



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



**PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE
DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE
DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:
CESAR CONDORI CAHUANA

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

JULIACA – PERÚ
2025



**UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

**PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE
DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE
DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

CESAR CONDORI CAHUANA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

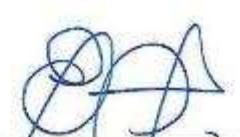
MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

APROBADA POR:

PRESIDENTE DEL JURADO :


Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

MIEMBRO DEL JURADO :


Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

MIEMBRO DEL JURADO :


Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

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°0190-2025-D-EPG-UANCV/J**

Juliaca, 20 de junio del 2025

VISTOS:

El expediente N° 2025-005384 presentado por el (la) Bachiller: **CESAR CONDORI CAHUANA** quien solicita nominación de jurados, fecha y hora de sustentación de tesis, en la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez".

CONSIDERANDO:

Que, el (a) Bachiller: **CESAR CONDORI CAHUANA** con número de DNI 70117110 con número de matrícula 1420100279 ha solicitado asignación de jurados, Fecha y hora de sustentación de la Tesis Titulada: **PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024** para optar el GRADO de: **MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL** Mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez;

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

Que, mediante Resolución N°1675-2024 -USA-EPG/UANCV SE APRUEBA Y AUTORIZA LA EJECUCION DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACION y con Resolución N°2083-2024-USA-EPG/UANCV, se APRUEBA y AUTORIZA EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) Titulada: **PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024** La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**;

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

Y estando, la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y el Director de la Escuela de Posgrado mediante acta de sorteo de jurado, con registro N° 000176 de fecha: 18 de junio de 2025 se nomina jurados.

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

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

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - DECLARAR APTO para la sustentación presencial del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN** (borrador de tesis), **TITULADO: PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024** del (la) Bach: **CESAR CONDORI CAHUANA**, para optar el GRADO de: **MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL** Mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, en virtud de los considerandos expuestos.

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

Presidente	: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
Primer miembro	: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
Segundo miembro	: Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Asesor	: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

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

Fecha	: Miércoles, 25 de junio del 2025
Hora	: 4:00 p.m..
Lugar	: Aula N°309 EPG-UANCV-JULIACA

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

Regístrese, comuníquese y archívese.


VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO
Dr. Javier Román Quispe Zapana
DIRECTOR (a)

RECIBIDO
DIRECCIÓN EPG, JULIACA



UNIVERSIDAD ANDINA

"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

ESCUELA DE POSGRADO

RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 02083-2024-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 29 de noviembre de 2024

VISTOS:

El Expediente N° 2024-014336 de fecha 25 de noviembre de 2024, el (la) Bach. **CESAR CONDORI CAHUANA**, con DNI N° 70117110, código de matrícula N° 1420100279, quien solicita Revisión de Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis); **INFORME N° 001071-2024-UI-EPG-UANCV** y el **Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)"** del 29 de noviembre de 2024, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

CONSIDERANDO:

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

Que, con Expediente N° 2024-014336 el (la) Bach. **CESAR CONDORI CAHUANA**, solicita la revisión y aprobación del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) titulado: **PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**, para optar el **GRADO de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL**, mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**.

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

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión **FAVORABLE** al Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis).

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró el asesoramiento en el Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) del **ASESOR McS. FRANZ JOSEPH BBARAHONA PERALES**; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según **INFORME N° 001071-2024-UI-EPG-UANCV** y el **Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)"** en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, titulado: **PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024** presentado por el (la) Bach. **CESAR CONDORI CAHUANA**, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RATIFICAR, como **ASESOR** al (a) **McS. FRANZ JOSEPH BBARAHONA PERALES**.

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

Regístrese, comuníquese y archívese.



Dr. Leopoldo Wenceslao Condori Chiri
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO

DISTRIBUCIÓN:
DIRECCIÓN DNI, INTERESADO,
SECRETARÍA ACADÉMICA

**UNIVERSIDAD ANDINA**
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO**RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 01675-2024-USA-EPG/UANCV**

Juliaca, 15 de octubre de 2024

VISTOS:

El Expediente N° 2024-011620 de fecha 17 de **setiembre de 2024**, el (la) Bach. **CESAR CONDORI CAHUANA**, con DNI N° 70117110, código de matrícula N° 1420100279, quien solicita Revisión de propuesta de Investigación; **INFORME N° 00624-2024-UI-EPG-UANCV** y el Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación" del 09 de **octubre de 2024**, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

CONSIDERANDO:

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

Que, con Expediente N° 2024-011620 el (la) Bach. **CESAR CONDORI CAHUANA**, solicita la revisión y aprobación de la propuesta de Investigación titulado: **PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**, para optar el **GRADO de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL**, mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**.

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

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

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

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según **INFORME N° 00624-2024-UI-EPG-UANCV** y el Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación" en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, titulado: **PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024** presentado por el (la) Bach. **CESAR CONDORI CAHUANA**, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como **ASESOR** al (a) **McS. FRANZ JOSEPH BBARAHONA PERALES**.

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

Regístrese, comuníquese y archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO
Juliaca, 15 de octubre de 2024
DIRECTOR(a)



CESAR CONDORI CAHUANA

PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUES...

 TESIS DE MAESTRIAS

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::13016:525025578

Fecha de entrega

8 nov 2025, 12:47 GMT-5

Fecha de descarga

9 nov 2025, 10:30 GMT-5

Nombre del archivo

T036_70117110_M.docx

Tamaño del archivo

9.8 MB

123 páginas

17.363 palabras

91.964 caracteres



16% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 10%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 15%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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

Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	CESAR CONDORI CAHUANA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70117110
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-4789-3694
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	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4219-1007
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	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	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02406088
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-9858-2464
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	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"  https://maps.app.goo.gl/hshQ7VPwLbKRmPPW7
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Octubre 2024 – Junio 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03 Ingeniería estructural y municipal https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.04



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
ESCUELA DE POSTGRADO

Dr. Jesús Mamani Mamani
DIRECTOR
DE INVESTIGACIÓN - EPG



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo CESAR CONDORI CAHUANA, identificado con DNI

Nro. 70117110, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

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

PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA
AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024

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 09 de octubre del 2025

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)

Huella



DEDICATORIA

A mi familia, por ser la base de todo lo que soy.

A mi madre amada, Elena, por su incansable apoyo, su fe en mis capacidades y su amor, que ha sido luz en los momentos más oscuros.

A mi hermana, Lita, por su compañía y ánimo a lo largo de este camino.

A la memoria de mi padre, Ceferino, cuyo legado de esfuerzo, honestidad y amor por el conocimiento sigue guiando cada uno de mis pasos. Aunque no esté físicamente a mi lado, su ejemplo vive en mí y me ha impulsado a no rendirme jamás.

A mi querido sobrino, Alain César, con la esperanza de que esta meta alcanzada sea también una semilla de inspiración para que, en su momento, él también coseche sus propios logros y siga construyendo un futuro lleno de sueños cumplidos.

A la universidad que me acogió en este proceso de formación, por brindarme un espacio académico y de crecimiento personal. A los miembros del jurado, por su tiempo y aportes valiosos. Y a mi asesor, por su guía constante, paciencia y compromiso durante el desarrollo de este trabajo.



AGRADECIMIENTO

Culminar esta etapa académica representa no solo un logro personal, sino también el resultado del esfuerzo conjunto, el acompañamiento constante y el valioso apoyo de muchas personas que han sido parte de este recorrido.

En primer lugar, agradezco a Dios, por brindarme fortaleza, sabiduría y guía a lo largo de todo este proceso.

A mi familia, por ser el pilar fundamental en mi vida.

A mi madre, Elena, gracias por ser mi luz constante, por su paciencia infinita y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Su amor y sacrificio han sido la base sólida sobre la que he construido este sueño.

A mi hermana, Lita, por su apoyo, sus palabras.

A la memoria de mi padre, Ceferino, cuyo ejemplo de trabajo, honestidad y amor por el conocimiento sigue siendo un faro y motivación para seguir adelante, aun en su ausencia física continúa siendo mi inspiración.

A mi querido sobrino, Alain César, deseo que este logro sea un pequeño legado para que él también se inspire a perseguir sus metas con valentía y pasión.

Agradezco de manera especial a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, por haberme brindado la oportunidad de formarme profesionalmente en el programa de Maestría en Ingeniería Civil, mención Geotecnia y Transportes.

A los miembros del jurado evaluador, por el tiempo dedicado, sus observaciones críticas y valiosos aportes que contribuyeron al fortalecimiento de esta investigación.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUCCIÓN.....	xi

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.....	13
1.2 Planteamiento del problema.....	16
1.2.1. Problema general.....	16
1.2.2. Problemas específicos.....	16
1.3 Justificación de la investigación.....	16
1.3.1. Justificación técnica.....	16
1.3.2. Justificación económica.....	17
1.3.3. Justificación social.....	17
1.3.4. Justificación ambiental.....	17
1.4 Objetivos de la investigación.....	18
1.4.1. Objetivo general.....	18
1.4.2. Objetivos específicos.....	18
1.5 Importancia y alcance de la investigación.....	18
1.6 Limitaciones y delimitaciones de la investigación.....	19
1.6.1. Limitaciones.....	19
1.6.2. Delimitación.....	19
1.7 Hipótesis.....	20
1.7.1. Hipótesis general.....	20
1.7.2. Hipótesis específicas.....	20
1.8 Variables.....	20
1.8.1. Variable independiente.....	20
1.8.2. Variable dependiente.....	20



1.9 Operacionalización de variables	22
---	----

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación	23
2.1.1. Antecedentes internacionales	23
2.1.2. Antecedentes nacionales	24
2.1.3. Antecedentes locales	27
2.2 Bases teóricas.....	28
2.2.1. Suelos de subrasante	28
2.2.2. Pavimentos	30
2.2.3. Diseño de pavimentos.....	34
2.2.4. Estudio de tráfico vehicular	36
2.3 Marco conceptual	41

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de investigación.....	43
3.2 Método de investigación	43
3.3 Tipo de investigación.....	44
3.4 Nivel de Investigación.....	44
3.5 Diseño de investigación.....	45
3.6 Población y muestra	45
3.6.1. Población	45
3.6.2. Muestra.....	45
3.6.3. Procedimiento	46
3.7 Técnicas e instrumentos de investigación	46
3.8 Procesamiento y análisis de datos	47

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados obtenidos	48
4.1.1. Propiedades que presentan los suelos a nivel de subrasante para la construcción de vías	48
4.1.2. Valores ESAL de diseño según estudio de tráfico de vías.....	65



4.1.2.1	IMD salida Cusco.....	66
4.1.2.2	IMD salida Huancané.....	67
4.1.3.	Propuesta de diseño de vías utilizando la guía americana de diseño	
	AASHTO 93	72
4.2	Discusión de resultados	79
CONCLUSIONES		82
RECOMENDACIONES.....		83
REFERENCIAS		84
ANEXOS		87



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	22
Tabla 2 Ejes equivalentes	38
Tabla 3 Factores de distribución direccional y de carril de diseño	40
Tabla 4 Cantidad de calicatas	48
Tabla 5 Análisis granulométrico – calicata 01	49
Tabla 6 Resultados generales – calicata 01	49
Tabla 7 Análisis granulométrico – calicata 02	50
Tabla 8 Resultados generales – calicata 02	50
Tabla 9 Análisis granulométrico – calicata 03	51
Tabla 10 Resultados generales – calicata 03	51
Tabla 11 Análisis granulométrico – calicata 04	52
Tabla 12 Resultados generales – calicata 04	52
Tabla 13 Análisis granulométrico – calicata 05	53
Tabla 14 Resultados generales – calicata 05	53
Tabla 15 Análisis granulométrico – calicata 06	54
Tabla 16 Resultados generales – calicata 06	54
Tabla 17 Análisis granulométrico – calicata 07	55
Tabla 18 Resultados generales – calicata 07	55
Tabla 19 Análisis granulométrico – calicata 08	56
Tabla 20 Resultados generales – calicata 08	56
Tabla 21 Resumen de análisis granulométrico de 06 calicatas	57
Tabla 22 Porcentaje de humedad – 06 calicatas	57
Tabla 23 Limite plástico, limite líquido, índice de plasticidad	58
Tabla 24 Clasificación de suelos AASHTO Y SUCS	58
Tabla 25 Proctor modificado, máxima densidad seca – humedad optima	63
Tabla 26 Valores de CBR al 100% y 95% de MDS	63
Tabla 27 Cuadro resumen del estudio de mecánica de suelos	64
Tabla 28 Índice medio diario salida Cusco	66
Tabla 29 Índice medio diario salida Huancané	67



Tabla 30 Valores de factor de crecimiento acumulado (Fca).....	68
Tabla 31 Valores de factores de direccional y de carril	69
Tabla 32 Resumen de cálculo de ejes equivalente – salida Cusco	70
Tabla 33 Resumen de cálculo de ejes equivalente – salida Huancané	71
Tabla 34 Cálculo de ESAL de diseño – salida Cusco.....	72
Tabla 35 Cálculo de ESAL de diseño – salida Huancané.....	72
Tabla 36 Confiabilidad	74
Tabla 37 Confiabilidad salida Cusco – salida Huancané	74
Tabla 38 Desviación estándar estimados	74
Tabla 39 Desviación normal estándar (Zr).....	75
Tabla 40 Condiciones de Serviciabilidad (PSI)	75
Tabla 41 Serviciabilidad, serviciabilidad inicial(pi) y final(pt)	76
Tabla 42 Resumen de condiciones para diseño de pavimento – salida Cusco.....	77
Tabla 43 Espesores de pavimento – salida Cusco	78
Tabla 44 Resumen de condiciones para diseño de pavimento – salida Huancané.....	78
Tabla 45 Espesores de pavimento – salida Huancané	78



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura del pavimento flexible y rígido	31
Figura 2 Estructura típica de un pavimento flexible	32
Figura 3 Estructura típica de un pavimento rígido	32
Figura 4 Pavimento articulado	33
Figura 5 Curva granulométrica – calicata 01	49
Figura 6 Curva granulométrica – calicata 02	50
Figura 7 Curva granulométrica – calicata 03	51
Figura 8 Curva granulométrica – calicata 04	52
Figura 9 Curva granulométrica – calicata 05	53
Figura 10 Curva granulométrica – calicata 06	54
Figura 11 Curva granulométrica – calicata 07	55
Figura 12 Curva granulométrica – calicata 08	56
Figura 13 Relación MDC y OCH – calicata 01	59
Figura 14 Relación MDC y OCH – calicata 02	59
Figura 15 Relación MDC y OCH – calicata 03	60
Figura 16 Relación MDC y OCH – calicata 04	60
Figura 17 Relación MDC y OCH – calicata 05	61
Figura 18 Relación MDC y OCH – calicata 06	61
Figura 19 Relación MDC y OCH – calicata 07	62
Figura 20 Relación MDC y OCH – calicata 08	62



RESUMEN

La presente investigación denominada "Plan de mejoramiento de los suelos de la subrasante para la construcción de vías y propuesta de diseño utilizando la guía americana de diseño en el distrito de Juliaca 2024", tiene como objetivo realizar el plan de mejoramiento de los suelos de la subrasante para la construcción de vías y propuesta de diseño utilizando la guía americana de diseño. La metodología de investigación fue de un enfoque cuantitativo, método científico, tipo aplicada, nivel descriptivo, diseño no experimental. Los resultados muestran suelos de subrasante inestables, con índices de plasticidad altos y con CBRs inadecuados, asimismo, se obtuvo un ESAL de 3,465,037.24 EE para la salida cusco y ESAL de 4,127,333.13 EE para la salida Huancané, por lo que en el diseño de las capas superiores mediante AASHTO 93 se requiere incrementar los espesores, debido a la baja capacidad de soporte del suelo de subrasante; finalmente, con los datos previos se hace el diseño de las capas de la estructura del pavimento independiente, teniéndose espesores para la carpeta asfáltica, base granular, subbase granular para la vía de salida cusco de 10 cm, 22 cm, 25 cm respectivamente, y para la vía de la salida Huancané de 15 cm, 22 cm, 25 cm respectivamente. En el estudio se concluye que, el plan de mejoramiento utilizado para suelos de subrasante en la construcción de vías principales del distrito de Juliaca, se realizó con el estudio preliminar de la subrasante y posteriormente con ayuda del AASHTO 93, de acuerdo valores de ESAL de diseño de las salidas Cusco y Huancané en donde se aumentó los espesores de capa asfáltica, base y subbase, a fin de contar con una estructura que soporte las cargas de tráfico actuales.

Palabras clave: Construcción de vías, diseño de pavimento, Guía ASSHTO 93, suelo de subrasante.



ABSTRACT

The present research called "Subgrade soil improvement plan for road construction and design proposal using the American design guide in the Juliaca district 2024", aims to carry out the subgrade soil improvement plan for road construction and design proposal using the American design guide. The research methodology was a quantitative approach, scientific method, applied type, descriptive level, non-experimental design. The results show unstable subgrade soils, with high plasticity indices and inadequate CBRs, also, an ESAL of 3,465,037.24 EE was obtained for the Cusco exit and ESAL of 4,127,333.13 EE for the Huancané exit, so in the design of the upper layers using AASHTO 93 it is necessary to increase the thicknesses, due to the low support capacity of the subgrade soil; Finally, with the previous data, the design of the layers of the independent pavement structure is made, having thicknesses for the asphalt layer, granular base, granular subbase for the Cusco exit road of 10 cm, 22 cm, 25 cm respectively, and for the Huancané exit road of 15 cm, 22 cm, 25 cm respectively. The study concludes that the improvement plan used for subgrade soils in the construction of main roads in the city of Juliaca was carried out with the preliminary study of the subgrade and subsequently with the help of AASHTO 93, according to ESAL design values for the Cusco and Huancané exits where the thicknesses of the asphalt layer, base and subbase were increased, in order to have a structure that supports current traffic loads.

Keywords: Road construction, pavement design, ASSHTO Guide 93, subgrade soil.



INTRODUCCIÓN

En la actualidad no hay suficiente asfalto en las calles del área metropolitana de la provincia de San Román, y las únicas vías accesibles a pie son las peatonales. A pesar de que existen aceras, las condiciones en que se encuentran no son satisfactorias para los peatones. En cuanto al transporte público, los medios más comunes son los mototaxis, los automóviles, las furgonetas y las combis. La necesidad de mejorar las condiciones de movilidad tanto de peatones como de vehículos en la región urbana de la provincia de San Román fue el impulso para la creación de este proyecto; debido a que los residentes tienen dificultades para desplazarse por las carreteras y llegar a sus lugares de trabajo dentro de la ciudad. Debido a los efectos de las lluvias, los caminos de tierra con los que cuentan actualmente no tienen ningún tipo de arreglo geométrico, y se encuentran en mal estado. Esto quedó demostrado durante la visita que se realizó a la zona. Los habitantes experimentan molestias como consecuencia de esta circunstancia debido a las preocupaciones sociales y económicas que están relacionadas con ella. La población está sometida a la inhalación de aire contaminado de forma regular, provocada por el polvo en suspensión que produce el tráfico en las carreteras interiores y exteriores de la zona urbana. Este mal escenario tiene un impacto perjudicial en la salud de la población. También se pone en peligro la seguridad de los peatones, ya que se les coloca en una posición en la que podrían ser vulnerables a accidentes causados por vehículos. Además, la recurrencia de los fenómenos pluviales, que se producen de forma cíclica, afecta sobre todo a las viviendas de la población que no dispone de infraestructuras adecuadas para las carreteras y los peatones.

La tesis está estructurada en cuatro (04) capítulos.

En el primer capítulo, se realiza el planteamiento de la investigación, el problema, los objetivos, la justificación, importancia, los alcances y limitaciones., delimitaciones.



En el segundo capítulo, se abordan los aspectos teóricos relacionados con pavimentos, diseños, propuestas de diseño de pavimentos.

En el tercer capítulo, hace referencia a la metodología empleada para realizar la investigación, así como enfoque, método, tipo, nivel, diseño de investigación. También como la población y muestra, técnicas de investigación, procesamiento y análisis de datos

En el cuarto capítulo, se hace la discusión, análisis y la interpretación de los resultados de la propuesta de mejoramiento de los suelos por espesores con software de guía AASHTO 93.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

Los desafíos en América Latina, los métodos como el del Instituto de Ingeniería UNAM (México) o el DNER (Brasil) subestiman la influencia de subrasantes expansivas, recurrentes en zonas tropicales. En el Caribe, la falta de estudios geotécnicos rigurosos previos al diseño conduce a soluciones inadecuadas, como demostró un estudio en República Dominicana donde el 70% de las fallas viales se atribuyeron a subrasantes no tratadas. Los métodos convencionales (AASHTO, Instituto del Asfalto, catálogos técnicos) asumen que las deformaciones permanentes ocurren únicamente en la subrasante, ignorando la contribución de capas granulares (base y subbase). Esto genera errores de predicción en vías con capas asfálticas delgadas o baja rigidez, donde los materiales granulares soportan esfuerzos significativos y desarrollan deformaciones permanentes. Los modelos no incorporan adecuadamente factores ambientales (humedad, ciclos hielo-deshielo) ni el efecto de cargas cíclicas en suelos inestables, lo que reduce la precisión en la vida útil proyectada.

La fragilidad estructural en suelos débiles, subrasantes con baja resistencia (e.g., suelos arcillosos expansivos o limosos) generan deformaciones elásticas excesivas en las capas superiores, causando agrietamiento prematuro en la superficie de rodadura. En



Brasil, el 91% de los hundimientos en pavimentos flexibles se originan en capas granulares y subrasantes no confinadas, agravado por la humedad. Los espesores mínimos de diseño (comunes en proyectos de bajo presupuesto) no compensan la inestabilidad, acelerando fallas como fisuras, baches y deformaciones plásticas. Las intervenciones tempranas para reparar fallas en subrasantes inestables incrementan los costos de mantenimiento hasta un 45% respecto a proyectos con refuerzo inicial. En República Dominicana, el 32% de los defectos en pavimentos flexibles se vinculan a inestabilidad de la subrasante. La vida útil se reduce drásticamente: proyectos diseñados para 10 años requieren rehabilitación a los 3-5 años en suelos problemáticos, afectando la operatividad vial y aumentando costos de transporte. Los avances insuficientes en investigación, aunque existen modelos mecanicistas para predecir deformaciones permanentes en materiales granulares, su calibración en condiciones reales (cargas dinámicas, humedad variable) es limitada. Esto obstaculiza su adopción en normativas internacionales. La caracterización de suelos inestables en laboratorio no siempre refleja su comportamiento in situ, especialmente en suelos tropicales y zonas con alta precipitación.

