.
- Peck R. B.; Hanson W. E.; Thornmurn T. H. (1998) Ingeniería de Cimentaciones. Editorial Limusa. México.
- Quispe (2008), "Análisis y control de la ascensión capilar en los suelos en la construcción de vías". UANCV – Perú.
- Quispe (2016), "Evaluación Geológica – Geotécnica para el Proceso Constructivo de la Avenida Jallihuaya – Puno". UANCV – Perú.
- Rico. R. A.; Castillo. H. (2006) Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres: Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas, (Volumen 1).
- Terzaghi, K. (1959). Fundamentos de la Mecánica de Suelos. Tomo I.
- Troncoso J. H. (1997) Fundamentos de Ingeniería Geotécnica Antisísmica. Segunda Edición. Ediciones Universidad Católica de Chile.



Universidad Nacional De Ingeniería (1975) Manual de Laboratorio de Suelos.

Valderrama M. (2001) Pasos para Elaborar Proyectos y Tesis de Investigación Científica. Editorial. San Marcos. Lima, Perú.

Zoncco L. R. (2003). Parámetros Geotécnicos en la Construcción de la Carretera Transoceánica, Tramo Huacochullo Titiri, Progresiva: 95+500 al 97+700. Tesis de Ingeniero Geólogo. EPIG - UNAP.



ANEXOS



Anexo 01. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicadores	Índices	Instrumentos de medición
<p>Problema general ¿Cuáles son las características a considerar en el mejoramiento mecánico de suelos plásticos de la subrasante y su protección de la humedad subterránea empleando estructuras de pedraplén de pavimentos de la ciudad de Juliaca?</p>	<p>Objetivo general Establecer el mejoramiento mecánico de suelos plásticos de la subrasante y su protección de la humedad subterránea empleando estructuras de pedraplén de pavimentos de la ciudad de Juliaca.</p>	<p>Hipótesis general El mejoramiento mecánico de suelos plásticos de la subrasante se efectuará con la adición de agregados en 15 % referido a su peso y la protección de la humedad subterránea con el diseño de la estructura de un pedraplén.</p>	<p>Variable Independiente:</p>	<ul style="list-style-type: none"> Propiedades físicas y mecánicas de suelos de la subrasante. 	<ul style="list-style-type: none"> Contenido natural de humedad, análisis granulométrico, clasificación de suelos, límites de consistencia, densidad seca máxima por compactación y CBR. 	<ul style="list-style-type: none"> ASTM D 422, ASTM D 2216, ASTM D 1557, ASTM D 4245, EG – 2013 del MTC.
<p>Problemas específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> ¿Cómo son las propiedades físicas y mecánicas de suelos de la subrasante de pavimentos a construir en la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca, con aplicación de las especificaciones de la norma EG – 2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones? ¿Cómo son las propiedades mecánicas de los suelos mejorados de la subrasante, con adición del 15 % de agregados del pavimento de la Av. Industrial a construir en la ciudad de Juliaca, con aplicación de las especificaciones de la norma EG – 2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones? ¿Cómo son las características de las aguas subterráneas en la subrasante del pavimento a construir de la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca? ¿Cómo son las características del tránsito vehicular pesado en los pavimentos a construir en la ciudad de Juliaca? ¿Cuáles son las características del diseño de la estructura de un pedraplén para el control de la ascensión capilar de las aguas subterráneas en el pavimento de la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca? 	<p>Objetivos específicos</p> <ol style="list-style-type: none"> Identificar las propiedades físicas y mecánicas de suelos de la subrasante de pavimentos a construir en la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca, con aplicación de las especificaciones de la norma EG – 2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Identificar las propiedades mecánicas de los suelos mejorados de la subrasante, con adición del 15 % de agregados del pavimento de la Av. Industrial a construir en la ciudad de Juliaca, con aplicación de las especificaciones de la norma EG – 2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Identificar las características de las aguas subterráneas en la subrasante del pavimento a construir de la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca. Establecer las características del tránsito vehicular pesado en los pavimentos a construir en la ciudad de Juliaca. Diseñar la estructura de un pedraplén para el control de la ascensión capilar de las aguas subterráneas en el pavimento de la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca. 	<p>Hipótesis específicas</p> <ol style="list-style-type: none"> Las propiedades físicas y mecánicas de suelos de la subrasante de pavimentos a construir en la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca, con aplicación de las especificaciones del manual EG – 2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones; son de baja calidad. Las propiedades mecánicas de los suelos mejorados de la subrasante, con adición del 15 % de agregados del pavimento de la Av. Industrial a construir en la ciudad de Juliaca, cumplen con las especificaciones del manual EG – 2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Las aguas subterráneas generan el fenómeno de ascensión capilar de las aguas subterráneas hacia la subrasante del pavimento a construir de la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca. Las características del tránsito vehicular pesado proyectado en la circulación del pavimento de la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca, será intensa. Las características del diseño de la estructura de un pedraplén para el control de la ascensión capilar de las aguas subterráneas en el pavimento de la Av. Industrial de la ciudad de Juliaca; cumplirán con las especificaciones técnicas del manual EG – 2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 	<p>Características de la subrasante del pavimento</p> <ul style="list-style-type: none"> Características de las aguas subterráneas en la subrasante. Características del tránsito vehicular pesado proyectado. 	<ul style="list-style-type: none"> Perfil estratigráfico de la subrasante del pavimento. Napa freática y sus variaciones. Altura de ascensión capilar. Vehículos ligeros. Vehículos medianos. Vehículos pesados. 	<ul style="list-style-type: none"> Ascensión capilar, EG – 2013 del MTC. Aforo los 7 días de la semana. 	
			<p>Variable Dependiente:</p>	<ul style="list-style-type: none"> Propiedades mecánicas de los suelos mejorados de la subrasante, con adición del 15 % de agregados. Diseño de la estructura de un pedraplén para el control de la ascensión capilar de las aguas subterráneas. 	<ul style="list-style-type: none"> Contenido natural de humedad, análisis granulométrico, clasificación de suelos, límites de consistencia, densidad seca máxima por compactación y CBR. Coronación, Transición, Núcleo y Cimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> ASTM D 422, ASTM D 2216, ASTM D 1557, ASTM D 4245, EG – 2013 del MTC. EG – 2013 del MTC.