La problemática del diseño de pavimentos flexibles en Perú, especialmente cuando se trabaja con suelos de subrasante inestables, radica en varios factores técnicos y geotécnicos que afectan la durabilidad y funcionalidad de las vías. Primero, los suelos de subrasante inestables presentan baja capacidad portante, lo que genera deformaciones y fallas internas en el pavimento, como desplazamientos, bombeo y asentamientos, que comprometen la estructura del pavimento flexible y su vida útil. Estas condiciones se agravan por la naturaleza de los suelos predominantes en ciertas zonas del país, que pueden ser arcillosos, arenosos o con presencia de limos y gravas de baja calidad, lo que dificulta la estabilidad mecánica requerida para soportar las cargas vehiculares. Además, el diseño actual de pavimentos flexibles en Perú enfrenta la falta de información detallada y adecuada sobre los parámetros mecánicos y geotécnicos de los suelos, lo que limita la precisión en la estimación de espesores y materiales necesarios para el paquete estructural del pavimento. Esto se traduce en diseños que no siempre consideran las

condiciones reales del terreno, aumentando el riesgo de fallas prematuras. Otro aspecto relevante es la influencia del agua y el intemperismo en la degradación de la subrasante, que puede causar pérdida de estabilidad y resistencia, afectando la capacidad portante y favoreciendo la aparición de fallas por corte, compresión o desplazamiento lateral del material. La interacción de estas condiciones con el tránsito vehicular repetitivo genera tensiones que superan la resistencia de las capas inferiores, acelerando el deterioro. Finalmente, la problemática también incluye la necesidad de incorporar técnicas de estabilización de suelos, como el uso de residuos de vidrio o cal, para mejorar las propiedades mecánicas de la subrasante y reducir el impacto ambiental, pero estas soluciones aún están en fase de investigación y no se aplican de manera generalizada

A nivel local, debido a que permitirá mejorar considerablemente la fluidez del tránsito vehicular y peatonal en las calles, el objetivo de esta investigación es de gran relevancia para el desarrollo del distrito de Juliaca. Además, contribuirá a mejorar la calidad de vida en la región urbana de la provincia de San Román, lo cual es de gran importancia. La capacidad de proporcionar una buena serviciabilidad y un drenaje eficaz, así como la rentabilidad tanto en términos de construcción como de mantenimiento, son características deseables para un pavimento de calidad. Estas características incluyen la resistencia y durabilidad de los materiales frente a las cargas del tráfico y las fluctuaciones medioambientales, así como la capacidad de proporcionar una buena serviciabilidad. El diseño de los pavimentos flexibles debe hacer hincapié en la durabilidad y la resistencia a los daños para cumplir los requisitos de la legislación medioambiental y de seguridad. Cuando se trata de pavimentos rígidos, por otra parte, un diseño eficiente requiere la utilización de una mezcla de Concreto que sea duradera y robusta. Esto garantiza que el pavimento reciba un apoyo continuo y que haya suficiente transmisión de peso entre las losas. El objetivo es elegir el espesor de losa ideal para que las fuerzas que actúan sobre la estructura se mantengan dentro de los límites mínimos establecidos por la normativa vigente en este momento. Los métodos utilizados en la restauración y el diseño de firmes establecen un proceso cuyo objetivo es garantizar el mejor rendimiento estructural del firme

durante toda su vida útil. Los umbrales de tolerancia, tanto para la estructura como para la función, se establecen con el fin de fijar las normas de comportamiento. El diseñador debe prever el comportamiento del firme a lo largo de su vida útil utilizando un enfoque de diseño integrado. Para mantener los niveles de servicio deseados, el diseñador debe crear estrategias rentables de mantenimiento y rehabilitación. En este proceso, el diseñador debe utilizar su experiencia, un conocimiento profundo de los materiales y métodos de construcción accesibles y su juicio experto.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo realizar el plan de mejoramiento de los suelos de la subrasante para la construcción de vías y propuesta de diseño utilizando la guía americana de diseño en el distrito de Juliaca 2024?

1.2.2. Problemas específicos

1. ¿Cuáles son las propiedades que presentan los suelos a nivel de subrasante para la construcción de vías en el distrito de Juliaca?
2. ¿Cuáles son los valores ESAL de diseño según estudio de tráfico de vías para la construcción de pavimentos en el distrito de Juliaca?
3. ¿Cuál es la propuesta de diseño de vías utilizando la guía americana de diseño AASHTO 93 en el distrito de Juliaca?

1.3 Justificación de la investigación

1.3.1. Justificación técnica

Para garantizar la estabilidad, durabilidad y capacidad portante de las carreteras que se van a construir, uno de los procesos más importantes es la modificación la

subrasante tienen un impacto directo en el funcionamiento a largo plazo de la infraestructura viaria. La subrasante es la base estructural que proporciona soporte a las diversas capas que se encuentran por encima de ella. Como consecuencia de las condiciones geotécnicas existentes en el distrito de Juliaca, los suelos presentan una baja capacidad portante y una alta plasticidad. Esto ocasiona deformaciones prematuras, asentamientos diferenciales y fallas en la superficie de rodamiento, lo que a su vez afecta la funcionalidad y seguridad de las vías.

1.3.2. Justificación económica

La subrasante que se base en las directrices de la Guía de Diseño de la Sociedad Americana de Ingenieros de Carreteras y Tráfico (AASHTO) maximizará la eficiencia de los materiales, reducirá el grosor prolongará la vida útil de las carreteras. Este enfoque tecnológico no sólo maximiza el uso de los recursos financieros que se destinan a la construcción, sino que también evita que las carreteras se deterioren a un ritmo acelerado, lo que a su vez reduce el número de veces que se requieren intervenciones correctivas.

1.3.3. Justificación social

Como consecuencia de los fallos del subsuelo, las carreteras en mal estado crean problemas de transporte, alargan el tiempo necesario para desplazarse y repercuten negativamente en la calidad de vida de sus habitantes. Además, el deterioro de las carreteras provoca un aumento del número de accidentes que se producen en ellas y restringe el acceso a servicios educativos y médicos fundamentales, sobre todo en lugares considerados periféricos.

1.3.4. Justificación ambiental

El mejoramiento estructural de las infraestructuras viales no solo busca fortalecer la seguridad y la eficiencia del transporte, sino que también tiene un impacto positivo en el medio ambiente. La mejora de la capacidad de carga y la longevidad de los viaductos y

puentes minimiza la necesidad de construir otros nuevos, lo que contribuye a evitar la pérdida de biodiversidad derivada de la fragmentación de las zonas naturales. Asimismo, al mejorar la fluidez del tráfico y reducir los tiempos de viaje, se puede contribuir a la disminución de la contaminación atmosférica y acústica, mejorando así la calidad del aire y el bienestar de las comunidades cercanas a estas obras. En resumen, el mejoramiento estructural de estructuras viales no solo es una medida necesaria para garantizar la seguridad y la eficiencia del transporte, sino que también puede jugar un papel clave en la protección y preservación del medio ambiente.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Realizar el plan de mejoramiento de los suelos de la subrasante para la construcción de vías y propuesta de diseño utilizando la guía americana de diseño en el distrito de Juliaca 2024.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Determinar las propiedades que presentan los suelos a nivel de subrasante para la construcción de vías en el distrito de Juliaca.
2. Determinar los valores ESAL de diseño según estudio de tráfico de vías para la construcción de pavimentos en el distrito de Juliaca.
3. Realizar una propuesta de diseño de vías utilizando la guía americana de diseño AASHTO 93 en el distrito de Juliaca.

1.5 Importancia y alcance de la investigación

Estas obras proporcionan las conexiones vitales que facilitan el flujo de personas y bienes, promoviendo el desarrollo económico, social y ambiental de las regiones donde se ubican. Además de mejorar la capacidad portante y la resistencia de puentes y viaductos,

el proceso de mejoramiento permite adaptar estas estructuras a las demandas cambiantes del tráfico, las condiciones climáticas y los estándares de diseño, asegurando su funcionalidad a largo plazo. La inversión en el mejoramiento estructural no solo protege la inversión inicial en la construcción de estas obras, sino que también previene riesgos potenciales asociados con el deterioro y el colapso de infraestructuras obsoletas. En última instancia, el mejoramiento estructural de estructuras para obras viales es fundamental para mantener y mejorar la conectividad, la movilidad y la comunicación, así como para promover un desarrollo equitativo y sostenible a nivel regional y nacional.

1.6 Limitaciones y delimitaciones de la investigación

1.6.1. Limitaciones

Una de las principales limitaciones al desarrollar un plan de mejoramiento estructural de obras viales radica en la disponibilidad de recursos financieros adecuados. Los presupuestos asignados a proyectos de infraestructura pueden ser insuficientes para abordar todas las necesidades de mejora identificadas, lo que lleva a la necesidad de priorizar ciertas obras sobre otras. Esta limitación puede resultar en la postergación o la reducción del alcance de las mejoras planificadas, lo que podría comprometer la seguridad y la eficiencia de las carreteras y vías públicas. Además, la disponibilidad de materiales de construcción de calidad y la capacidad de transporte pueden representar desafíos adicionales, especialmente en áreas remotas o con acceso limitado a recursos.

1.6.2. Delimitación

La delimitación concerniente a esta investigación es en todas las vías accesibles en el distrito de Juliaca

1.7 Hipótesis.

1.7.1. Hipótesis general

El plan de mejoramiento de los suelos de la subrasante para la construcción de vías y propuesta de diseño utilizando la guía americana de diseño en el distrito de Juliaca 2024, es diseñar las capas de subbase y base acorde a las propiedades de las subrasantes de las vías en estudio.

1.7.2. Hipótesis específicas.

1. Las propiedades que presentan los suelos a nivel de subrasante para la construcción de vías en el distrito de Juliaca, variarán por el tipo de suelo que se encuentren.
2. Los valores ESAL de diseño según estudio de tráfico de vías para la construcción de pavimentos en el distrito de Juliaca, cambiarán de acuerdo al tipo de vía e importancia.
3. La propuesta de diseño de vías utilizando la guía americana de diseño AASHTO 93 en el distrito de Juliaca, es el diseño de los espesores de subbase y base granular de acuerdo a la calidad de suelo de subrasante para ambas vías.

1.8 Variables

1.8.1. Variable independiente

Suelos de subrasante

Dimensiones:

- Clasificación de suelos de subrasante
- Grado de compactación de subrasantes
- CBR de las subrasantes

1.8.2. Variable dependiente

Diseño con guía americana



Dimensiones:

- CBR de diseño
- Índice medio diario anual (ESAL)
- Diseño de pavimento flexible con AASHTO 93

1.9 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
V. Independiente: Suelos de subrasante	El suelo de subrasante es la capa de terreno natural o preparada que sirve como base directa para la estructura de un pavimento, ya sea en carreteras, calles u otras obras de infraestructura vial. Esta capa es fundamental porque soporta todas las cargas transmitidas por el pavimento y, por lo tanto, su calidad y capacidad de soporte determinan en gran medida la durabilidad y el comportamiento estructural del pavimento construido encima	La subrasante puede estar formada por el suelo existente en el lugar (terreno natural) o por suelos seleccionados y mejorados, compactados en capas para asegurar estabilidad y resistencia adecuadas. El objetivo es que esta capa sea lo suficientemente estable y resistente para no verse afectada negativamente por las cargas del tránsito ni por las condiciones ambientales, como la humedad o los cambios de volumen de ciertos tipos de suelos.	Clasificación de suelos de subrasante	AASHTO SUCS
			Grado de compactación de subrasantes	MDS y OCH
			CBR de las subrasantes	CBR (%)
V. Dependiente: Diseño con guía americana	El diseño de pavimentos con el método AASHTO 93 se refiere a la metodología establecida en la "Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimentos" publicada en 1993 por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Este método es uno de los más utilizados a nivel mundial para el diseño estructural tanto de pavimentos flexibles (asfálticos) como rígidos (de concreto).	El diseño de pavimentos según AASHTO 93 es un proceso estructurado que, mediante ecuaciones empíricas y parámetros de diseño, determina los espesores y características de las capas que conforman un pavimento, asegurando que resista las cargas del tránsito y las condiciones ambientales previstas durante su vida útil, con un nivel de serviciabilidad aceptable para los usuarios.	CBR de diseño	CBR homogéneos (%)
			Índice medio diario anual (ESAL)	Ejes Equivalentes
			Diseño de pavimento flexible con AASHTO 93	Espesores de capas granulares

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Según Gu et al. (2023) en su investigación denominada "Optimización del mantenimiento del pavimento: un modelo de aprendizaje profundo para la predicción exacta y la identificación temprana de fallas estructurales en el pavimento.", El desgaste del pavimento, agravado por la existencia de un deterioro estructural, genera importantes cantidades de emisiones de carbono durante el mantenimiento periódico. Además, supone una amenaza para la seguridad del tráfico. Para resolver este problema, un método realista y práctico consiste en anticiparse a la llegada del deterioro estructural antes de que se presente. Se trata de una solución que puede aplicarse. El reto de anticipar estos daños, por otra parte, es difícil debido a la multitud de componentes que influyen en el proceso. Esto impide que un único indicador mida eficazmente el estado del firme mientras está en funcionamiento. En este estudio, se implementa un nuevo método que incorpora todos los componentes. El propósito de este estudio es producir una predicción precisa y se describen con detalle explícito, lo que facilita la replicación del modelo y permite introducir mejoras en el proceso de creación del modelo en el futuro. De acuerdo con los resultados, el modelo de vanguardia (SOTA) fue capaz de alcanzar un nivel razonable de rendimiento,

alcanzando una precisión del 88,46% gracias a sus logros. Esta investigación contribuye de forma significativa al desarrollo de sistemas de toma de decisiones para el mantenimiento de firmes, al presentar un método eficaz para predecir el estado estructural de los firmes sobre el terreno. Gracias a este método, es posible descubrir la degradación estructural en una fase temprana, lo que impide que el daño siga progresando, reduce los costes relacionados con él y protege tanto las vidas humanas como los recursos naturales.

Además, Primus et al. (2024) en su investigación denominada "Aplicación del método CBR cíclico para calcular el módulo de elasticidad del ligante hidráulico en las capas base de pavimento estabilizado". Para el propósito de esta investigación, esta técnica fue aplicada a arena fina limosa que había sido estabilizada con cal y una mezcla de cal y cemento. Para llevar a cabo los ensayos, se construyeron veinticuatro muestras, cada una de las cuales contenía tres, cinco y siete por ciento de cal pura, además de una mezcla de setenta por ciento de cal y treinta por ciento de cemento, con un contenido de agua que oscilaba entre el ocho y el veintitrés por ciento. La capacidad portante de las muestras se evaluó utilizando tres métricas: (1) el valor CBR%, que es una métrica generalmente utilizada; (2) el valor M_r , que se derivó basándose en la fuerza aplicada y la deformación elástica recibida de la prueba CBR; y (3) el módulo resiliente, que se calculó basándose en el valor CBR. Los resultados de los experimentos mostraron que el contenido inicial de agua tenía una mayor influencia en la capacidad portante que la cantidad de ligante que se colocaba en la mezcla. El proceso CBR demostró ser viable de llevar a cabo en esta investigación.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según Palma y Zúñiga (2023) en su investigación denominada "La comunidad humana Alto Trujillo-Barrio 07, situada en el barrio El Porvenir de Trujillo, fue objeto del diseño de un pavimento flexible centrado en la mejora de la circulación". Se utilizó la metodología AASHTO 93 en el proceso de diseño del pavimento flexible. Se realizaron los



cálculos de todos y cada uno de los factores que intervenían en esta estrategia. Se llevó a cabo una planificación estructural para pavimentos flexibles de acuerdo con las normas establecidas por la metodología AASHTO 93. Este fue el objetivo principal de la investigación. El enfoque AASHTO 93 se utilizó en el proceso de diseño de pavimentos flexibles con el fin de optimizar la capacidad de la región para gestionar el tráfico de vehículos de una manera más óptima. Se utilizó la técnica AASHTO 93 en el proceso de diseño del pavimento flexible con la intención de maximizar la capacidad de la región para gestionar el tráfico de vehículos de una manera más competente. Se realizaron los cálculos de todos y cada uno de los factores que intervenían en esta estrategia. A efectos del recuento, se seleccionó la carretera con mayor volumen de tráfico. Tras la realización de esta medición, se determinó que el número total de ejes equivalentes era de 5'626.535,3%. Con el fin de determinar las propiedades mecánicas del suelo, se utilizaron seis muestras distintas para el análisis es fundamental para decidir el CBR que se deriva de las muestras de suelo que es el más bajo. La cantidad de excavación necesaria para el proyecto se tuvo en cuenta a la Hora de elaborar un presupuesto global del mismo.

Además, Luna (2018) en su trabajo denominado "Concepción estructural del pavimento rígido para la mejora de las infraestructuras viales en Yauli–Oroya, 2016", Decidimos utilizar un método de selección conocido como muestreo de conveniencia para designar una muestra que reflejara fielmente la composición de la comunidad en proporciones que fueran significativas. Con la intención de recopilar información, se utilizó el método de encuesta, para lo cual se empleó un cuestionario como instrumento. El análisis se llevó a cabo con el uso de métodos estadísticos descriptivos. Además, basándose en los datos recopilados, se ha determinado que existe un coeficiente de correlación de $\rho = 0,991$. En conclusión, existe una clara conexión entre un diseño estructural eficiente del pavimento rígido y un grado suficiente de mejoras en las obras viarias. Esto es especialmente cierto cuando se trata de este último aspecto. Ambas cualidades son interdependientes, de ahí esta relación directa entre ellas. Como un punto

de interés similar, se ha notado que un avance insatisfactorio en la construcción de carreteras está directamente correlacionado con un diseño estructural inadecuado del pavimento rígido.

Finalmente, Campos y Carrasco (2018) en su investigación denominada "Elaboración del diseño para el mejoramiento de veredas y pavimentos con el fin de optimizar la transitabilidad en Santo Domingo de la Capilla, Cutervo, Cajamarca, 2018". Se seleccionaron las carreteras que debían pavimentarse y se crearon las estructuras correspondientes. Todo ello con el fin de alcanzar el nivel de movilidad necesario. Para completar este proceso, se utilizaron las técnicas más avanzadas de diseño y reparación de pavimentos. Además de tener un conocimiento exhaustivo de los diferentes métodos y materiales de construcción a los que se puede acceder, el diseñador debe utilizar su propio criterio personal a la Hora de llevar a cabo este planteamiento. Durante el proceso de elaboración de este trabajo de investigación, se ha tenido en cuenta una revisión exhaustiva de los precedentes regionales. Esta revisión incluye una exposición concisa de los aspectos demográficos, hidrográficos y socioeconómicos pertinentes, así como de la infraestructura preexistente, que incluye sistemas de abastecimiento de agua potable, alcantarillado y gestión de aguas pluviales. Con el fin de determinar los perfiles longitudinales y las características transversales de las carreteras, se llevó a cabo una recopilación y evaluación exhaustivas de la información topográfica disponible. Este examen incluyó datos relativos a alturas y planos del terreno. Se va a realizar un estudio del flujo de vehículos para facilitar la realización de esta técnica. Cuando se trata del Concreto, es absolutamente necesario conocer a fondo. Estos estudios implican encontrar lugares para la toma de muestras, recogerlas, analizarlas en un laboratorio y, a continuación, clasificar los resultados, Además, se estudia el factor clave que interviene en la determinación del espesor de una losa de Concreto y se proporciona una descripción del enfoque simplificado que se utiliza para determinar el espesor de la losa; La presentación incluye no sólo las dimensiones y requisitos técnicos, sino también el diseño de las aceras y cualquier estructura adicional que se pretenda complementar con el

pavimento. Tanto los planos geográficos de la región como el calendario de desarrollo de las obras se exponen en su totalidad. Se presentan aquí los resultados, conclusiones y sugerencias que se extrajeron del estudio. Además, se menciona la bibliografía consultada y se adjuntan los anexos correspondientes.

2.1.3. Antecedentes locales

Según Inchuñá (2023) en su investigación denominada "Diseño del pavimento rígido para mejorar la circulación vehicular y peatonal en el centro poblado de Ccopamaya, ubicado en el distrito de Acora, Huancané, 2023". Con un nivel de estudio descriptivo y cuantitativo y un diseño de investigación transversal que no incluía ningún experimento, el enfoque científico utilizado se denominó enfoque aplicado. Como consecuencia de los hallazgos, se obtuvieron los siguientes resultados: el análisis del tráfico reveló una tasa media diaria. Además, se constató un CBR medio del 27,72%, Tanto el espesor de la base o subbase, que se determinó en 15 centímetros, como el de la losa, también de 15 centímetros, se determinaron con la información obtenida en cuatro pruebas de laboratorio. Además, se decidió que la losa debía tener dimensiones cuadradas, con igual longitud y anchura de 3,30 metros, congruentes con la anchura del carril. Esta fue la conclusión a la que se llegó, Teniendo en cuenta las condiciones de altitud preferentes que se sitúan por encima de los 3000 metros sobre el nivel del mar, se recomienda utilizar tacos de acero para juntas de $\frac{3}{4}$ de pulgada de longitud, con separaciones cada 30 centímetros, y una separación entre losas de 22 milímetros. Esta recomendación se ajusta a los criterios proporcionados por la AASHTO 93 y el MTC.

Además Churá (2014) en su investigación titulada "Mejoramiento de la infraestructura vial a través del pavimento flexible en la avenida Simón Bolívar, situada en la ciudad de Arapa, provincia de Azángaro, Huancané", Esto indica que es el resultado de la necesidad de llevar a cabo una investigación que tenga aplicaciones prácticas, y ofrece un estudio técnico hacia la mejora de la infraestructura vial, que será de utilidad tanto para la población en tránsito como para los residentes que viven en los alrededores. Un número

importante de automóviles y peatones utilizan esta carretera a diario. Para optimizar la conectividad vial y satisfacer las demandas de la población en materia de infraestructuras viarias, el objetivo de este proyecto es elaborar un expediente exhaustivo para la mejora de las infraestructuras viarias. Esto se hará con el fin de cumplir con el propósito de este proyecto.

2.2 Bases teóricas

2.2.1. Suelos de subrasante

Para proporcionar soporte a la construcción del pavimento, la subbase es una capa de tierra natural. Además de tener una compactación adecuada, la subbase debe poseer ciertas características, como la ausencia de elementos orgánicos, escombros o materiales inestables. También deben realizarse experimentos de ingeniería del objeto de la investigación. Los módulos de elasticidad, los coeficientes de Poisson y los cálculos CBR son algunos de los parámetros que se evalúan durante estas pruebas. Paquita (2015)

2.2.1.1. Clasificación de Suelos (SUCS)

Además, los suelos se clasifican como gruesos si más del cincuenta por ciento de su contenido queda retenido en el tamiz con un tamaño de malla de doscientos, mientras que los suelos que se consideran finos son aquellos que permiten que más del cincuenta por ciento de su contenido pase a través del tamiz con un tamaño de malla de doscientos. Un excelente ejemplo de esto se puede ver en la tabla, que ofrece una explicación más detallada del tema

2.2.1.2. Sistema de Clasificación AASHTO

A-1a, A-1b, A-2-4, A-2-5, A-2-7, A-7-5 y A-7-6 son algunos de los subgrupos que se incluyen en esta clasificación para los siete grupos que se incluyen en esta clasificación. Las partículas que pasan o quedan retenidas en cada malla según las pruebas de análisis

granulométrico se utilizan para clasificar suelos finos de diferentes calidades. Estas clasificaciones también se definen por sus límites de consistencia.

2.2.1.3. Contenido de Humedad

Según Marquez (2019), esta teoría, el contenido de humedad del suelo y su densidad son dos de las características más importantes del suelo, ya que son componentes importantes que tienen un impacto sustancial en la resistencia del suelo. Además, es de suma importancia reconocer que esto facilitará la comparación del contenido de humedad con el nivel ideal, que es precisamente lo que determinará la prueba de Proctor. Cabe destacar que se utilizarán procesos de compactación regulares en caso de que el contenido de humedad natural sea inferior al valor ideal. Por otro lado, cuando el contenido de humedad natural sea superior al umbral óptimo, será necesario aumentar la cantidad de energía utilizada para la compactación.

2.2.1.4. Análisis de granulometría

A la hora de clasificar los tamaños de las partículas asociadas a un agregado, la información que se presenta es realmente necesaria. Además de determinar si el suelo es adecuado para su integración en mezclas de asfalto u hormigón, se utiliza y evaluar la permeabilidad y la cohesión del paisaje. (Duque y Escobar, 2002).

2.2.1.5. Índice plástico

Con el fin de facilitar una clasificación del suelo razonablemente precisa, se utiliza el índice de plasticidad como herramienta de medición para determinar el grado de fluctuación de la humedad en el que el suelo muestra un comportamiento plástico. El índice de plasticidad (IP) de un suelo refleja la cantidad de arcilla presente en él presente en el suelo es comparativamente baja. (MTC, 2014)

2.2.1.6. Máxima densidad seca

Los procedimientos de laboratorio, como la prueba del cono y la arena, se utilizan para establecer la densidad seca máxima del material. Con el fin de determinar la densidad del suelo, esta prueba implica mediciones de peso y volumen del suelo en su posición inicial. En diversas aplicaciones de ingeniería civil, como la construcción de cimientos, carreteras y estructuras, los datos que se proporcionan son esenciales para evaluar la calidad del suelo y su rendimiento. (Quispe y Sañac, 2019).

2.2.1.7. Capacidad de Soporte CBR

La resistencia relativa de un suelo después de haber sido compactado y su capacidad para soportar las cargas que se le han impuesto se cuantifican mediante esta característica del suelo, que es un factor. Existe una relación entre ambos. En lo que respecta al diseño de carreteras y pavimentos, el objetivo principal de esta prueba es determinar si un suelo concreto es adecuado para soportar cargas. (Márquez, 2019)

2.2.2. Pavimentos

2.2.2.1. Generalidades

Se dice que una estructura hecha por el hombre o un terreno artificial tiene un pavimento, que es la capa o base que forma la superficie de la estructura. El pavimento es un pilar esencial de la superficie de la carretera, según la disciplina de la ingeniería civil. Uno o más materiales se colocan cuidadosamente sobre un terreno natural o llano para formar una capa compuesta por uno o más materiales. Además de facilitar el desplazamiento de personas y vehículos, el objetivo principal de esta capa es hacer que el suelo sea más duradero. Existe una amplia gama de materiales que pueden utilizarse para cubrir pavimentos, como piedra, madera, asfalto, hormigón y otras variantes. Los pavimentos deben ser capaces de soportar las cargas que ejerce el tráfico, ser resistentes al tráfico, ser capaces de detener el desgaste causado que es producido por la naturaleza. (MTC, 2013)

Figura 1*Estructura del pavimento flexible y rígido***Nota.** Google(imágenes)

Los pavimentos son una serie de capas producidas con materiales cuidadosamente seleccionados para que puedan soportar inmediatamente las cargas del tráfico y luego transmitir esas cargas a las capas de apoyo. Los pavimentos también se conocen como calles. En la construcción de pavimentos flexibles se utiliza una capa de rodadura relativamente delgada, también conocida como capa de unión. Estas capas, que incluyen la base y la subbase, proporcionan su soporte. El rendimiento de estos pavimentos depende de la capacidad de las capas inferiores para deformarse cuando se someten a carga. Por otro lado, los pavimentos rígidos se diferencian por una losa de hormigón que resiste directamente las tensiones causadas por la actividad automovilística y las transfiere a las capas que se encuentran debajo. (Ortega y Villafuerte, 2015)

2.2.2.2. Tipos de pavimentos

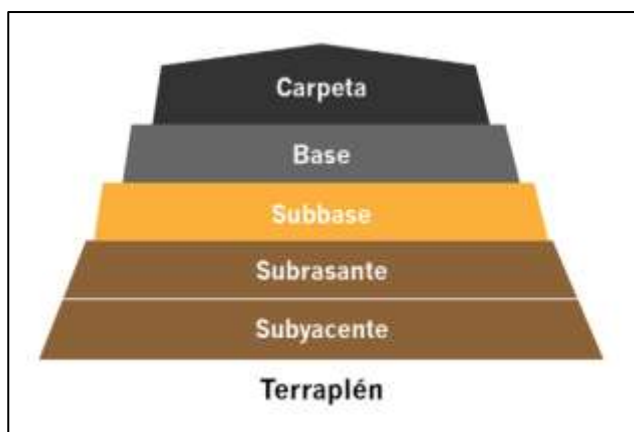
a. Pavimento flexible

Se afirma que está formada por concreto de cemento asfáltico. Debido a la forma en que las cargas se transportan desde la superficie desgastada hasta la base inferior, esta capa es un sello distintivo del pavimento flexible. En lugar de absorber totalmente las cargas que transportan los vehículos, el asfalto funciona como conductor de dichas cargas. Por este motivo, los pavimentos flexibles suelen necesitar un mayor número de capas

intermedias entre la superficie de rodadura y la subrasante para distribuir estas cargas de forma adecuada Miranda (2010).

Figura 2

Estructura típica de un pavimento flexible



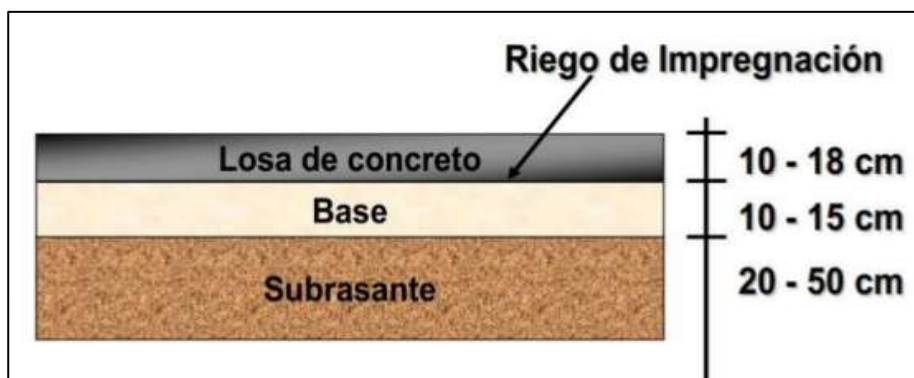
Nota. Google (imágenes)

b. Pavimento rígido

La presencia de una superficie de apoyo construida con concreto de cemento hidráulico. Se denominan "pavimentos rígidos" debido a que el pavimento de concreto tiene la capacidad de absorber significativamente las cargas causadas por el tráfico de automóviles debido a su resistencia (Becerra, 2012).

Figura 3

Estructura típica de un pavimento rígido



Nota. Google(imágenes)

c. Pavimento semirrígido

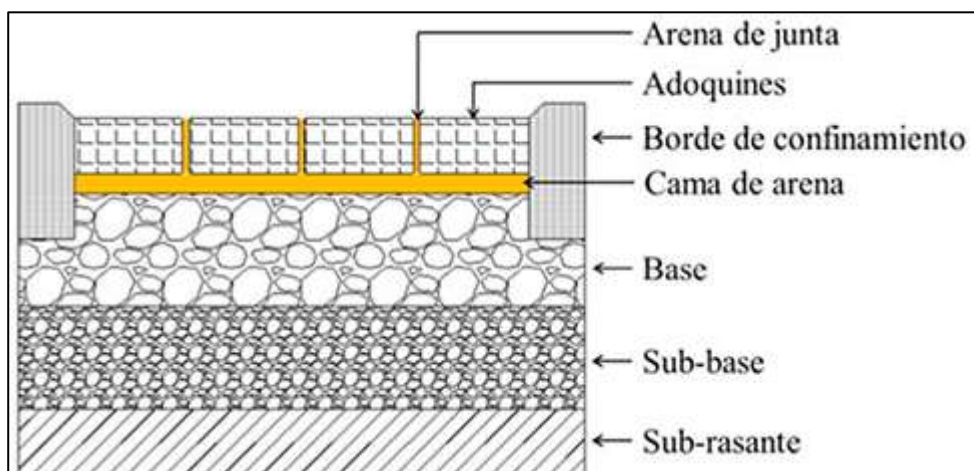
Se trata de una configuración del pavimento compuesta principalmente por varias capas de asfalto, con un espesor total de material bituminoso. Además, esta construcción tiene una capa de mezcla bituminosa en caliente que se coloca encima de una base que ha sido tratada con asfalto. Una capa de ligante asfáltico se coloca encima que ha sido tratada y esta configuración se incluye en esta categoría. Además de ser clasificado como un pavimento semirrígido, esta categoría también contiene la configuración, los pavimentos de adoquines se han tenido en cuenta como parte de la categoría de pavimentos semirrígidos".

d. Pavimento articulado

Son uniformes en grosor y dimensiones. Los pavimentos articulados están formados por una superficie de apoyo compuesta por adoquines conocidos como bloques prefabricados de Concreto. Dependiendo de la calidad de la subrasante, así como de la intensidad y regularidad del tráfico que discurrirá sobre el pavimento, este tipo de pavimento se coloca sobre la subrasante o sobre una fina capa de arena que se coloca encima de una capa de base granular (Fonseca, 2022).

Figura 4

Pavimento articulado



Nota. Google(imágenes)

2.2.2.3. Funciones de la estructura del pavimento

- Garantizar el acceso de los vehículos en cualquier condición meteorológica.
- Es importante distribuir y reducir la cantidad de tráfico para evitar daños en el subsuelo.
- Garantizar el estricto cumplimiento de la normativa medioambiental y los requisitos estéticos.
- Es importante reducir tanto la contaminación acústica como la atmosférica.

2.2.3. Diseño de pavimentos

2.2.3.1. Diseño de pavimento flexible

Un tramo de carretera son los componentes estructurales que se identifican mediante el proceso de identificación de los componentes estructurales del tramo de carretera. Este enfoque tiene en cuenta diversos elementos, como las peculiaridades del terreno. (Fonseca, 2022).

2.2.3.2. Metodo de guía AASHTO 93

Tras la recogida y el tratamiento de los datos, el objetivo del modelo es determinar el número estructural (SN). La aplicación de los datos a la aashto 93, es lo que permite realizarlo. Este método permite establecer y definir los espesores particulares de cada capa que conforma la estructura del pavimento. Estos espesores deben colocarse en la subrasante para soportar suficientemente las cargas de tráfico durante el período de diseño que se establezca en el proyecto. Esto asegurará que se proporcione un nivel de servicio adecuado. (Fonseca, 2022).

2.2.3.3. Tipo de trafico

La clasificación y caracterización del flujo de vehículos que circula por una carretera o infraestructura se denomina tipo de tráfico. Esta clasificación y caracterización se basa en factores como el tipo de vehículo, la intensidad del flujo, la dirección del flujo, el propósito del viaje y el entorno en el que se produce el flujo. (Fonseca, 2022).

2.2.3.4. Clima y condiciones ambientales

Cuando hablamos de condiciones climáticas y medioambientales, nos referimos a los aspectos meteorológicos y físicos del medio ambiente que repercuten en un proyecto, infraestructura o proceso en unas circunstancias determinadas. En esta categoría de parámetros se incluyen variables como la temperatura, la humedad, las precipitaciones, la velocidad del viento, la radiación solar y los fenómenos extremos (como nevadas o tormentas). (Fonseca, 2022).

2.2.3.5. Suelo subyacente

Es de suma importancia tener en cuenta que las cualidades del suelo bajo el pavimento están fuertemente relacionadas con la estabilidad y longevidad del pavimento. Entre estas características se encuentran la capacidad de drenaje del suelo, así como su resistencia y compresibilidad, respectivamente. Con el fin de construir unos cimientos sólidos y suficientes. (Fonseca, 2022).

2.2.3.6. Materiales del pavimento

La selección de los materiales de los suelos requiere una cuidadosa consideración de una serie de aspectos, como la resistencia de los materiales al desgaste, su longevidad, su disponibilidad en el entorno y su viabilidad económica. En el proceso de selección de asfalto, Concreto, adoquines o cualquier otro material, deben tenerse en cuenta estos aspectos. (Fonseca, 2022).

2.2.3.7. Diseño estructural

Cuando se trata del diseño estructural del pavimento, intervienen diversas variables. Los factores que deben tenerse en cuenta. Otros factores son la determinación del grosor y la disposición de las distintas capas de material. El diseño debe ser adecuado para garantizar que el pavimento pueda soportar las cargas previstas. (Fonseca, 2022).

2.2.3.8. Drenaje

La acumulación de agua, que puede provocar inconvenientes la aparición de baches, puede evitarse utilizando un sistema eficiente. La acumulación de agua es otro factor que puede provocar el deterioro de la estructura del pavimento. Es imprescindible hacerlo para evitar la acumulación de agua. (Fonseca, 2022).

2.2.3.9. Topografía y geometría de la carretera

A la hora de diseñar el pavimento, es necesario tener en cuenta no sólo la geografía del terreno, sino también el trazado geométrico de la carretera, que incluye curvas, pendientes y variaciones de altura. Tener en cuenta ambos aspectos es muy necesario. Utilizando esta estrategia, se garantiza la seguridad y la comodidad de todas las personas que utilizan la carretera. (Fonseca, 2022).

2.2.3.10. Mantenimiento y vida útil

Para garantizar que el pavimento dure mucho tiempo, es esencial tener en cuenta tanto la viabilidad como el gasto del mantenimiento necesario durante la fase inicial de diseño. Es esencial que el diseño permita un mantenimiento oportuno y adecuado con el fin de proporcionar el mayor rendimiento potencial (vida útil del pavimento). Es factible diseñar un pavimento que satisfaga los estándares de la ruta en particular en términos de su durabilidad, seguridad y funcionalidad, siempre y cuando estas características sean tomadas en consideración junto con otros aspectos que están asociados con el medio ambiente y los requerimientos de la comunidad de la zona. (Fonseca, 2022).

2.2.4. Estudio de tráfico vehicular

Al construir el pavimento, es vital tener en cuenta las cargas. Esto es así independientemente de si el eje en cuestión es un eje simple, un eje tandem o un eje tridem. Este carril es el que se prevé que experimente la mayor carga o demanda durante el periodo de uso. Como resultado, es el carril que será responsable de determinar las

características y estructura del pavimento de la calzada durante el transcurso del tiempo de diseño que se haya definido. Obtener una evaluación precisa de estas cargas es absolutamente necesario para garantizar la robustez y longevidad de la infraestructura vial. A la Hora de realizar los cálculos pertinentes, hay aspectos clave que deben tenerse en cuenta. Entre ellos están la frecuencia de las cargas de tráfico y la acumulación de distorsiones en el pavimento como resultado de esta repetición, fenómeno conocido como fatiga del material. Igualmente, importante es tener en cuenta las presiones máximas de contacto y las fuerzas tangenciales que se aplican en determinadas partes de la vía, como curvas, zonas de frenado y aceleración, y otros lugares comparables. Es imprescindible tener en cuenta estas variables para garantizar que el diseño y la construcción del pavimento son suficientes y capaces de soportar las condiciones de uso previstas durante su vida útil. (McCallum, 2022)

2.2.4.1. Metodo de conteo

a. Mecánico

Cuando se intenta determinar la cantidad de tráfico, se trata del procedimiento de contar el número de automóviles. Para llevar a cabo esta actividad específica de una manera eficaz, es necesario hacer uso de los equipos necesarios, que pueden incluir cámaras o una variedad de sensores. (McCallum, 2022)

b. Manuales

El siguiente enfoque es el más utilizado por los diseñadores, ya que les da la oportunidad de enfrentarse directamente a los retos potenciales que puede plantear una carretera. No obstante, este enfoque tiene el potencial de dar lugar a juicios prematuros, que se investigarán a fondo a lo largo de la sección de análisis de escritorio. (McCallum, 2022)

2.2.4.2. Variable para análisis de tráfico vehicular

a. IMDA

$$\text{IMDA} = \text{IMDS} \times \text{FC}$$

Donde:

IMDS : Índice Medio Diario Semanal

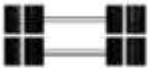
FC : Factor de Corrección Estacional

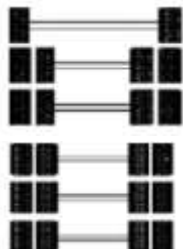
b. ESAL=W18

La definición de la AASHTO del término "Ejes Equivalentes" (EE) se utiliza para cuantificar la influencia del tráfico. Estos ejes se recogen a lo largo del periodo de diseño que se tiene en cuenta en el análisis. Según la AASHTO, un Eje Equivalente se define así, El daño que se hizo al pavimento como resultado de una carga de un solo eje que consistía en dos ruedas convencionales, cada una de las cuales llevaba una carga de 8,2 toneladas, y neumáticos que estaban inflados a una presión de 80 libras por pulgada cuadrada. Los ejes equivalentes (EE) son coeficientes que describen la capacidad destructiva de diversas cargas en relación con la integridad del pavimento. (McCallum, 2022)

Tabla 2

Ejes equivalentes

Conjuntos de ejes	Ídem	N° de neumáticos	Ejes
Eje simple (con rueda simple)	1rs	2	
Eje simple (con rueda doble)	1rd	4	
Eje tandem (1 eje rueda simple+1 eje rueda doble)	1rs+1rd	6	
Eje tandem (2 ejes rueda doble)	2rd	8	

Eje trídem (1 eje rueda simple + 2 ejes rueda doble)	1rs+2rd	10	
Eje trídem (3 ejes rueda doble)	3rd	12	

Nota. MTC

a. Factor direccional (Fd)

El número de flujo vehicular de vehículos de distribución direccional, que se expresa en forma de ratio, En la mayoría de los casos, esta cantidad es similar al cincuenta por ciento del tráfico total que circula en ambos sentidos. Sin embargo, dependiendo del recuento de tráfico que se realice, hay algunos casos en los que puede ser mayor en un sentido que en el otro. (McCallum, 2022)

b. Factor carril (Fc)

El factor de distribución de carriles es una relación que muestra el carril que encuentra el máximo número de Ejes Equivalentes (EE). Esto se debe al hecho de que la mayor parte del tráfico que circula en esa dirección se dirige a través de ese carril en particular. (McCallum, 2022)

A efectos del diseño del firme, el tráfico que incide sobre un determinado carril tendrá en cuenta tanto la circulación en la calzada de la carretera. Esto se hará de acuerdo con el porcentaje o factor ponderado que representa el Índice de Movimiento Diario. (McCallum, 2022)

Tabla 3*Factores de distribución direccional y de carril de diseño*

#Calzada	Sentido	Número de carril por sentido	Fd	Fc	Factor ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IDMA total de la calzada)	1direccion	01	1.0	1.0	1.0
	1direccion	02	1.0	0.8	0.8
	1direccion	03	1.0	0.6	0.6
	1direccion	04	1.0	0.5	0.5
	2direcciones	01	0.5	1.0	0.5
	2direcciones	02	0.5	0.8	0.4
2 calzadas con separador central (para IDMA total de 2 calzada)	2direcciones	01	0.5	1.0	0.350
	2direcciones	02	0.5	0.8	0.4
	2direcciones	03	0.5	0.6	0.3
	2direcciones	04	0.5	0.5	0.250

Nota. MTC**a. Factor vehículo pesado (Fvpi)**

El factor de vehículos pesados para el tipo especificado (i) se calcula teniendo en cuenta la composición por ejes de cada vehículo individual. A partir de este factor se puede obtener un indicador del número normal de ejes que corresponde a cada tipo de vehículo pesado, como un camión o un autobús. (McCallum, 2022)

b. Factor presión de neumáticos

El diseñador del proyecto tiene la posibilidad de realizar ajustes en este factor, que se utiliza para determinar la influencia que tienen los neumáticos en el deterioro del pavimento como resultado de la presión que éstos ejercen sobre el pavimento. Este factor suele fijarse en uno para la mayoría de las situaciones en las que intervienen pavimentos rígidos y flexibles. (McCallum, 2022)

2.3 Marco conceptual

- a. **Pista.** - Se denomina así a la parte de la calzada destinada a la circulación de vehículos y que tiene anchura suficiente para acoger varios carriles de circulación. En el ámbito de esta definición no se incluyen los límites laterales de la carretera.
- b. **Carril.** - Se permite que una fila de vehículos circule en fila en esta sección de la calzada, asignada a tal efecto. CE.010 es la Normativa Nacional de Edificación, Pavimentos Urbanos.
- c. **Base.** - Para ser más específicos, es la capa que se encuentra entre la subbase y la capa de rodadura, y es la capa responsable de proporcionar al pavimento un mayor espesor y una mayor resistencia estructural. Esta capa puede estar compuesta por dos o más capas de materiales que han sido seleccionados según determinados criterios.
- d. **Periodo de diseño.** - Este término se refiere a la cantidad de tiempo, que suele expresarse en años, que transcurre entre el momento en que el pavimento se construyó por primera vez (a veces denominado año cero) y el momento en que se repara.
- e. **Superficie de diseño.** - Cuando se refiere a la cantidad de tiempo, normalmente medido en años, que ha transcurrido entre el momento en que el pavimento se construyó por primera vez (también conocido como "año cero") y el momento en que se rehabilitó
- f. **Pavimento.** - Se trata de una serie estratificada de capas que se colocan unas sobre otras de forma aproximadamente horizontal. Estas capas se planifican y crean de forma técnica utilizando materiales aceptables, y se compactan de forma adecuada.
- g. **Subbase.** - Este término se refiere a una capa que está situada dentro de la construcción del pavimento, directamente debajo de la superficie de la capa de base.



- h. Subrasante.** - La capa de suelo en una calzada que es responsable de proporcionar soporte a la estructura del pavimento y se extiende hasta una profundidad en la que no sufre el impacto de la carga de tráfico prevista es su cimentación.
- i. Superficie de rodadura.** - Su objetivo principal es crear una barrera impermeable en la superficie de la estructura del pavimento para proteger la estructura del pavimento, La función principal de la superficie de rodadura es evitar que las precipitaciones penetren en las capas de pavimento que se encuentran debajo, lo que de otro modo provocaría la saturación de las capas de pavimento. Además, protege las capas inferiores de la degradación provocada por la actividad del automóvil.
- j. Vereda.** - Se denomina acera a la parte de la vía urbana destinada al tránsito peatonal y situada entre el borde de la calzada y el límite de la propiedad. Pueden estar hechas de Concreto bastante sencillo, (adoquines, o cualquier otro material apropiado).
- k. Transitabilidad.** - El grado de servicio proporcionado por la infraestructura vial garantiza un estado que hace posible un flujo continuo de vehículos a lo largo de un periodo de tiempo determinado.