Anexo 02. Panel fotográfico

Fotografía 01

Detalle de la obtención de muestra de suelo de la subrasante de la "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Juli, 2021.

Fotografía 02

Detalle de la obtención de muestra de suelo de la subrasante de la "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Juli, 2021.

Fotografía 03

Detalle de la preparación de muestras de suelo de la subrasante para efectuar los ensayos correspondientes - "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Juli, 2021.

Fotografía 04

Detalle de las muestras de suelo de la subrasante preparadas para efectuar los ensayos correspondientes - "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Julio, 2021.

Fotografía 05

Detalle de las muestras de suelo de la subrasante preparadas para efectuar los ensayos correspondientes - "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Julio, 2021.

Fotografía 06

Características superficiales de la vía no pavimentada "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Julio, 2021.

Fotografía 07

Características del tipo de suelos de la subrasante de la "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Julio, 2021.

Fotografía 08

Características del tipo de suelos de la subrasante de la "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Julio, 2021.

Fotografía 09

Características del tipo de suelos de la subrasante de la "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Julio, 2021.

Fotografía 10

Características geométricas extraordinarias de la "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Julio, 2021.

Fotografía 11

Características geométricas extraordinarias de la "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Julio, 2021.

Fotografía 12

Características geométricas extraordinarias de la "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Julio, 2021.

Fotografía 13

Características de la falta de obras de drenaje de la "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Julio, 2021.

Fotografía 14

Características de la falta de obras de drenaje de la "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Julio, 2021.

Fotografía 15

Características de la falta de obras de drenaje de la "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Julio, 2021.

Fotografía 16

Características de la falta de obras de drenaje de la "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Julio, 2021.

Fotografía 17

Características de la falta de obras de drenaje de la "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Julio, 2021.

Fotografía 18

Características de abandono de residuos de la construcción y demoliciones en la superficie de la "Av. Industrial" de la ciudad de Juliaca.



Nota: Material propio de la tesis – Julio, 2021.



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital [X]

Fecha de entrega: 24/04/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: Julio Misme Medina

Dirección: Jr. José Carlos Mariátegui N° 210 - Juliaca

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 25319220

Teléfono: 931-580-125 email: mismejul@hotmail.com

Nombres y Apellidos:

Dirección:

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:

Teléfono: email:

Facultad y/o Escuela de Posgrado:

Escuela Profesional o Mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

Título o Grado Académico a optar: Magister en Ingeniería Civil.

Asesor: Mgtr. Franz Joseph Barahona Peralas.

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación [] Tesis [X] Trabajo de Suficiencia Profesional [] Trabajo Académico []

Título: "Mejoramiento Mecánico de Suelos Plásticos de la Subrasante y su Protección de la humedad Subterránea Empleando Estructuras de Pedraplen de Pavimentos de la ciudad de Juliaca."

Palabras claves, (3 a 5 términos): Suelos Plásticos subrasante, Pedraplen

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

1, 2

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

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



2. Referencia de tesis:

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

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo

Jurisdicción de su Licencia

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


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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: Tecnología de la construcción - ISO


Firma de Autor



huella digital

24-Abril-2024

Fecha