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de investigación

Dado que los resultados se recopilan, analizan y presentan en forma numérica, la investigación es de enfoque cuantitativo.

El enfoque cuantitativo se caracteriza por el uso de métodos de recopilación de datos con el fin de validar hipótesis mediante la utilización de mediciones numéricas y análisis estadísticos. En este enfoque, los objetivos principales son la identificación de patrones de comportamiento y la verificación de ideas mediante la cuantificación de sucesos observables. En resumen, la investigación que se adhiere a esta metodología se distingue por hacer especial hincapié en la cuantificación y el análisis estadístico de los datos recopilados. Guevara et al. (2020)

3.2 Método de investigación

El planteamiento de una investigación científica para una tesis en ingeniería civil es un procedimiento organizado que comienza con la identificación y delimitación precisa del tema que se va a abordar. Este es el primer paso del proceso. En función de ello, se plantea una hipótesis, que se fundamenta en el examen del corpus bibliográfico existente y de la información previamente adquirida en relación con el tema. Balcells (2018)

La investigación es de método científico, ya que se generan y aportan nuevos conocimientos con los temas estudiados para así contar con bases técnicas de diseño de pavimentos.

3.3 Tipo de investigación

Según la definición de investigación aplicada, es el estudio que se centra en la descripción o validación de procedimientos, instrumentos o materiales con el fin de mejorar los procesos. La investigación aplicada se describe como aquella que trata de dar respuesta a preocupaciones prácticas o de producción. En este tipo de investigación se ponen a prueba las hipótesis para determinar si efectivamente las comprueban o no. Aplicando directamente los resultados obtenidos. Por lo tanto, de acuerdo con este concepto, la investigación se considera algo que se aplica. Yuni & Urbano (2021)

La investigación es de tipo aplicada, ya que se hace la utilización de métodos y procedimientos ya establecidos de nuestro en campo, experimentación en laboratorio y diseño en gabinete.

3.4 Nivel de Investigación

En el nivel descriptivo, se llevará a cabo el proceso de elaboración de descripciones precisas de fenómenos, circunstancias, contextos y acontecimientos. Se prestará especial atención a la naturaleza de estas cosas y a los métodos en que se presentan, entidades, procesos o cosas objeto de la investigación. Resulta especialmente útil disponer de ellas en situaciones en las que se plantean hipótesis respaldadas por información empírica. Guevara et al. (2020)

La investigación es de nivel descriptivo, ya que se hace la caracterización de suelos, para una posterior interpretación de los mismos, y su empleo en el diseño de las capas de un pavimento.

3.5 Diseño de investigación

Es vital llevar a cabo una secuencia de actividades en el orden adecuado para garantizar que la investigación que se realice tenga una influencia sustancial. Diseño, es un término que hace referencia al plan o la estructura que se elabora con el fin de recopilar los datos esenciales para abordar el problema al que nos enfrentamos. A efectos de esta investigación, se utilizó una metodología conocida como investigación no experimental. Este diseño de investigación no implica la selección de los participantes mediante un proceso aleatorio, sino que los participantes están predeterminados o reconocidos de antemano. Hernández (2018)

La investigación es de diseño no experimental, por la manipulación intencionada de la variable independiente, sino que se hace la caracterización y la búsqueda del interés representativo de la investigación hacia un diseño en específico.

3.6 Población y muestra

3.6.1. Población

En términos generales, el término «población» se refiere al conjunto completo de elementos que son objeto de la investigación académica. Además, es fundamental tener en cuenta. Este término no suele referirse a personas reales, sino que también puede representar otras cosas, como familias, empresas o períodos de tiempo concretos. (Pino, 2018).

La población en el presente estudio está conformada por las vías más importantes o de alto tránsito del distrito de Juliaca.

3.6.2. Muestra

La muestra incluye rasgos y características representativos de la población general. La muestra es el subconjunto que representa a las poblaciones investigadas. (Pino, 2018).

La muestra en la presente investigación está constituida por la vía de salida a Cusco y la vía de salida a Huancané de la ciudad de Juliaca.

3.6.3. Procedimiento

- Análisis de los distintos enfoques.
- Recopilación y preparación de información.
- Investigación sobre la fiabilidad de las cifras.
- Determinación de los parámetros implicados.
- Identificación de regiones que comparten características comparables.
- Análisis de las diferencias y normas existentes.
- Prueba de que los datos son coherentes y no presentan inconsistencias.
- Elección de los modelos y actividades adecuados.
- Cálculo de valores extremadamente elevados.
- Además, producción de representaciones gráficas.

3.7 Técnicas e instrumentos de investigación

- El Índice Medio Diario Anual (IMDA) y los ESAL se calcularon realizando un censo de vehículos en las carreteras primarias de la provincia de San Román. Este censo se realizó manualmente y los resultados se registraron en cuadernos de campo respectivamente.
- Se llevó a cabo una investigación en profundidad centrada en la mecánica del suelo, cuyo objetivo principal era investigar y evaluar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de forma exhaustiva. La finalidad de este análisis era compilar una base de datos completa de información que permitiera utilizarla de manera adecuada para los proyectos relacionados con la construcción de obras de pavimentación. El proceso consistió en la investigación de seis pozos de prueba, de los que se recogieron muestras, tanto de los que habían sido perturbados como de los que no lo habían sido.

- Dispositivo informático.
- Referencias bibliográficas

3.8 Procesamiento y análisis de datos

- La avenida más transitada de la región investigada fue objeto de recuentos manuales que se llevaron a cabo en dos puntos distintos de la avenida. A continuación, la información recopilada se utilizó en el proceso de cálculo de la tasa media diaria anual (TDA). Además, se determinó la variable que corresponde al número de repeticiones equivalentes por eje con una carga estándar de 8,2 toneladas (ESAL), teniendo en cuenta las características que se requieren para su estimación, informática Microsoft Office Excel versión 2020.
- En el transcurso de las pruebas de laboratorio, se examinaron las seis muestras obtenidas en las excavaciones realizadas en los pozos de sondeo.
- El cálculo preciso de los espesores que corresponden al pavimento flexible se realizó con la ayuda de la herramienta de software que forma parte de Microsoft Office Excel en su versión 2020. Siguiendo las reglas que establece la metodología AASHTO 93, ampliamente conocida y utilizada en el diseño de pavimentos, se ideó este enfoque para cumplir con requerimientos específicos. Estos espesores se determinaron en base a los datos recibidos de los estudios de suelo y tráfico.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados obtenidos

4.1.1. Propiedades que presentan los suelos a nivel de subrasante para la construcción de vías

Estudio de mecánica de suelos

Cada una de las seis excavaciones realizadas se llevó a cabo manualmente, y cada una alcanzó una profundidad de 1,50 metros desde la superficie del suelo.

Tabla 4

Cantidad de calicatas

Calicata	Profundidad	Ubicación
C-1	2.00m	Salida Cusco
C-2	2.00m	Salida Cusco
C-3	2.00m	Salida Cusco
C-4	2.00m	Salida Cusco
C-5	2.00m	Salida Huancané
C-6	2.00m	Salida Huancané
C-7	2.00m	Salida Huancané
C-8	2.00m	Salida Huancané

Análisis granulométrico

Tabla 5

Análisis granulométrico – calicata 01

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	97.56	97.56	2.44	2.44
2	85.56	85.56	14.44	12.00
1.25	75.26	75.26	24.74	10.30
0.40	55.26	55.26	44.74	20.00
0.160	15.26	15.26	84.74	40.00
0.0	2.44	2.44	97.56	12.82

Tabla 6

Resultados generales – calicata 01

Calicata 01 - Especificaciones	Resultado	Unidad
Pasante N° 4	97.56	%
Pasante N° 200	2.44	%
D ₆₀ :	0.60	mm
D ₃₀ :	0.25	mm
D ₁₀	0.13	mm
Cu	4.73	
Cc	0.81	

Figura 5

Curva granulométrica – calicata 01

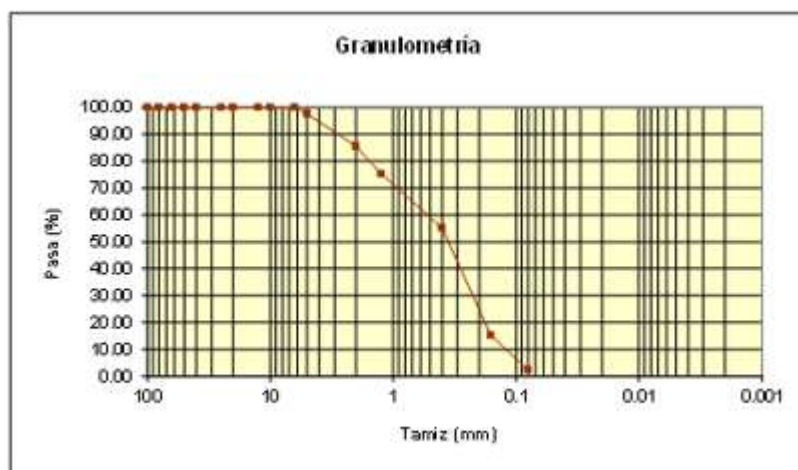


Tabla 7

Análisis granulométrico – calicata 02

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	95.12	95.12	4.88	4.88
2	85.26	85.26	14.74	9.86
1.25	74.26	74.26	25.74	11.00
0.4	54.26	54.26	45.74	20.00
0.160	25.26	25.26	74.74	29.00
0.080	4.88	4.88	95.12	20.38

Tabla 8

Resultados generales – calicata 02

Calicata 02 - Especificaciones	Resultado	Unidad
Pasante N° 4	95.12	%
Pasante N° 200	4.88	%
D ₆₀	0.64	mm
D ₃₀	0.20	mm
D ₁₀	0.10	mm
C _u	6.43	
C _c	0.62	

Figura 6

Curva granulométrica – calicata 02

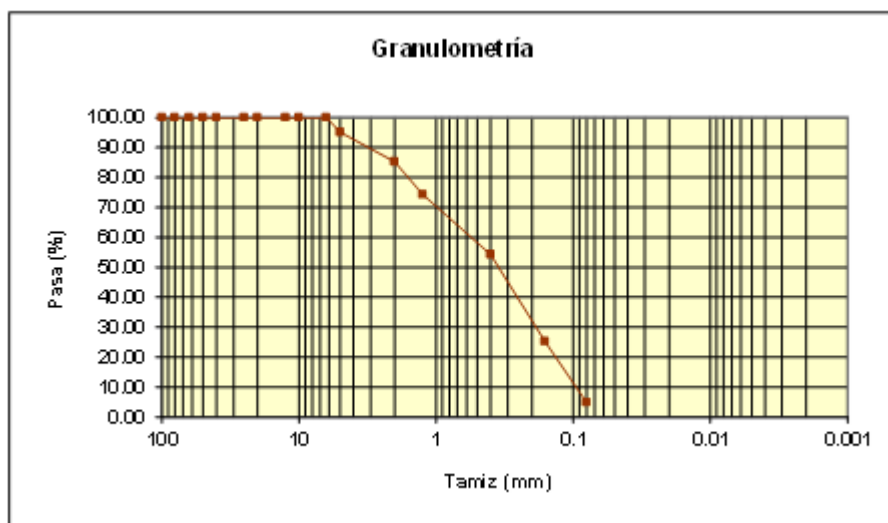


Tabla 9

Análisis granulométrico – calicata 03

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
10	-	-	-	-
6.3	100	100	0	0
5	92.23	92.23	7.77	7.77
2	84.56	84.56	15.44	7.67
1.25	73.25	73.25	26.75	11.31
0.4	53.58	53.58	46.42	19.67
0.160	15.56	15.56	84.44	38.02
0.080	7.77	7.77	92.23	7.79

Tabla 10

Resultados generales – calicata 03

Calicata 03 - Especificaciones	Resultado	Unidad
Pasante N° 4	92.23	%
Pasante N° 200	7.77	%
D ₆₀	0.68	mm
D ₃₀	0.25	mm
D ₁₀	0.10	mm
Cu	6.58	
Cc	0.90	

Figura 7

Curva granulométrica – calicata 03

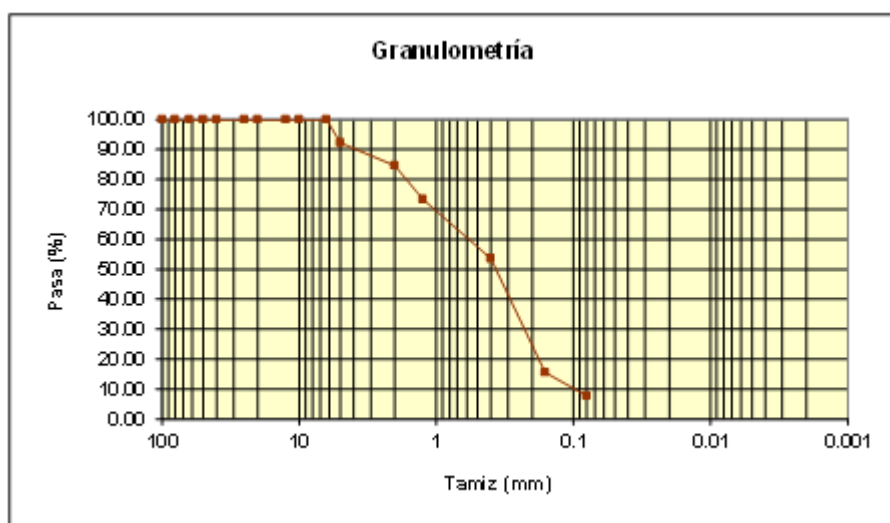


Tabla 11

Análisis granulométrico – calicata 04

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	92.23	92.23	7.77	7.77
2	84.56	84.56	15.44	7.67
1.25	73.25	73.25	26.75	11.31
0.4	53.58	53.58	46.42	19.67
0.160	15.56	15.56	84.44	38.02
0.080	7.77	7.77	92.23	7.79

Tabla 12

Resultados generales – calicata 04

Calicata 03 - Especificaciones	Resultado	Unidad
Pasante N° 4	92.23	%
Pasante N° 200	7.77	%
D ₆₀	0.68	mm
D ₃₀	0.25	mm
D ₁₀	0.10	mm
Cu	6.58	
Cc	0.90	

Figura 8

Curva granulométrica – calicata 04

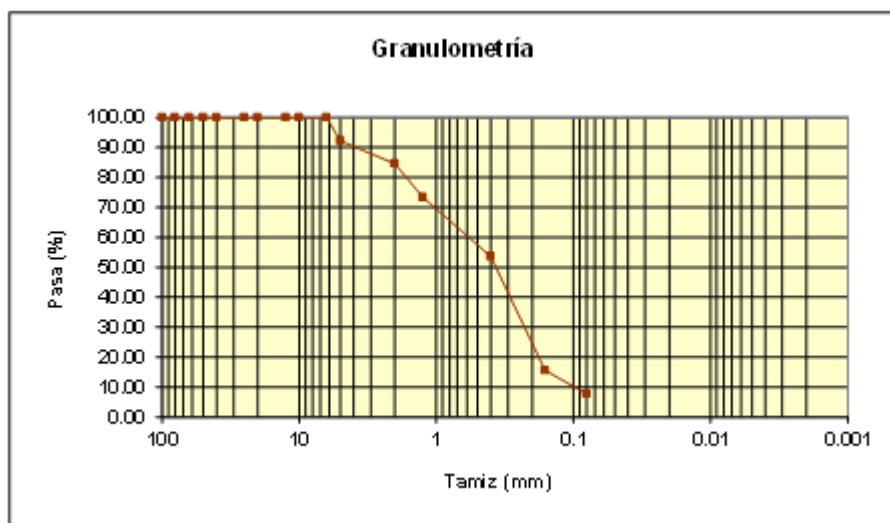


Tabla 13

Análisis granulométrico – calicata 05

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	98.11	98.11	1.89	1.89
2	83.56	83.56	16.44	14.55
1.25	75.58	75.58	24.42	7.98
0.4	55.56	55.56	44.44	20.02
0.160	25.45	25.45	74.55	30.11
0.080	1.89	1.89	98.11	23.56

Tabla 14

Resultados generales – calicata 05

Calicata 04 - Especificaciones	Resultado	Unidad
Pasa tamiz N° 4	98.11	%
Pasa tamiz N°200	1.89	%
D ₆₀	0.59	mm
D ₃₀	0.20	mm
D ₁₀	0.11	mm
Cu	5.47	
Cc	0.61	

Figura 9

Curva granulométrica – calicata 05

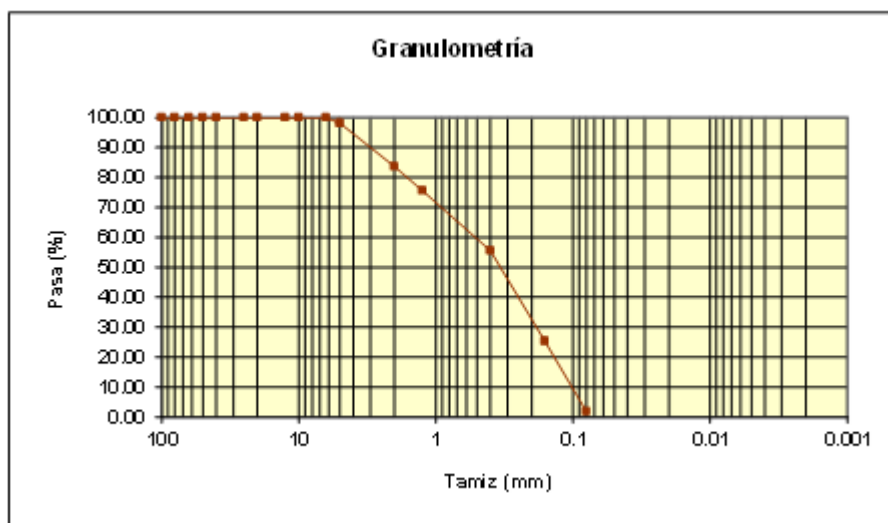


Tabla 15

Análisis granulométrico – calicata 06

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	96.32	96.32	3.68	3.68
2	82.56	82.56	17.44	13.76
1.25	73.59	73.59	26.41	8.97
0.4	57.54	57.54	42.46	16.05
0.160	18.26	18.26	81.74	39.28
0.080	3.68	3.68	96.32	14.58

Tabla 16

Resultados generales – calicata 06

Calicata 05 - Especificaciones	Resultado	Unidad
Pasante N° 4	96.32	%
Pasante N° 200	3.68	%
D ₆₀	0.53	mm
D ₃₀	0.23	mm
D ₁₀	0.11	mm
Cu	4.62	
Cc	0.88	

Figura 10

Curva granulométrica – calicata 06

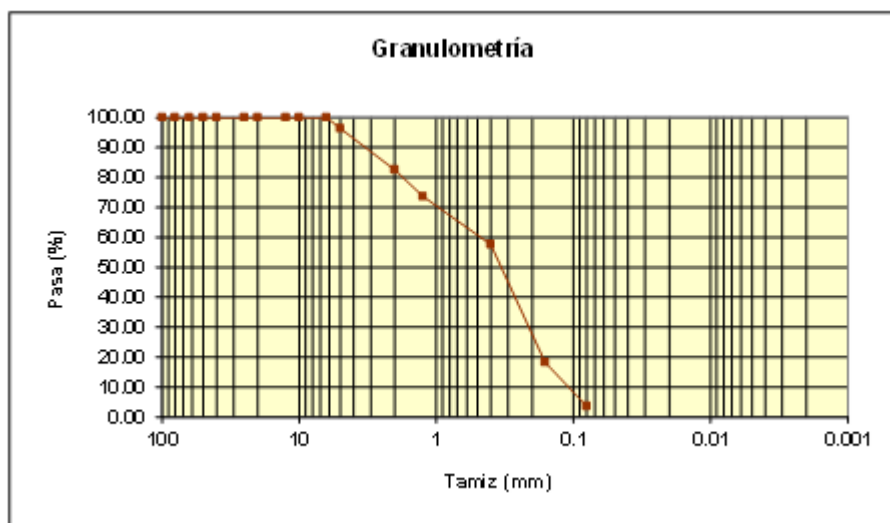


Tabla 17

Análisis granulométrico – calicata 07

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	94.21	94.21	5.79	5.79
2	81.26	81.26	18.74	12.95
1.25	75.56	75.56	24.44	5.70
0.4	59.54	59.54	40.46	16.02
0.160	21.54	21.54	78.46	38.00
0.080	5.79	5.79	94.21	15.75

Tabla 18

Resultados generales – calicata 07

Calicata 06 - Especificaciones	Resultado	Unidad
Pasa tamiz N°4	94.21	%
Pasa tamiz N°200	5.79	%
D.60	0.42	mm
D.30	0.21	mm
D.10	0.10	mm
Cu	4.19	
Cc	1.06	

Figura 11

Curva granulométrica – calicata 07

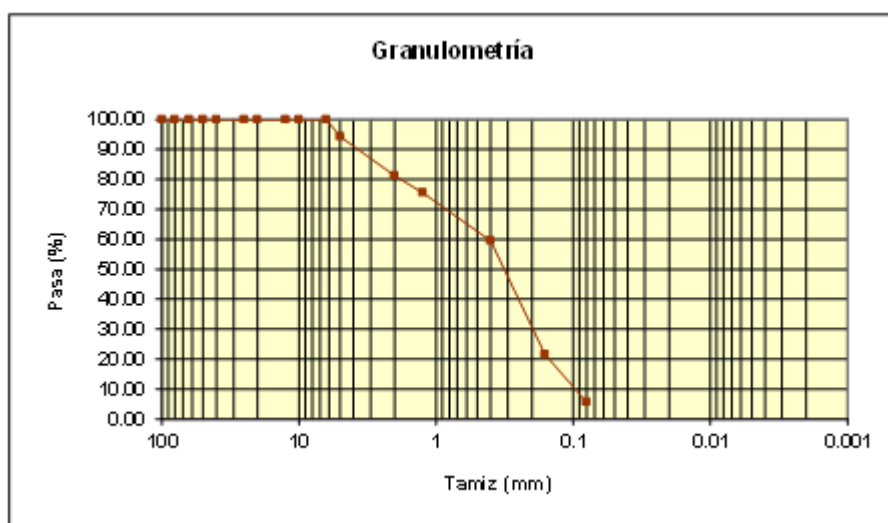


Tabla 19

Análisis granulométrico – calicata 08

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	94.21	94.21	5.79	5.79
2	81.26	81.26	18.74	12.95
1.25	75.56	75.56	24.44	5.70
0.4	59.54	59.54	40.46	16.02
0.160	21.54	21.54	78.46	38.00
0.080	5.79	5.79	94.21	15.75

Tabla 20

Resultados generales – calicata 08

Calicata 06 - Especificaciones	Resultado	Unidad
Pasa tamiz N°4	94.21	%
Pasa tamiz N°200	5.79	%
D.60	0.42	mm
D.30	0.21	mm
D.10	0.10	mm
Cu	4.19	
Cc	1.06	

Figura 12

Curva granulométrica – calicata 08

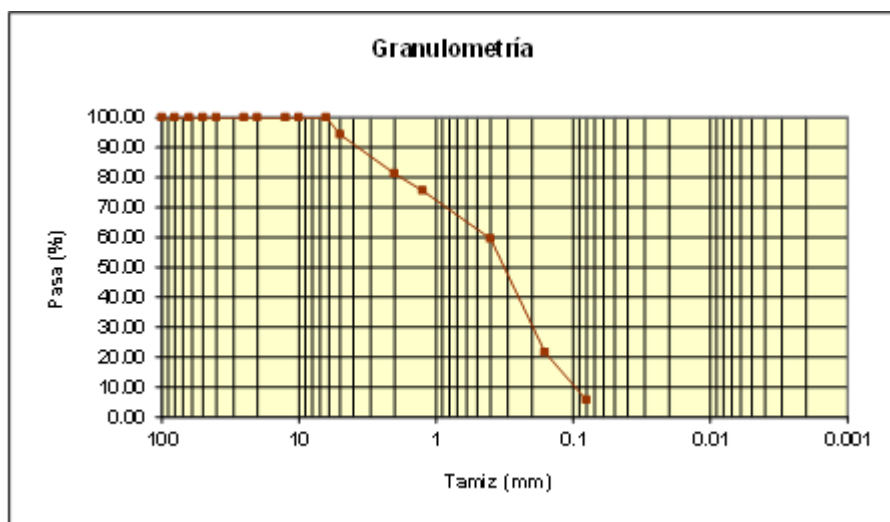


Tabla 21*Resumen de análisis granulométrico de 06 calicatas*

Calicata	%Grava	%Arena	%Fino
C-1	0.00	97.56	2.44
C-2	0.00	95.12	4.88
C-3	0.00	92.23	7.77
C-4	0.00	92.25	7.78
C-5	0.00	98.11	1.89
C-6	0.00	96.32	3.68
C-7	0.00	94.21	5.79
C-8	0.00	94.23	5.81

Contenido de humedad**Tabla 22***Porcentaje de humedad – 06 calicatas*

Calicata	%Humedad
C-01	0.50
C-02	0.91
C-03	1.12
C-04	1.13
C-05	0.76
C-06	1.20
C-07	0.60
C-08	0.61

Límites de Atterberg**Tabla 23***Límite plástico, límite líquido, índice de plasticidad*

Calicata	L.Líquido	L.Plástico	I.P.
C-01	N.P	N.P	N.P
C-02	N.P	N.P	N.P
C-03	N.P	N.P	N.P
C-04	N.P	N.P	N.P
C-05	N.P	N.P	N.P
C-06	N.P	N.P	N.P
C-07	N.P	N.P	N.P
C-08	N.P	N.P	N.P

Tabla 24*Clasificación de suelos AASHTO Y SUCS*

Calicata	AASHTO	SUCS
C-01	A-3-a	GW
C-02	A-3-a	GW
C-03	A-3-a	GW
C-04	A-3-a	GW
C-05	A-3-a	GW
C-06	A-3-a	GW
C-07	A-3-a	GW
C-08	A-3-a	GW

Proctor modificado

Figura 13

Relación MDC y OCH – calicata 01

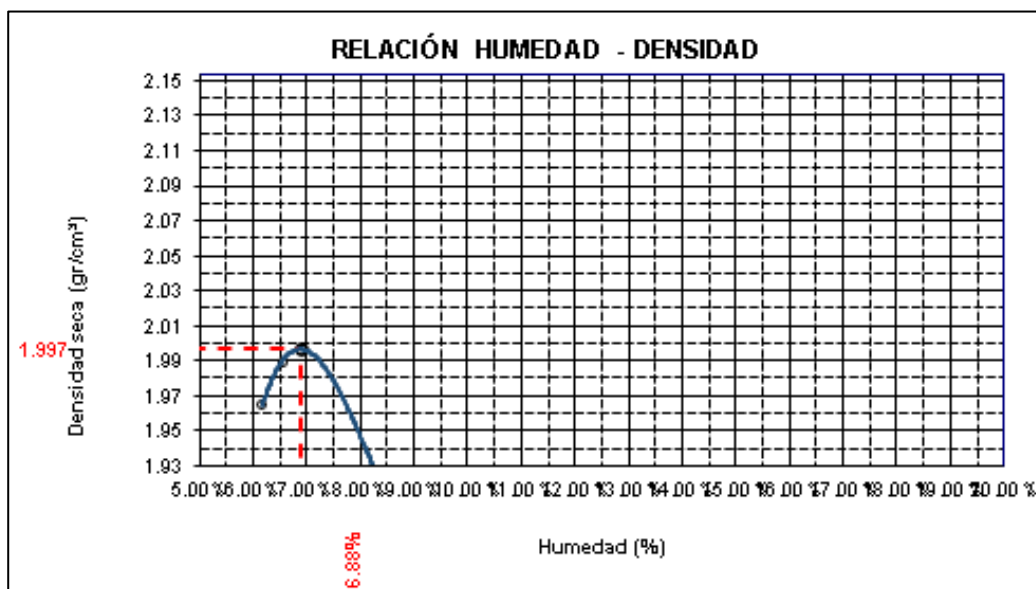


Figura 14

Relación MDC y OCH – calicata 02

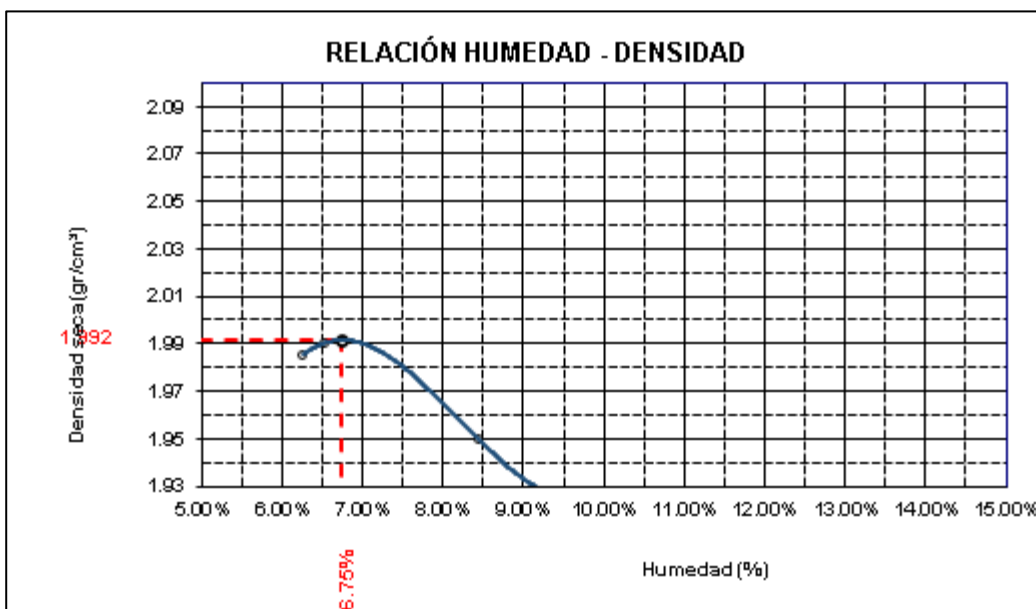


Figura 15

Relación MDC y OCH – calicata 03

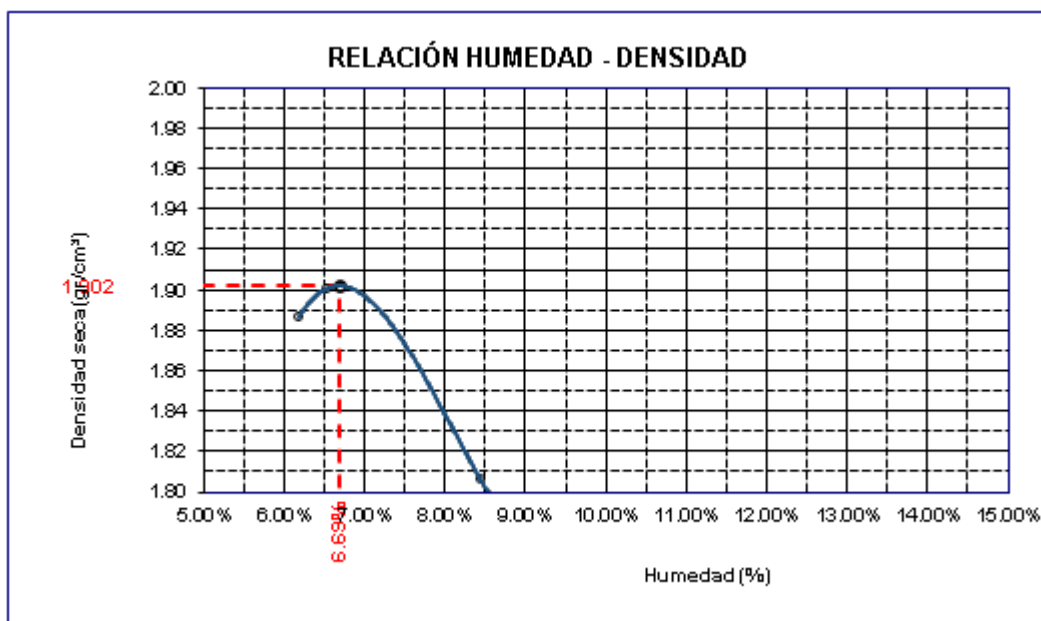


Figura 16

Relación MDC y OCH – calicata 04

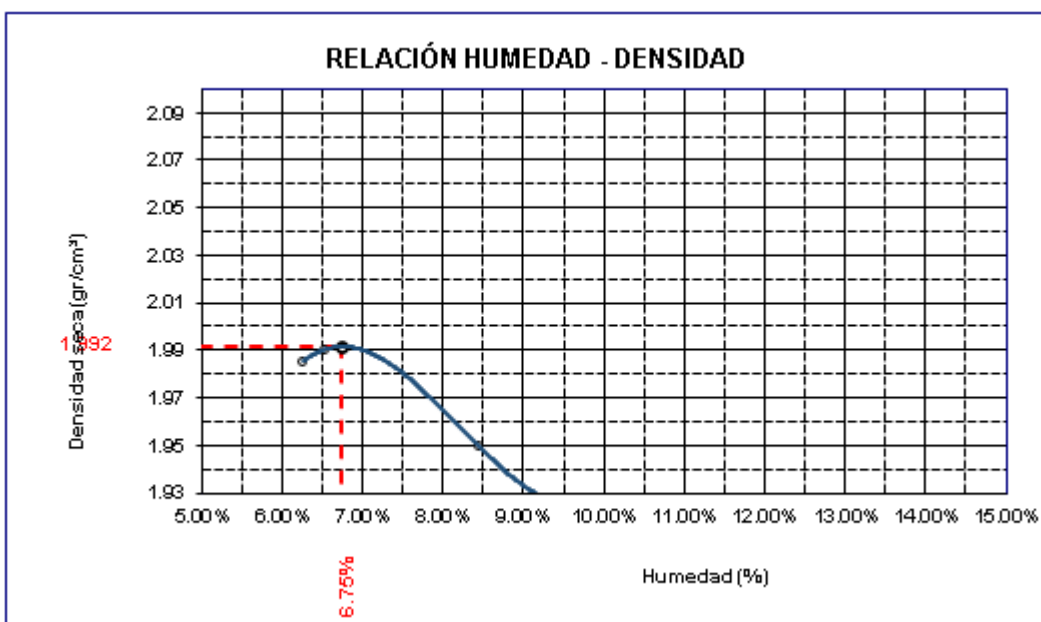


Figura 17

Relación MDC y OCH – calicata 05

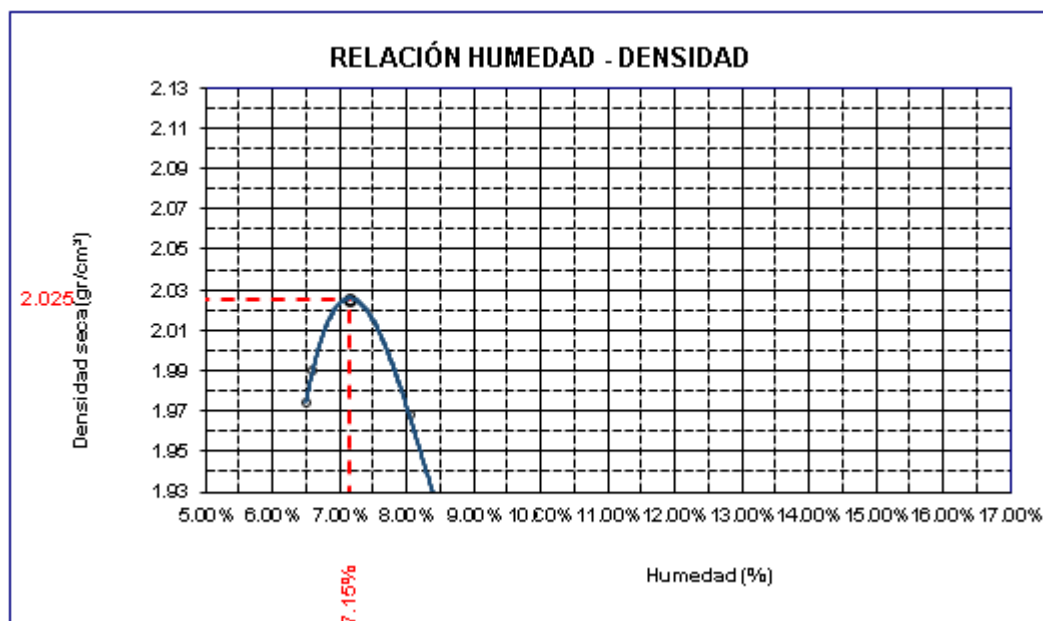


Figura 18

Relación MDC y OCH – calicata 06

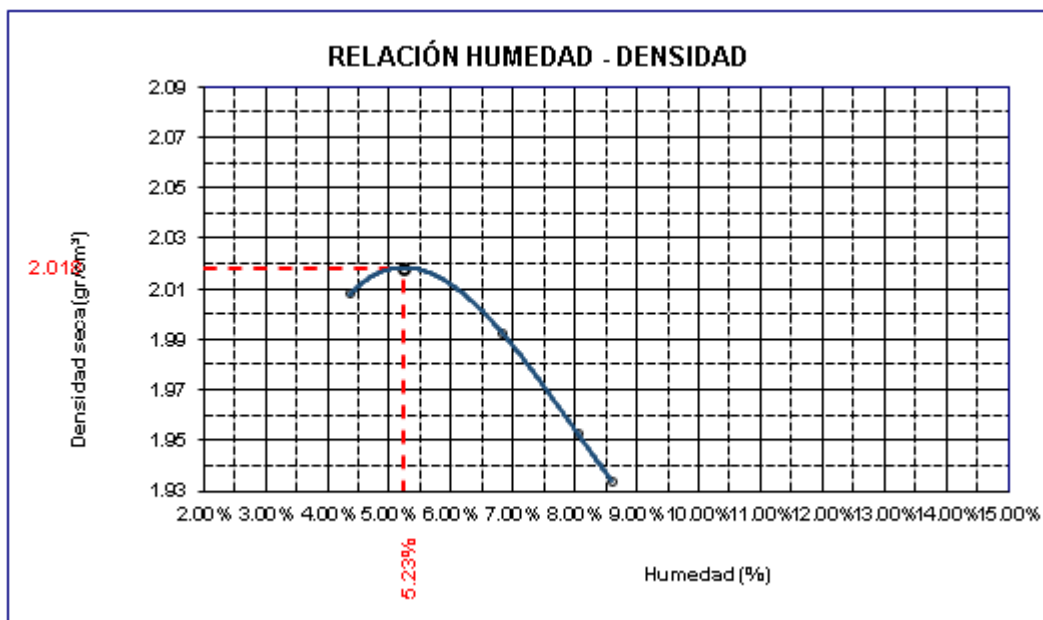


Figura 19

Relación MDC y OCH – calicata 07

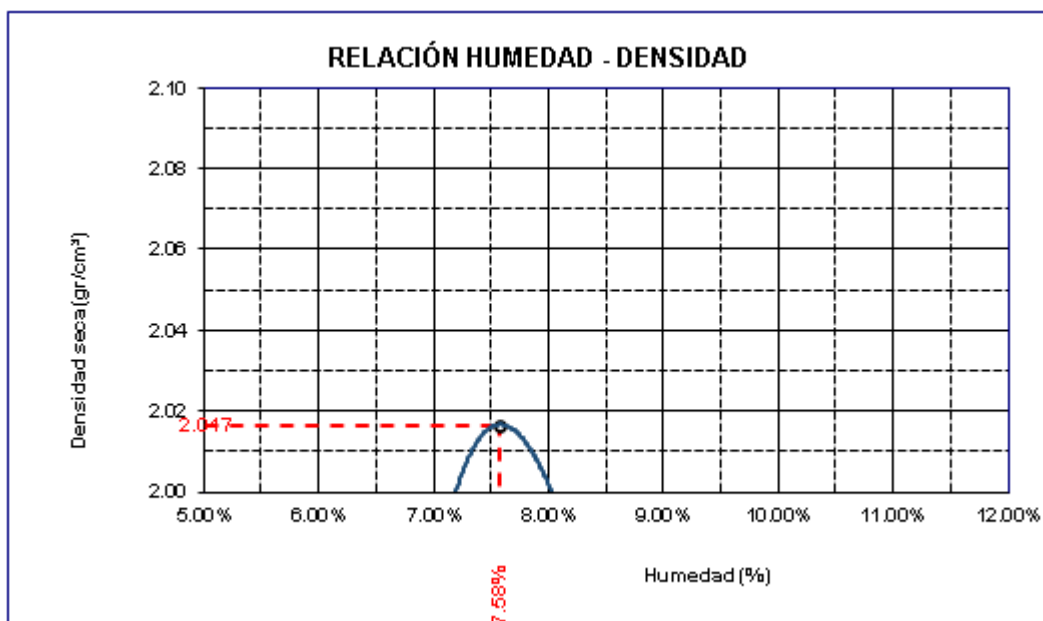


Figura 20

Relación MDC y OCH – calicata 08

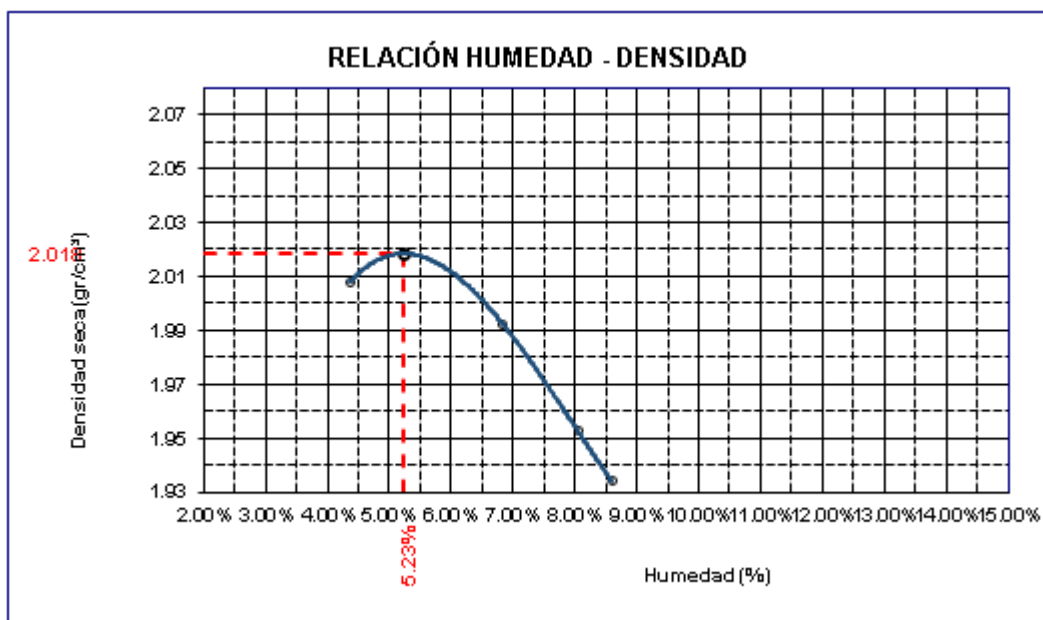


Tabla 25

Proctor modificado, máxima densidad seca – humedad optima

N°	MDS (gr/cm3)	OCH (%)
C-1	1.997	6.88
C-2	1.992	6.75
C-3	1.902	6.69
C-4	1.992	6.75
C-5	2.025	7.15
C-6	2.018	5.23
C-7	2.017	7.58
C-8	2.018	5.23

CBR

Tabla 26

Valores de CBR al 100% y 95% de MDS

N° Calicata	CBR 100%	CBR 95%
C-1	27.74	16.76
C-2	28.96	18.90
C-3	26.22	15.54
C-4	26.22	15.54
C-5	26.52	15.84
C-6	29.27	16.15
C-7	31.10	24.69
C-8	31.10	24.69

Se toma el menor valor CBR (100% MDS) - Salida Cusco = 26.22

Se toma el menor valor CBR (100% MDS) - Salida Huancané = 26.52

Tabla 27

Cuadro resumen del estudio de mecánica de suelos

Calicata	Humedad (%)	Análisis granulométrico			Límites de consistencia			Proctor modificado		CBR		Clasificación de suelos	
	%	%Grava	%Arena	%Finos	%LL	%LP	%IP	MDS (gr/cm3)	OCH (%)	100% MDS	95% MDS	SUCS	AASHTO
C-1	0.51	0.00	97.56	2.44	N.P.	N.P.	N.P.	1.997	6.88	27.74	16.76	GW	A – 3-a
C-2	0.92	0.00	95.12	4.88	N.P.	N.P.	N.P.	1.992	6.75	28.96	18.90	GW	A – 3-a
C-3	1.11	0.00	92.23	7.77	N.P.	N.P.	N.P.	1.902	6.69	26.22	15.54	GW	A – 3-a
C-4	1.11	0.00	92.23	7.77	N.P.	N.P.	N.P.	1.902	6.69	26.22	15.54	GW	A – 3-a
C-5	0.75	0.00	98.11	1.89	N.P.	N.P.	N.P.	2.025	7.15	26.52	15.84	GW	A – 3-a
C-6	1.21	0.00	96.32	3.68	N.P.	N.P.	N.P.	2.018	5.23	29.27	16.15	GW	A – 3-a
C-7	0.59	0.00	94.21	5.79	N.P.	N.P.	N.P.	2.017	7.58	31.10	24.69	GW	A – 3-a
C-8	0.59	0.00	94.21	5.79	N.P.	N.P.	N.P.	2.017	7.58	31.10	24.69	GW	A – 3-a

4.1.2. Valores ESAL de diseño según estudio de tráfico de vías

Para establecer la variable de 8,2 toneladas de repeticiones por eje equivalente (ESAL), esencial para el cálculo del espesor de las capas de pavimento flexible, el análisis del tráfico aportó una información esencial que resultaba imprescindible. Es posible calcular # de repeticiones por eje equivalente utilizando la fórmula que se presenta a continuación.

$$ESAL's = \sum [EE_{\text{día-carril}}(FCA)(365)]$$

Donde:

- EE = ejes equivalentes día carril
- F ca=Factor de Crecimiento Acumulado

$$EE \text{ dia} - \text{carril} = IMD * FD * FC * Fvpi * Fpi$$

Donde:

IMD = factor medio diario

Fc = factor carril

Fd = factor direccional

Fvpi = factor variable pesado

Fp = factor presion de neumaticos

Metodología de trabajo de campo

Debido a que en la salida Huancané y Cusco, ambas ubicadas en la provincia de San Román, son las localidades que experimentan los niveles más significativos de congestión vehicular, fue necesario realizar una observación del flujo vehicular en estas salidas. Durante el conteo vehicular se utilizó el sistema de clasificación establecido en el manual.

4.1.2.1 IMD salida Cusco

Tabla 28

Índice medio diario salida Cusco

Tipo de vehículo / día	Auto	PICK UP	PANEL	RURAL (Combi)	MICRO	2E	3E
							
Lunes	990	579	375	123	70	72	40
01/01/2024							
Martes	1075	551	355	105	68	73	45
02/01/2024							
Miércoles	1110	462	462	105	75	71	42
03/01/2024							
Jueves	990	577	662	120	65	81	35
04/01/2024							
Viernes	1170	578	241	106	82	80	39
05/01/2024							
Sábado	1080	578	264	85	82	80	37
06/01/2024							
Total	6425	3319	2359	634	442	457	238
IMD	1071	553	393	406	74	76	40

En la tabla se muestra el aforo vehicular diario de la vía de salida Cusco, en el que se muestra una mayor incidencia de vehículos de tipo auto, camionetas pick up y paneles.

4.1.2.2 IMD salida Huancané

Tabla 29

Índice medio diario salida Huancané

Tipo de vehículo / día	Auto	PICK UP	PANEL	RURAL (Combi)	MICRO	2E	3E
							
Lunes 08/01/2024	1010	662	435	245	85	75	66
Martes 09/01/2024	1110	668	444	120	75	85	55
Miércoles 10/01/2024	1075	468	531	110	85	84	68
Jueves 11/01/2024	1245	608	761	108	75	85	57
Viernes 12/01/2024	1135	708	379	109	95	88	46
Sábado 13/01/2024	974	755	375	95	85	95	55
Total	6569	3869	2925	787	500	512	347
IMD	1094	645	488	131	83	85	58

En la tabla se muestra el aforo vehicular diario de la vía de salida Huancané, en el que se muestra una mayor incidencia de vehículos de tipo auto, camionetas pick up y paneles.

Factor de crecimiento acumulado (Fca)

Esta cifra se ha obtenido teniendo como horizonte de diseño (20 años) y utilizando una tasa de aumento del tráfico del tres y medio por ciento, tal y como recoge la Agencia

Internacional de la Energía (INEI) en su Informe Técnico sobre Flujo de Vehículos de enero de 2024.

Tras analizar estos datos y utilizar la tabla proporcionada, el factor de crecimiento acumulado (FGC) resultó ser de 28,62.

Tabla 30

Valores de factor de crecimiento acumulado (Fca)

Periodo de análisis (años)	Factor sin crecimiento	Tasa anual de crecimiento (t)(en %)								
		1	2	3	4	5	6	7	8	10
01		1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
02		2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
03		3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
04		4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
05		5.00	5.20	3.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
06		6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
07		7.00	7.43	7.66	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
08		8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
09		9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10		10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11		11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12		12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13		13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14		14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15		15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16		16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17		17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18		18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19		19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20		20.00	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

Por interpolación se considera Fca = 28.62.

Fd (factor direccional y Fc (factor carril)

Los parámetros utilizados para determinar el número de ejes comparables tienen en cuenta múltiples variables, como el número de sentidos de circulación y el número de

carriles accesibles en cada sentido. Estos factores son absolutamente necesarios para ajustar los cálculos de carga en función de las peculiaridades del tráfico de vehículos. En el caso concreto de nuestro proyecto, los valores que corresponden a estos componentes se han fijado de acuerdo con las limitaciones específicas del diseño y los requisitos del análisis.

$F_d=0.50$ y $F_c=1$.

Tabla 31

Valores de factores de direccional y de carril

# Calzadas	Sentidos	Número de carril por sentido	(F_d)	(F_c)	Factor ponderado = $F_d \times F_c$
1 calzada (para IDMA total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IDMA total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Nota. MTC 2013 guía AASHTO

Factor presión de neumáticos (fp)

El manual contiene normas que definen que el factor relevante para los firmes flexibles será 1,00. Estas recomendaciones se establecen en función de los criterios establecidos. Tras la identificación de todos estos parámetros, pasamos al siguiente paso, que es el cálculo del ESAL, que será fundamental en el proceso de realización del diseño estructural del firme.

Tabla 32

Resumen de cálculo de ejes equivalente – salida Cusco

Cálculo de ejes equivalente por día / carril - salida cusco										
Tipo de vehículo		Símbolo	IMDA 2024	Carga vehicular	FVP	FIMDA	FD	FC	Fp	EE día - carril
Vehículos ligeros		I I	1071	01	0.000530	0.560	0.500	1.000	1.000	0.27960
				01	0.000530	0.560	0.500	1.000	1.000	0.27960
				01	0.000530	0.290	0.500	1.000	1.000	0.14310
		I I	553	01	0.000530	0.290	0.500	1.000	1.000	0.14310
				01	0.000530	0.200	0.500	1.000	1.000	0.10090
		I I	393	01	0.000530	0.200	0.500	1.000	1.000	0.10090
				01	0.000530	0.050	0.500	1.000	1.000	0.02530
		I I	1066	01	0.000530	0.050	0.500	1.000	1.000	0.02530
		I I	74	07	1.265370	80.980	0.500	1.000	1.000	40.49170
				11	3.238290	207.250	0.500	1.000	1.000	103.62520
				07	1.265370	83.510	0.500	1.000	1.000	41.75710
		I I	76	11	3.238290	213.730	0.500	1.000	1.000	106.86350
Camión				07	1.265370	37.960	0.500	1.000	1.000	18.98050
		I I	40	16	1.260590	37.820	0.500	1.000	1.000	18.90880
Σ EE DÍA CARRIL =							331.7			

Tabla 33

Resumen de cálculo de ejes equivalente – salida Huancané

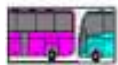
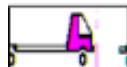
Cálculo de ejes equivalentes por día / carril - Salida Huancané										
Tipo de vehículo		Símbolo	IMDA 2024	Carga vehicular	FVP	FIMDA	FD	FC	FP	EE día - carril
Vehículos ligeros		I I	1095	01	0.000530	0.570	0.500	1.000	1.000	0.28590
				01	0.000530	0.570	0.500	1.000	1.000	0.28590
		I I	645	01	0.000530	0.330	0.500	1.000	1.000	0.16730
				01	0.000530	0.330	0.500	1.000	1.000	0.16730
		I I	488	01	0.000530	0.250	0.500	1.000	1.000	0.12600
				01	0.000530	0.250	0.500	1.000	1.000	0.12600
				01	0.000530	0.060	0.500	1.000	1.000	0.03190
		I I	131							
				01	0.000530	0.060	0.500	1.000	1.000	0.03190
		I I	83	07	1.265370	92.370	0.500	1.000	1.000	46.18590
Camión				11	3.238290	236.390	0.500	1.000	1.000	118.19750
		I I	85	07	1.265370	94.900	0.500	1.000	1.000	47.45130
				11	3.238290	242.870	0.500	1.000	1.000	121.43580
		I I	58	07	1.265370	60.740	0.500	1.000	1.000	30.36880
				16	1.260590	60.510	0.500	1.000	1.000	30.25400
Σ EE DÍA CARRIL =							395.1			

Tabla 34*Cálculo de ESAL de diseño – salida Cusco*

Cálculo de ESAL- EE- w18		
$\Sigma EEdía-carril$	=	331.7
Tiempo	=	365
Fca	=	28.62
ESAL	=	3,465,037.71

Tabla 35*Cálculo de ESAL de diseño – salida Huancané*

Cálculo de ESAL- EE- w18		
$\Sigma EEdía-carril$	=	395.1
Tiempo	=	365
Fca	=	28.62
ESAL	=	4,127,333.13

4.1.3. Propuesta de diseño de vías utilizando la guía americana de diseño AASHTO 93

Diseño estructural para un pavimento

En el proceso de diseño de pavimentos, tanto flexibles como rígidos, este enfoque metodológico nos ofrece un recurso de gran valor. Nos permite determinar el número estructural, que principal componente de definición de las capas que compondrán el pavimento. Esto puede lograrse mediante la utilización de fórmulas analíticas específicas o mediante la utilización de gráficos ilustrativos.

Para comenzar con el proceso de cálculo del número estructural mediante un enfoque analítico, procederemos a resolver la expresión logarítmica:

$$\log (w18) = Z_{rxSO} + 9.43 \log (S_{Ni} + 1) - 0.20 + [\log (\Delta PSI \ 4.2 - 1.5) \ 0.40 + (\\ 1094 (S_{Ni} + 1) 5.19)] + 2.32 \log (Mr) - 8.07$$

(W18): Numero de repeticiones de ejes equivalentes 8.2Tn

Para el análisis de tráfico se consideró:

- ESAL (Cusco) = 3,465,037.71
- ESAL (Huancané) = 4,127,333.13

(Mr): Módulo de resiliencia – Salida Cusco

El valor del CBR al 100% es de 26.22%.

- Módulo de resiliencia (Psi) = 20.688.8
- Módulo de resiliencia (Psi) = 20.689

(Mr): Módulo de resiliencia – Salida Huancané

Nuestro estudio de mecánica de suelos, el valor del CBR al 100% es de 26.52%

- Módulo de resiliencia (Psi) = 20.819.9
- Módulo de resiliencia (Psi) = 20.820

Confiabilidad

Existe un factor conocido como fiabilidad que se refiere al comportamiento del pavimento bajo diferentes cargas. La fiabilidad, en un sentido más particular, se ejecute con éxito y de forma suficiente las funciones para las que fue construido durante el transcurso de su vida útil prevista. Esta idea sugieren que la estructura del firme debe ser capaz de mantener un buen comportamiento en las condiciones de carga y los factores ambientales a los que se verá sometida durante el plazo de diseño que se haya definido. Esta tabla, que nos proporciona el MTC, nos permite establecer el nivel de confianza que tenemos en la carretera.

Tabla 36

Confiabilidad

Vías	Ejes equivalentes	Nivel de confianza
Arterias principales	3,000,000' - 4,000,000'	75% - 90%
	4,000,000' - 5,000,000'	85% - 90%

Tabla 37

Confiabilidad salida Cusco – salida Huancané

ESAL	Ejes equivalentes	
Cusco	3,645,037.71	80%
Huancané	4,127,333.13	90%

Desviación estándar normal - ZR

Tabla 38

Desviación estándar estimados

Confiabilidad R%	Desviación normal estándar ZR
50.0	0.000
60.0	-0.253
70.0	-0.524
75.0	-0.674
80.0	-0.841
85.0	-1.037
90.0	-1.282
91.0	-1.340
92.0	-1.405
93.0	-1.476
94.0	-1.555
95.0	-1.645
96.0	-1.751
97.0	-1.881
98.0	-2.054
99.0	-2.327
99.90	-3.090
99.99	-3.750

Tabla 39*Desviación normal estándar (Z_r)*

Vías	Ejes equivalentes Z_r	
Salida Cusco	3,645,037.71	-0.841
Salida Huancané	4,127,333.13	-1.282

Desviación estándar combinada

Según las especificaciones de la AASHTO 93, este valor oscila entre 0.40 y 0.50 en el caso de pavimentos flexibles.

Por lo tanto, usaremos:

- El valor de $S_o = 0.45$

PSI (Índice de Serviciabilidad)**Tabla 40***Condiciones de Serviciabilidad (PSI)*

Serviciabilidad	Pavimento	Valor
Índice inicial(p_i)	Pavimento flexible	4.20
	Pavimento rígido	4.50
Índice final (p_t)	Carreteras principales	2.5 o 3.0
	Carreteras con clasificación menor	2
	Carreteras relativamente menores	1.5

Tabla 41*Serviciabilidad, serviciabilidad inicial(pi) y final(pt)*

Vías	Ejes equivalentes	Pi	Pt	ΔPSI
Salida Cusco	3,645,037.71	4.20	2.50	1.70
Salida Huancané	4,127,333.13	4.00	2.50	1.50

Procedimiento para determinar el número estructural (SN)

El (SN) es un parámetro fundamental en el diseño de pavimentos flexibles, empleado principalmente en el método AASHTO 1993. Este valor cuantifica la capacidad estructural de un sistema de pavimento para resistir la acumulación de cargas repetidas, expresadas en términos de Ejes Equivalentes de 80 kN (ESAL). A continuación, se detalla el procedimiento técnico para su determinación

1. Determinación de parámetros iniciales

Antes de iniciar el cálculo del SN, es necesario obtener una serie de datos básicos:

- Tráfico proyectado en términos de ESAL (W18).
- Confiabilidad (R), expresado como porcentaje.
- Desviación estándar combinada (So), generalmente proporcionada por normas o estudios previos.
- Pérdida de Servicio Permitida (ΔPSI), correspondiente a la diferencia entre el Índice de Servicio Inicial (Pi) y el Índice de Servicio Terminal (Pt).
- Módulo Resiliente (MR) del suelo de subrasante, expresado en psi.

2. Cálculo del número estructural (SN)

El SN se calcula mediante la siguiente fórmula empírica propuesta por AASHTO 93:

$$\log_{10}(W18) = ZR \times So + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \log_{10}[\Delta PSI / (4.2 - 1.5)] / [0.40 + 1094 / (SN + 1)^{5.19}] + 2.32 \times \log_{10}(MR) - 8.07$$

Donde:

W18 = Número acumulado de ejes equivalentes de 80 kN durante el período de diseño.

ZR = Valor de confiabilidad estándar normal

So = Desviación estándar combinada.

Δ PSI = Pérdida permisible de índice de servicio. (Pi - Pt) o (Si - Sf)

MR = Módulo resiliente del suelo de subrasante.

SN = Número estructural a determinar.

3. Resolución numérica

La ecuación de AASHTO 93 es implícita en SN, por lo que se puede resolver directamente por Software; o se utiliza un proceso iterativo o métodos numéricos como Newton-Raphson para encontrar el valor de SN que satisface la ecuación dada los parámetros iniciales.

4. Validación de diseño

Finalmente, es necesario comprobar que el espesor total de cada capa cumple con los criterios de resistencia, funcionalidad, garantizando una vida útil adecuada del pavimento. Se pueden realizar ajustes en los espesores o en los coeficientes según los resultados obtenidos. Este procedimiento permite garantizar un diseño técnico y optimizado del pavimento, adaptado a las condiciones de carga, clima y características del suelo del proyecto.

Tabla 42

Resumen de condiciones para diseño de pavimento – salida Cusco

Condiciones de diseño de pavimento	
Nº estructural	2.681903389
ESAL	3,465,037.71
Confiabilidad	80%
Desviación estándar	-0.842
MR(PSI)	7,157.01
Si	4.20
Sf	2.50

Tabla 43

Espesores de pavimento – salida Cusco

Capa de material	Coefficiente de capa (a)	Coefficiente drenaje (m)	Espesor (pulg)	(SN)	Espesor (cm)	(SN)
Capa asfalto	0.440	1	4	1.76	10	4.400
Base	0.130	1	8	1.04	22	2.861
Sub base	0.120	1	10	1.107	25	2.767
				SN (Calculado)		10.028
				SN (requerido)		9.900
				OK		OK

Tabla 44

Resumen de condiciones para diseño de pavimento – salida Huancané

Condiciones de diseño de pavimento	
Nº estructural	3.021174676
ESAL	4,127,542.06
Confiabilidad	90%
Desviación estándar	-1.282
MR(PSI)	7,157.01
Si	4.20
Sf	2.50

Tabla 45

Espesores de pavimento – salida Huancané

Capa de material	Coefficiente de capa (a)	Coefficiente drenaje (m)	Espesor (pulg)	(SN)	Espesor (cm)	(SN)
Capa asfalto	0.44	1	5	2.200	15	6.600
base	0.13	1	10	1.301	22	2.861
sub base	0.11	1	15	1.660	25	2.767
				sn (calculado)		12.228
				sn (requerido)		11.236
				ok		ok

4.2 Discusión de resultados

➤ Se realizó en un total de 8 calicatas a 2.00 metros, cuatro de ellas corresponden a la salida Cusco, las otras cuatro a la salida Huancané; primeramente, se realizó en análisis granulométrico de las primeras 4 calicatas de la salida Cusco:

Resultados generales calicata 1: Pasante por el tamiz N°4=97.56%, pasante por el tamiz N°200=2.44%, D60=0.60mm, D30=0.25mm, D10=0.13 mm, (Cu)= 4.73, (Cc)=0.81.

Resultados generales calicata 2: Pasante por el tamiz N°4=95.12%, pasante por el tamiz N°200=4.88%, D60=0.64mm, D30=0.20mm, D10=0.10mm, (Cu)= 6.43, (Cc)=0.62.

Resultados generales calicata 3: Pasante por el tamiz N°4=92.23%, pasante por el tamiz N°200=7.77%, D60=0.68mm, D30=0.25mm, D10=0.10mm, (Cu)=6.58, (Cc)=0.90.

Análisis granulométrico de las calicatas de la salida Huancané:

Resultados generales calicata 4: Pasante por el tamiz N°4=98.11%, pasante por el tamiz N°200=1.89%, D60=0.59mm, D30=0.20mm, D10=0.11mm, (Cu)= 5.47, (Cc) = 0.61.

Resultados generales calicata 5: Pasante por el tamiz N°4=96.32%, pasante por el tamiz N°200=3.68%, D60=0.53mm, D30=0.23mm, D10=0.11mm, (Cu)= 4.62, (Cc) = 0.88.

Resultados generales calicata 6: Pasante por el tamiz N°4=94.21%, pasante por el tamiz N°200=5.79%, D60=0.42mm, D30=0.21mm, D10=0.10mm, (Cu)= 4.19, (Cc) = 1.06.

Se realizaron el ensayo de porcentaje de humedad, de igual manera de las calicatas de la salida Cusco y salida Huancané respectivamente: calicata 01= 0.50%, calicata 02=0.91%, calicata 03= 1.12%, calicata 04 = 0.76, calicata 5= 1.20, calicata 6= 0.60% respectivamente.

Se realizaron sus respectivos ensayos de límites de consistencia tanto como para el LL, LP, IP, todas las calicatas nos dieron un resultado de: LL = NP, LP= NP, IP=NP, respectivamente.

Todas las calicatas para una clasificación AASHTO es un tipo A – 3-a, SUCS es un tipo GW.

Para los ensayos de proctor modificado, calicatas de salida cusco y salida Huancané se obtuvieron, calicata 1: MDS:1.997, OCH: 6.88%; calicata 2: MDS:1.992, OCH:6.75%; calicata 3: MDS:1.902, OCH:6.69%; calicata 4: MDS:2.025, OCH: 7.15%; calicata 5: MDS: 2.018, OCH: 5.23%; calicata 6: MDS: 2.017, OCH: 7.58%.

Para los ensayos de CBR, calicatas de salida cusco y salida Huancané se obtuvieron, para la calicata 1 al 95% de MDS un 16.76, al 100% de MDS un 27.74, para la calicata 2 al 95% de MDS un 18.90, al 100% de MDS un 28.96, para la calicata 3 al 95% de MDS un 15.54, al 100% de MDS un 26.22, para la calicata 4 al 95% de MDS un 15.84, al 100% de MDS un 26.52, para la calicata 5 al 95% de MDS un 16.15, al 100% de MDS un 29.27, para la calicata 6 al 95% de MDS un 24.69, al 100% de MDS un 31.10.

➤ Se tuvo que realizar toda una metodología, para el análisis vial de la salida cusco se realiza en cálculo de IMD de 7 tipos de vehículos, el índice de autos fue de 6425, para pick up fue de 3319, panel fue de 2359, rural fue de 644, para micros de 442, 2 ejes de 457, 3 ejes de 248, para el análisis vial de la salida Huancané se realiza en cálculo de IMD de 7 tipos de vehículos, el índice de autos fue de 6569, para pick up fue de 3869, panel fue de 2925, rural fue de 797, para micros de 500, 2 ejes de 512, 3 ejes de 298.

Para el factor de crecimiento acumulado se hizo el registro vehicular de 3.6% lo cual tomamos en valor de 28.62 para las dos vías.

Para el factor direccional y de carril se consideraron un $F_d = 0.50$ y $F_c = 1$, todo de acuerdo a los parámetros establecidos.

El factor de presión de neumáticos a considerar es de 1 para el diseño del pavimento.

Para el Cálculo de ejes equivalentes por tipo vehicular se obtuvo que los ejes equivalentes día – carril de la salida cusco para tipo 1 fue de 0.5592, para tipo 2 fue de 0.2862, para tipo 3 fue de 0.2018, para tipo 4 fue de 0.0506, para tipo 5 fue de 144.1169, para tipo 6 fue de 150.6206, para tipo 7 fue de 37.8893.

Para el cálculo de ejes equivalentes por tipo vehicular se obtuvo que los ejes equivalentes día – carril de la salida Huancané para tipo 1 fue de 0.5718, para tipo 2 fue de 0.3746, para

tipo 3 fue de 0.2560, para tipo 4 fue de 0.0638, para tipo 5 fue de 168.8871, para tipo 6 fue de 150.6206, para tipo 7 fue de 60.6228.

Por consiguiente, para la salida cusco, con 331.72 de ejes equivalente por un periodo de 365 días con un factor de crecimiento acumulado de 28.62, se obtuvo un ESAL de 3,465,246.64.

Y por último para la salida Huancané, con 395.12 de ejes equivalente por un periodo de 365 días con un factor de crecimiento acumulado de 28.62, se obtuvo un ESAL de 4,127,542.06.

➤ Se desarrolló el diseño estructural de pavimentos por el método AASHTO 93, considerando los resultados que se obtuvieron anteriormente del ESAL de la salida cusco y salida Huancané, se obtuvo sus módulos de resiliencia de 20.689 y 20.820; la confiabilidad de acuerdo a los ESAL nos indican que para la salida cusco y salida Huancané: un 80% y 90%, las desviaciones estándar -0.841 y -1.282, las desviación estándar combinada de 0.45, los índices de serviciabilidad de 1.70 y 1.50; se consideraron los coeficientes de capa de la salida cusco ; carpeta asfáltico de 0.45, base granular de 0.13, sub base granular de 0.12, coeficiente de drenaje de 1, espesor y un numero estructural en pulgadas; carpeta asfáltica en pulgadas de 5.00 y 2.265, base de 10 y 1.301, subbase de 15 y 1.754; espesor y un numero estructural en centímetros; carpeta asfáltica en pulgadas de 13.00 y 5.889, base de 25 y 3.251, subbase de 38 y 4.442. se consideraron los coeficientes de capa de la salida Huancané; carpeta asfáltico de 0.45, base granular de 0.13, sub base granular de 0.12, coeficiente de drenaje de 1, espesor y un numero estructural en pulgadas; carpeta asfáltica en pulgadas de 5.00 y 1.812, base de 9 y 1.171, subbase de 14 y 1.637; espesor y un numero estructural en centímetros; carpeta asfáltica en pulgadas de 10.00 y 4.530, base de 23 y 2.991, subbase de 36 y 4.208.

CONCLUSIONES

General, el plan de mejoramiento utilizado para suelos de subrasante en la construcción de vías principales del distrito de Juliaca, se realizó con el estudio preliminar de la subrasante y posteriormente con ayuda del AASHTO 93, de acuerdo valores de ESAL de diseño de las salidas Cusco y Huancané en donde se aumentó los espesores de capa asfáltica, base y subbase, a fin de contar con una estructura que soporte las cargas de tráfico actuales.

Primera, las propiedades que presentan los suelos a nivel de subrasante para la construcción de vías en el distrito de Juliaca, se realizaron en ensayo para la salida cusco y salida Huancané cada vía con 4 calicatas en donde se encontró presencia de gravas, por consiguiente, no se presentan límites de consistencia su máxima densidad seca oscila entre 1.992 hasta 2.025, los CBR tomados fueron de 26.22 y 26.52, su clasificación SUCS es GW y su clasificación AASHTO un A-3-a.

Segunda, los valores ESAL de vías para la construcción de pavimentos en el distrito de Juliaca, se tomaron en cuenta 7 tipos de vehículos tanto para la vía salida cusco y salida Huancané, donde se obtuvo un sumatoria de ejes equivalente día-carril de 33.92 y 415.12, para un tiempo de 365 días considerando un factor de crecimiento acumulado de 28.62, se obtuvo un ESAL de 3,465,037.24EE para la salida cusco y ESAL para la salida Huancané de 4,127,333.13EE.

Tercera, la propuesta de diseño de vías utilizando la guía AASHTO en el distrito de Juliaca, se realizó con la metodología AASHTO 93, se tomaron los valores como el CBR y ESAL ya calculados anteriormente consideramos el cálculo para la carpeta asfáltica, base granular, subbase granular para la salida cusco con espesores de 10 cm, 22 cm, 25 cm respectivamente, y para la salida Huancané de 15 cm, 22 cm, 25 cm respectivamente, sus números estructurales están aptos en ambas vías tanto los calculados y requeridos.

RECOMENDACIONES

General, incorporar técnicas de estabilización de suelos y el uso de materiales alternativos o mejorados en capas granulares, lo cual no solo optimiza los espesores diseñados, sino que también mejora el desempeño a largo plazo del pavimento bajo las condiciones particulares de carga y clima de las salidas Cusco y Huancané.

Primera, sería adecuado aplicar procesos de estabilización localizados solo en zonas puntuales con condiciones distintas, a fin de optimizar recursos y garantizar un comportamiento estructural eficiente en el diseño y ejecución de pavimentos, promoviendo además una mayor durabilidad y sostenibilidad de las vías intervenidas.

Segunda, aplicar estructuras de pavimento que respondan adecuadamente a estas exigencias de carga, priorizando el incremento del Número Estructural (SN) a través del uso de materiales de alto desempeño en las capas de base y subbase, así como asfaltos modificados en la superficie. Esta estrategia permitirá garantizar la durabilidad de la vía, reducir costos de mantenimiento a largo plazo y asegurar un comportamiento óptimo frente a las solicitudes dinámicas del tránsito pesado previsto.

Tercera, proceder con la implementación de estos espesores en el diseño definitivo, asegurando que los Números Estructurales (SN) alcanzados cumplan o superen los valores requeridos para ambos tramos. Este enfoque garantiza una solución estructural eficiente, técnicamente sustentada y alineada con los estándares internacionales, prolongando la vida útil del pavimento y optimizando el desempeño frente a las condiciones del suelo y del tránsito local.

REFERENCIAS

- Amorín Uchuypoma, L. V. (2014). Investigación de un modelo geológico-geotécnico para realizar la rehabilitación de obras viales ocasionados por problemas geodinámicos en el corredor vial interoceánico Norte (IIRSA Norte) tramo 3: Corral Quemado-Rioja entre Pedro Ruiz-Yambrasbamba, Bongará. *Repositorio de Tesis - UNMSM*.
<https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/10806>
- Benavente Puma, K. S., & Mamani Cutipa, J. J. (2017). Determinación de los rendimientos reales en partidas incidentes para obras de pavimento rígido en el distrito de Juliaca. *Universidad Peruana Unión*.
<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/399>
- Bowles, J. (1982). *Propiedades geofísica de los suelos*.
- Callata Garrido, A. J. (2017). Mejoramiento y construcción de la infraestructura vial urbana de la urbanización Nuestra Señora del Carmen y el barrio Miraflores de la ciudad de Ilave, provincia del Collao—Huancané. *Universidad Nacional del Altiplano*.
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/5513>
- Chura Zea, F. A. (2014). Mejoramiento de la infraestructura vial a nivel de pavimento flexible de la avenida Simón Bolívar de la ciudad de Arapa – provincia de Azángaro – Huancané. *Universidad Nacional del Altiplano*.
<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/1951>
- Duque, G., & Escobar, C. (2002). *Mecánica de Suelos*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Fernández Tirado, S., & Agip Rojas, W. (2015). Mejoramiento De Pavimento Rígido Y Veredas Para Mejorar La Transitabilidad En La Zona Urbana De Anguía, Del Distrito De Anguía, Provincia De Chota, Departamento De Cajamarca En El Año 2015.



Universidad

César

Vallejo.

<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10137>

Guo, X., Wang, N., & Li, Y. (2023). Enhancing pavement maintenance: A deep learning model for accurate prediction and early detection of pavement structural damage. *Construction and Building Materials*, 409, 133970. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133970>

Inchuña, Q. (2023). *TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE: Ingeniero Civil*. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/115642/Quispe_IE-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Kisfaludi, B., Péterfalvi, J., & Primusz, P. (2024). Using Cyclic CBR Method to Determine Resilient Modulus of Hydraulic Binder Stabilised Road Pavement Base Layers. *Croatian Journal of Forest Engineering*, 45(1), 125-138. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2024.2214>

Luna Marallano, D. J. (2018). Diseño Estructural del Pavimento Rígido para el Mejoramiento de las Obras Viales Yauli—Oroya, 2016. *Universidad César Vallejo*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/13587>

Márquez, D. (2019). *Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito La Encantada, Provincia de Morropón – Piura 2019*. Universidad Nacional de Piura.

McCallum, A. B. (2022). Mejorar la capacidad de carga y la transitabilidad de los suelos australianos en cualquier clima. En *Undécima Conferencia Internacional sobre la Capacidad de Carga de Carreteras, Ferrocarriles y Aeródromos* (Taylor y Francis Group, p. 14). 1ra edición. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/oa-edit/10.1201/9781003222897-3/improving-bearing-capacity-weather-trafficability-australian-soils-mccallum-yeaman-farrar-urbaez>



- Miranda, R. (2010). *Deterioros en Pavimentos Flexibles y Rígidos*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.
- MTC. (2013). *Mnaul de Carreteras - Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Primusz, P., Kisfaludi, B., & Péterfalvi, J. (2024). Using Cyclic CBR Method to Determine Resilient Modulus of Hydraulic Binder Stabilised Road Pavement Base Layers. *Croatian Journal of Forest Engineering: Journal for Theory and Application of Forestry Engineering*, 45(1), 125-138. <https://doi.org/10.5552/crojfe.2024.2214>
- Ramírez Rucoba, Á. R. (2007). Mejoramiento estructural de vías afirmadas con el sistema Geoweb: Análisis comparativo de la serviciabilidad con un pavimento tradicional. *Universidad Nacional de Ingeniería*. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/16114>
- Roncal Pérez, J. M., & Soto Guizado, J. C. (2023). Diseño Estructural del pavimento de la carretera que comunica el distrito de Tayabamba y Huancaspata hasta el km 10 para el mejoramiento de la transitabilidad vehicular. *Universidad Privada Antenor Orrego*. <https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/14972>
- Velille Pablo, F. (2009). Ampliación y mejoramiento de la carretera Cañete - Yauyos - Huancayo del km. 165+900 al km. 166+200: Diseño de pavimentos y estabilidad de taludes. *Universidad Nacional de Ingeniería*. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/16584>



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de Consistencia

Título: PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024				
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Instrumentos
Problema General: ¿Cómo realizar el plan de mejoramiento de los suelos de la subrasante para la construcción de vías y propuesta de diseño utilizando la guía americana de diseño en el distrito de Juliaca 2024?	Objetivo General: Realizar el plan de mejoramiento de los suelos de la subrasante para la construcción de vías y propuesta de diseño utilizando la guía americana de diseño en el distrito de Juliaca 2024.	Hipótesis General: El plan de mejoramiento de los suelos de la subrasante para la construcción de vías y propuesta de diseño utilizando la guía americana de diseño en el distrito de Juliaca 2024, es diseñar las capas de subbase y base acorde a las propiedades de las subrasantes de las vías en estudio.	Variable Independiente SUELOS DE SUBRASANTE Dimensiones: <i>Clasificación de suelos de subrasante</i> <i>Grado de compactación de subrasantes</i> <i>CBR de las subrasantes</i>	Equipos y herramientas de laboratorio
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		Certificados de control de calidad de laboratorio
¿Cuáles son las propiedades que presentan los suelos a nivel de subrasante para la construcción de vías en el distrito de Juliaca? ¿Cuáles son los valores ESAL de diseño según estudio de tráfico de vías para la construcción de pavimentos en el distrito de Juliaca? ¿Cuál es la propuesta de diseño de vías utilizando la guía americana de diseño AASHTO 93 en el distrito de Juliaca?	Determinar las propiedades que presentan los suelos a nivel de subrasante para la construcción de vías en el distrito de Juliaca. Determinar los valores ESAL de diseño según estudio de tráfico de vías para la construcción de pavimentos en el distrito de Juliaca. Realizar una propuesta de diseño de vías utilizando la guía americana de diseño AASHTO 93 en el distrito de Juliaca.	Las propiedades que presentan los suelos a nivel de subrasante para la construcción de vías en el distrito de Juliaca, variarán por el tipo de suelo que se encuentren. Los valores ESAL de diseño según estudio de tráfico de vías para la construcción de pavimentos en el distrito de Juliaca, cambiarán de acuerdo al tipo de vía e importancia. La propuesta de diseño de vías utilizando la guía americana de diseño AASHTO 93 en el distrito de Juliaca, es el diseño de los espesores de subbase y base granular de acuerdo a la calidad de suelo de subrasante para ambas vías.	Variable Dependiente DISEÑO CON GUÍA AMERICANA Dimensiones: <i>CBR de diseño</i> <i>Índice medio diario anual (ESAL)</i> <i>Diseño de pavimento flexible con AASHTO 93</i>	Guia de diseño AASHTO 93



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



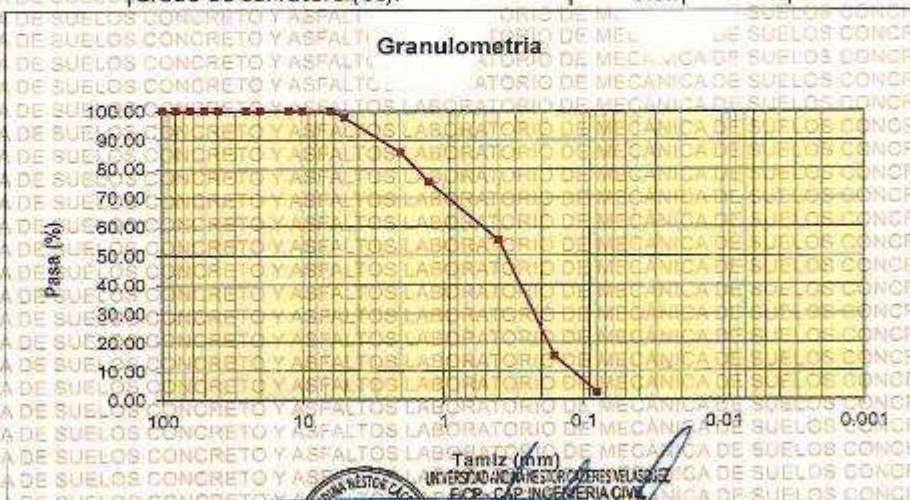
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCION DE VIAS Y
SOLICITANTE : PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUIA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024
UBICACIÓN : CESAR CONDORI CAHUANA
MUESTRA : SALIDA CUSCO
CALICATA 1 - MUESTRA 1 - 2.50M

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
100	100.00	100.00	0.00	0.00
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	100.00	100.00	0.00	0.00
25	100.00	100.00	0.00	0.00
20	100.00	100.00	0.00	0.00
12.5	100.00	100.00	0.00	0.00
10	100.00	100.00	0.00	0.00
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	97.56	97.56	2.44	2.44
2	85.56	85.56	14.44	12.00
1.25	75.26	75.26	24.74	10.30
0.4	55.26	55.26	44.74	20.00
0.160	15.26	15.26	84.74	40.00
0.080	2.44	2.44	97.56	12.82

Pasa tamiz Nº 4 (5mm):	97.56	%
Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):	2.44	%
D60:	0.60	mm
D30:	0.25	mm
D10 (diámetro efectivo):	0.13	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	4.73	
Grado de curvatura (Cc):	0.81	



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Dr. Renaldo Yana Torres
CIP 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

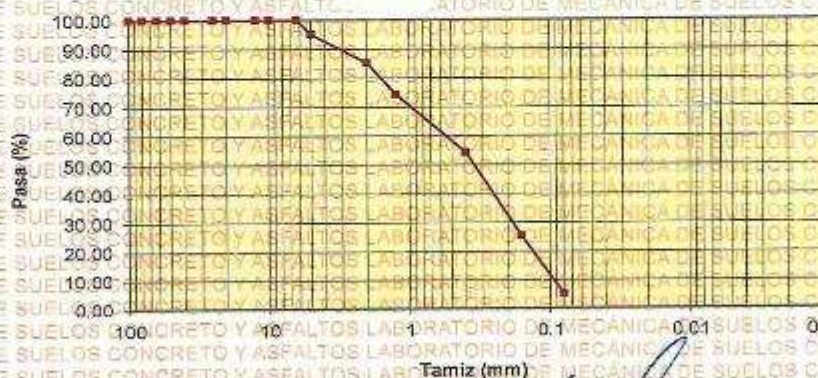
ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y
SOLICITANTE : PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024
UBICACIÓN : CESAR CONDORI CAHUANA
MUESTRA : CALICATA 2 - MUESTRA 2 - 2.00M

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
100	100.00	100.00	0.00	0.00
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	100.00	100.00	0.00	0.00
25	100.00	100.00	0.00	0.00
20	100.00	100.00	0.00	0.00
12.5	100.00	100.00	0.00	0.00
10	100.00	100.00	0.00	0.00
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	95.12	95.12	4.88	4.88
2	85.26	85.26	14.74	9.86
1.25	74.26	74.26	25.74	11.00
0.4	54.26	54.26	45.74	20.00
0.160	25.26	25.26	74.74	29.00
0.080	4.88	4.88	95.12	20.38

Pasa tamiz Nº 4 (5mm):	95.12	%
Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):	4.88	%
D60:	0.64	mm
D30:	0.20	mm
D10 (diámetro efectivo):	0.10	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	6.43	
Grado de curvatura (Cc):	0.62	

Granulometría



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

Ing. Aracely Yana Torres
CIP 103257



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



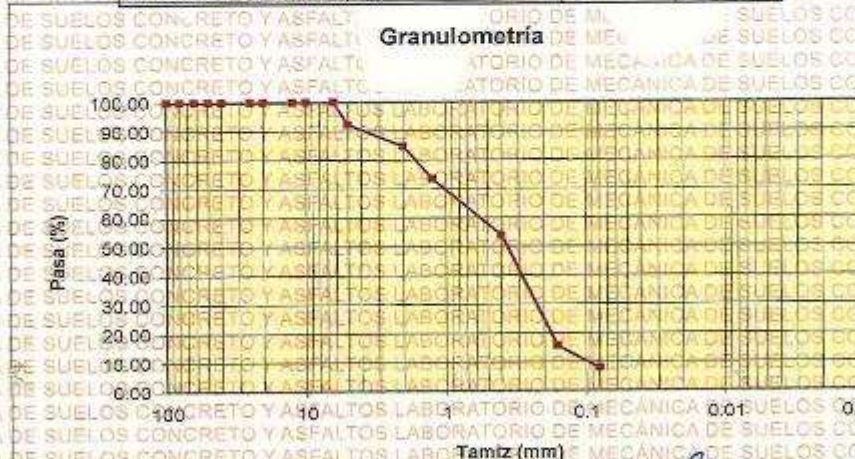
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y
SOLICITANTE : CESAR CONDORI CAHUANA
UBICACIÓN : SALIDA CUSCO
MUESTRA : CALICATA 3 - MUESTRA 3 - 2.00M

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
100	100.00	100.00	0.00	0.00
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	100.00	100.00	0.00	0.00
25	100.00	100.00	0.00	0.00
20	100.00	100.00	0.00	0.00
12.5	100.00	100.00	0.00	0.00
10	100.00	100.00	0.00	0.00
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	92.23	92.23	7.77	7.77
2	84.56	84.56	15.44	7.67
1.25	73.25	73.25	26.75	11.31
0.4	53.58	53.58	46.42	19.67
0.160	15.56	15.56	84.44	38.02
0.080	7.77	7.77	92.23	7.79

Pasa tamiz Nº 4 (5mm):	92.23	%
Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):	7.77	%
D60:	0.68	mm
D30:	0.25	mm
D10 (diámetro efectivo):	0.10	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	6.58	
Grado de curvatura (Cc):	0.90	



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



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

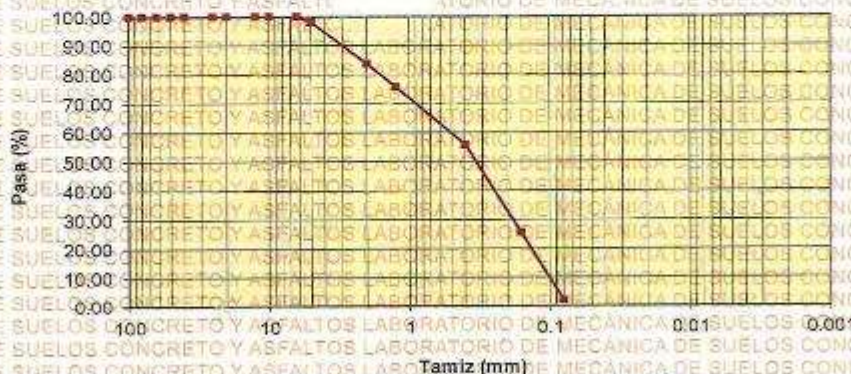
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIAS Y
SOLICITANTE : PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024
UBICACIÓN : CESAR CONDORI CAHUANA
MUESTRA : SALIDA CUSCO
CALICATA 4 - MUESTRA 4 - 2.00M

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
100	100.00	100.00	0.00	0.00
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	100.00	100.00	0.00	0.00
25	100.00	100.00	0.00	0.00
20	100.00	100.00	0.00	0.00
12.5	100.00	100.00	0.00	0.00
10	100.00	100.00	0.00	0.00
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	98.11	98.11	1.89	1.89
2	83.56	83.56	16.44	14.55
1.25	75.58	75.58	24.42	7.98
0.4	55.56	55.56	44.44	20.02
0.160	25.45	25.45	74.55	30.11
0.080	1.89	1.89	98.11	23.56

Pasa tamiz Nº 4 (5mm):	98.11	%
Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):	1.89	%
D60:	0.59	mm
D30:	0.20	mm
D10 (diámetro efectivo):	0.11	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	5.47	
Grado de curvatura (Cc):	0.61	

Granulometría



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

Dr. Amparo Ríos Torres
CNP 100257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

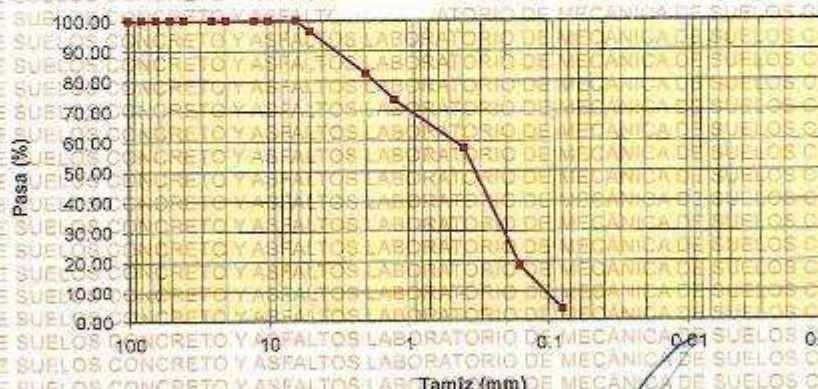
ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : PLAN DE MEDORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCION DE VIAS Y
SOLICITANTE : PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024
UBICACIÓN : CESAR CONDORI CAHUANA
MUESTRA : CALICATA 5 - MUESTRA 5 - 2.00M

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
100	100.00	100.00	0.00	0.00
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	100.00	100.00	0.00	0.00
25	100.00	100.00	0.00	0.00
20	100.00	100.00	0.00	0.00
12.5	100.00	100.00	0.00	0.00
10	100.00	100.00	0.00	0.00
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	96.32	96.32	3.68	3.68
2	82.56	82.56	17.44	13.76
1.25	73.59	73.59	26.41	8.97
0.4	57.54	57.54	42.46	16.05
0.160	18.26	18.26	81.74	39.28
0.080	3.68	3.68	96.32	14.58

Pasa tamiz N° 4 (5mm):	96.32	%
Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):	3.68	%
D60:	0.53	mm
D30:	0.23	mm
D10 (diámetro efectivo):	0.11	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	4.62	
Grado de curvatura (Cc):	0.88	

Granulometría



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

Dz. Arnelito Yana Torres
CIP 107 137

BIE: B006-00317884

<http://repositorio.uancv.edu.pe/>



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

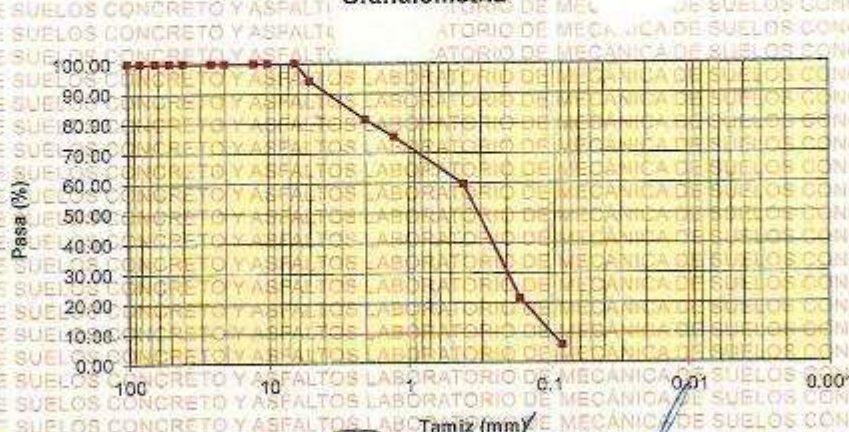
ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y
SOLICITANTE : PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024
UBICACIÓN : CESAR CONDORI CAHUANA
MUESTRA : CALICATA 6 - MUESTRA 6 - 2.00M

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
100	100.00	100.00	0.00	0.00
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	100.00	100.00	0.00	0.00
25	100.00	100.00	0.00	0.00
20	100.00	100.00	0.00	0.00
12.5	100.00	100.00	0.00	0.00
10	100.00	100.00	0.00	0.00
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	94.21	94.21	5.79	5.79
2	81.26	81.26	18.74	12.95
1.25	75.56	75.56	24.44	5.70
0.4	59.54	59.54	40.46	16.02
0.160	21.54	21.54	78.46	38.00
0.080	5.79	5.79	94.21	15.75

Pasa tamiz Nº 4 (5mm):	94.21	%
Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):	5.79	%
D60:	0.42	mm
D30:	0.21	mm
D10 (diámetro efectivo):	0.10	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	4.19	
Grado de curvatura (Cc):	1.06	

Granulometría



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

BIE: B006-00317884



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

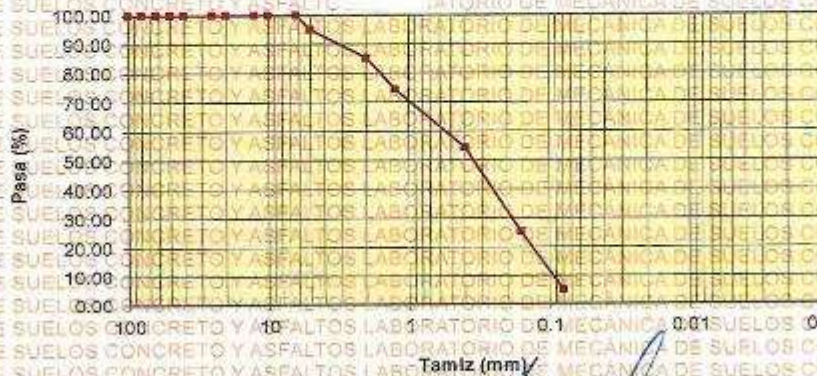
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO: PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y
SOLICITANTE: PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024
UBICACIÓN: CESAR CONDORI CAHUANA
MUESTRA: SALIDA HUANCANE
MUESTRA: CALICATA 7 - 2.00M

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
100	100.00	100.00	0.00	0.00
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	100.00	100.00	0.00	0.00
25	100.00	100.00	0.00	0.00
20	100.00	100.00	0.00	0.00
12.5	100.00	100.00	0.00	0.00
10	100.00	100.00	0.00	0.00
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	95.12	95.12	4.88	4.88
2	85.26	85.26	14.74	9.86
1.25	74.26	74.26	25.74	11.00
0.4	54.26	54.26	45.74	20.00
0.160	25.26	25.26	74.74	29.00
0.080	4.88	4.88	95.12	20.38

Pasa tamiz Nº 4 (5mm):	95.12	%
Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):	4.88	%
D60:	0.64	mm
D30:	0.20	mm
D10 (diámetro efectivo):	0.10	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	6.43	
Grado de curvatura (Cc):	0.62	

Granulometría



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - C.A.P. INGENIERÍA CIVIL
Dr. Amelinda Yana Torres
CIP 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

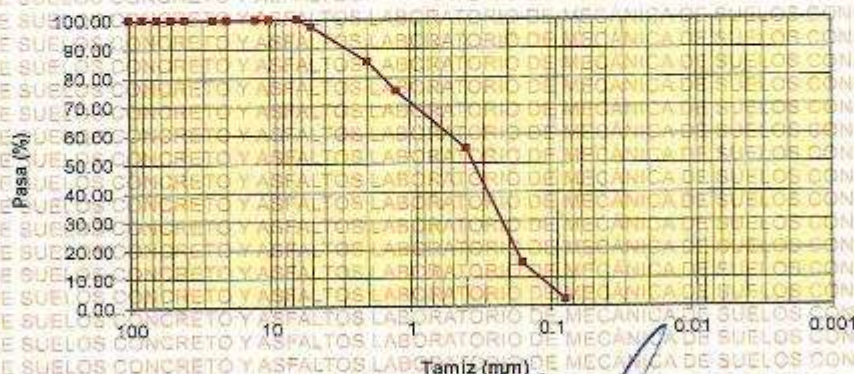
ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y
SOLICITANTE : PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024
UBICACIÓN : CESAR CONDORI CAHUANA
MUESTRA : CALICATA B - 2.00M

Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
100	100.00	100.00	0.00	0.00
80	100.00	100.00	0.00	0.00
63	100.00	100.00	0.00	0.00
50	100.00	100.00	0.00	0.00
40	100.00	100.00	0.00	0.00
25	100.00	100.00	0.00	0.00
20	100.00	100.00	0.00	0.00
12.5	100.00	100.00	0.00	0.00
10	100.00	100.00	0.00	0.00
6.3	100.00	100.00	0.00	0.00
5	97.56	97.56	2.44	2.44
2	85.56	85.56	14.44	12.00
1.25	75.26	75.26	24.74	10.30
0.4	55.26	55.26	44.74	20.00
0.160	15.26	15.26	84.74	40.00
0.080	2.44	2.44	97.56	12.82

Pasa tamiz Nº 4 (5mm):	97.56	%
Pasa tamiz Nº 200 (0,080 mm):	2.44	%
D60:	0.60	mm
D30:	0.25	mm
D10 (diámetro efectivo):	0.13	mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	4.73	
Grado de curvatura (Cc):	0.81	

Granulometría





ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

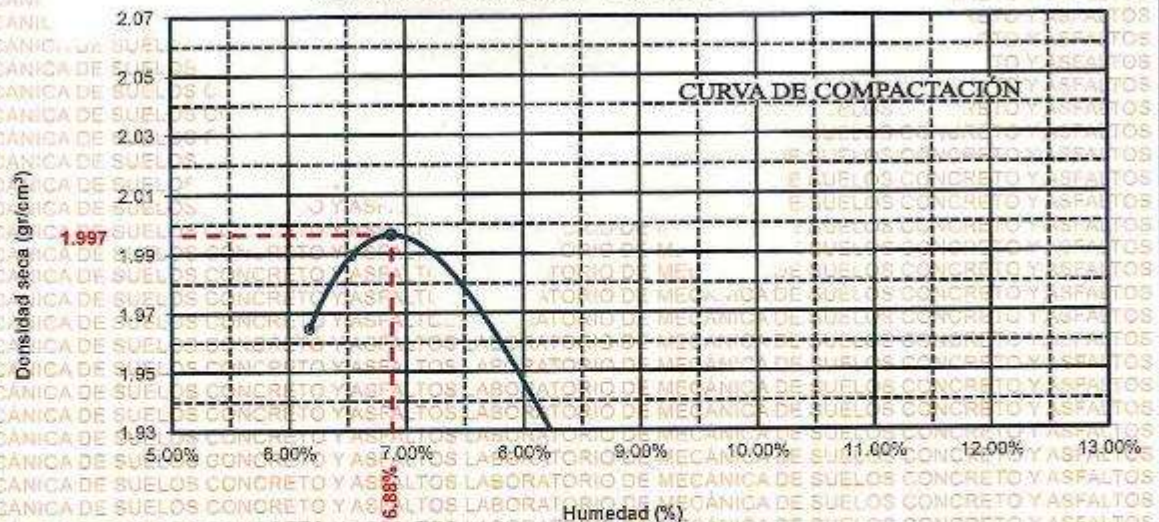
PROYECTO	PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCION DE VIAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUIA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024		
SOLICITANTE	CESAR CONDORI CAHUANA		
UBICACIÓN	SALIDA CUSCO		
MUESTRA	CAUCATA 1		
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2126 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10450	10430	10410	10521
Peso del Molde	gr.	6015	6015	6015	6015
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4435	4415	4395	4506
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.086	2.077	2.087	2.119

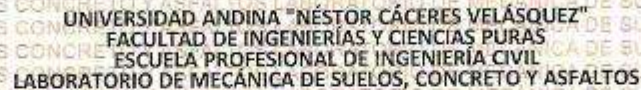
Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	323.01	339.56	291.25	301.14	334.25	270.26	334.35	290.36
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	305.59	321.37	270.07	281.55	307.12	248.81	321.25	270.26
Peso del Agua	gr.	16.42	18.19	21.18	19.59	27.13	21.45	13.11	20.10
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Peso del Suelo Seco	gr.	272.59	287.37	236.07	247.55	273.12	214.81	287.25	236.26
% de Humedad	%	6.02%	6.33%	8.97%	7.91%	9.93%	9.99%	4.55%	8.51%
Promedio de Humedad	%	6.18%		8.44%		9.96%		8.54%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.965		1.915		1.880		1.989	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.997 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	6.88%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



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



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FICP - CARRANZA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCION DE VIAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUIA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024
SOLICITANTE	CESAR CONDORI CAHUANA
UBICACIÓN	SALIDA CUSCO
MUESTRA	CALICATA 2

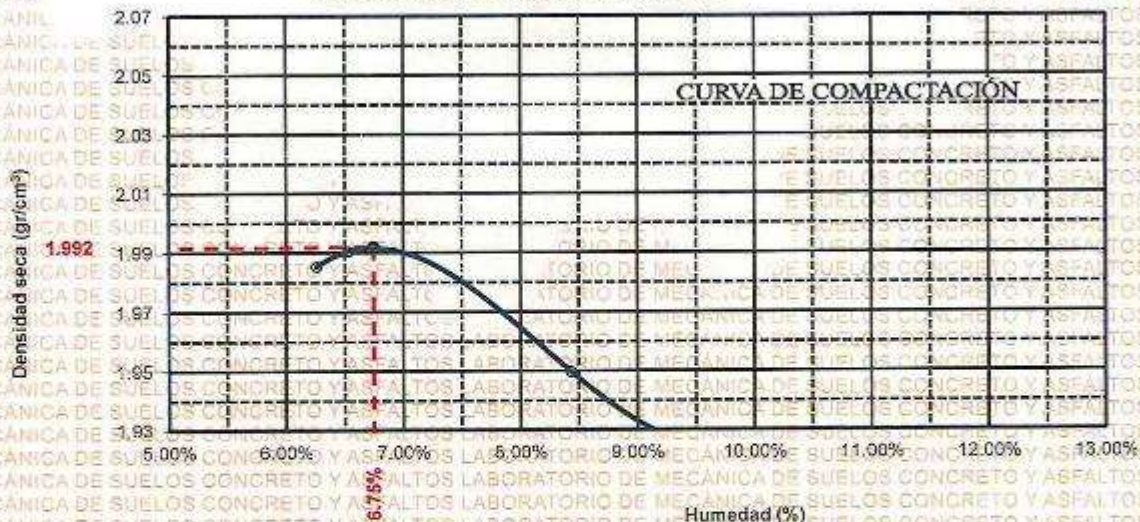
MOLDE No.	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2126 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10500	10510	10520	10523
Peso del Molde	gr.	8015	6015	8015	6015
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4485	4495	4505	4508
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.110	2.114	2.119	2.120

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	328.12	339.60	291.29	301.15	334.33	270.30	334.40	250.40
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	306.30	321.36	270.10	281.58	307.15	248.90	321.30	270.30
Peso del Agua	gr.	15.82	18.24	21.19	19.56	27.15	21.40	13.10	20.10
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Peso del Suelo Seco	gr.	272.30	287.36	236.10	247.58	273.15	214.90	287.30	236.30
% de Humedad	%	6.18%	6.35%	8.98%	7.90%	9.84%	9.85%	4.56%	6.51%
Promedio de Humedad	%	6.26%		8.44%		9.95%		6.53%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.985		1.950		1.927		1.990	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.992 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	6.75%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



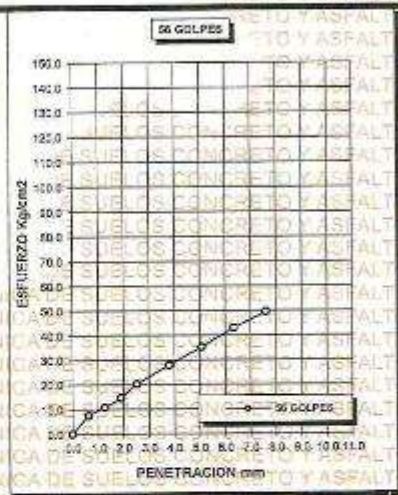
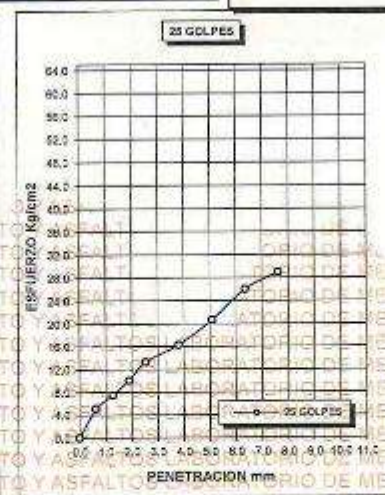
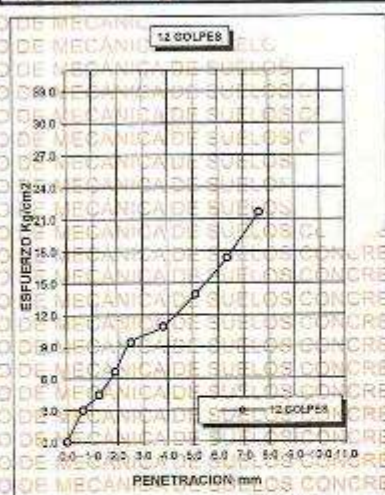
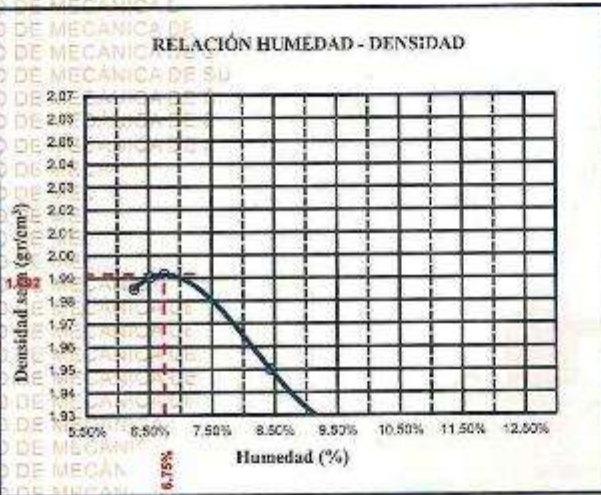
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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



PROYECTO :	PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JAUJA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	CESAR CONDORI CAHUANA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)
UBICACION :	SALIDA-CUSCO	HUMEDAD OPTIMA (%)
MUESTRA :	CALICATA 2	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)
		CBR AL 95% DE M.D.S. (%)
		CLASIFICACIÓN :
		AASHTO :



CBR 13

CBR 19

CBR 29

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C. CESAR CONDORI CAHUANA
CIP 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS : PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCION DE VIAS Y
PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUIA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : CESAR CONDORI CAHUANA

UBICACIÓN : SALIDA CUSCO

MUESTRA : CALICATA 3

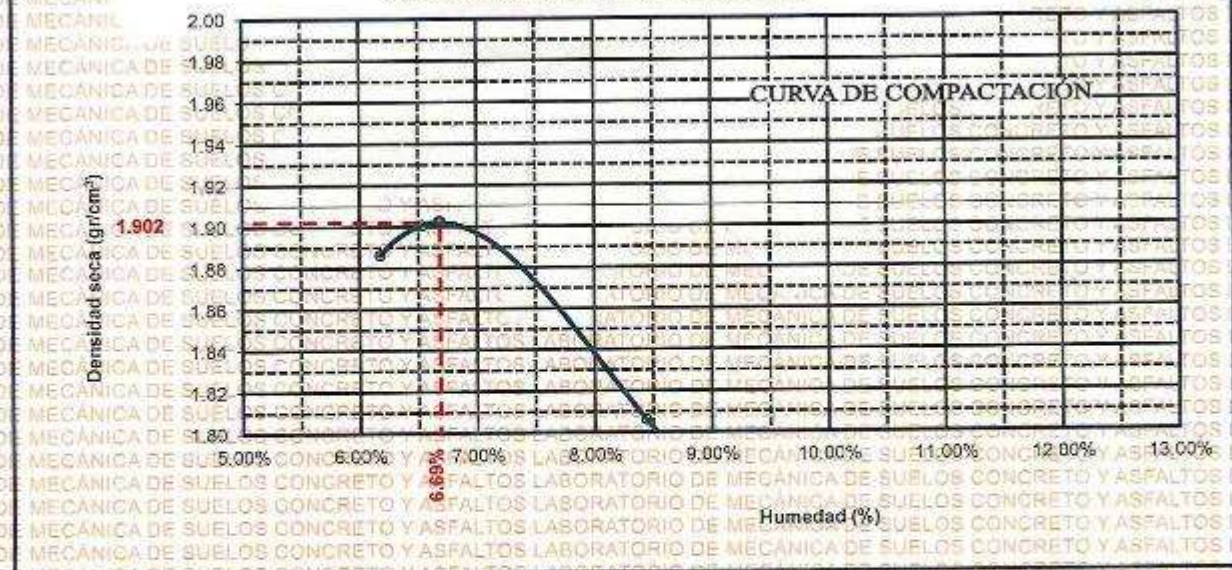
MOLDE No : 1 **VOLUMEN DEL MOLDE :** 2294 cm³
No DE CAPAS : 5 **GOLPES POR CAPA :** 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10550	10450	10450	10800
Peso del Molde	gr.	6015	6015	6015	6015
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4535	4435	4435	4585
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.003	1.959	1.959	2.025

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	328.01	339.66	291.25	301.14	334.25	270.29	334.36	250.35
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	326.59	321.37	270.07	261.55	327.12	248.81	321.25	270.29
Peso del Agua	gr.	15.42	18.19	21.18	19.59	27.13	21.45	13.11	20.10
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Peso del Suelo Seco	gr.	272.59	287.37	236.07	247.55	273.12	214.81	287.25	236.29
% de Humedad	%	6.02%	6.33%	8.97%	7.91%	8.93%	8.99%	4.66%	8.51%
Promedio de Humedad	%	6.18%		8.44%		8.96%		8.54%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.886		1.806		1.781		1.901	

METODO: ASTM D - 1557 **MAXIMA DENSIDAD SECA :** 1.902 gr/cm³
MODIFICADO "C" **HUMEDAD OPTIMA :** 6.69%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



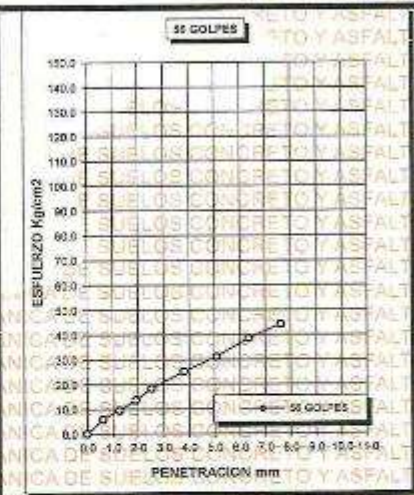
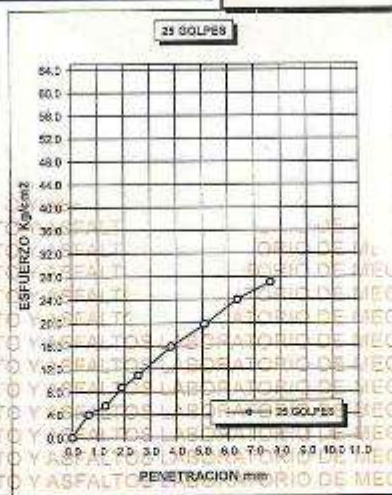
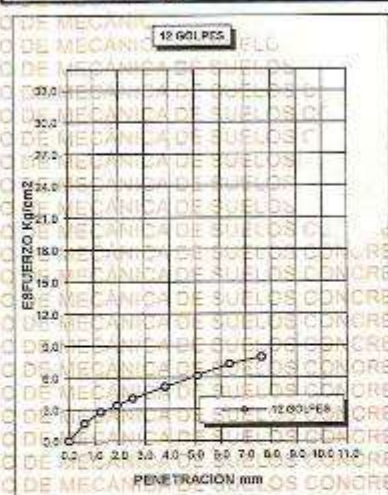
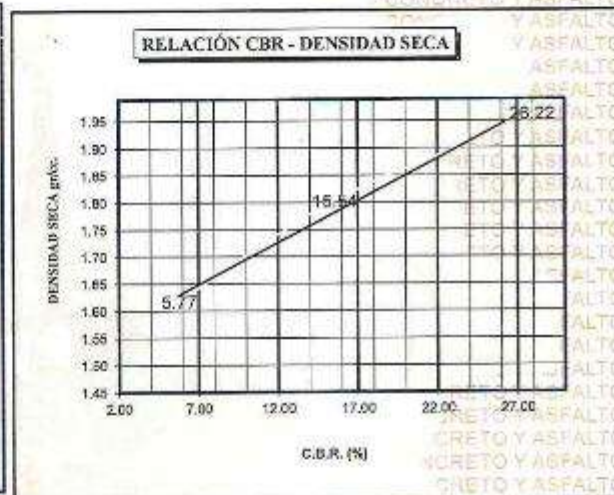
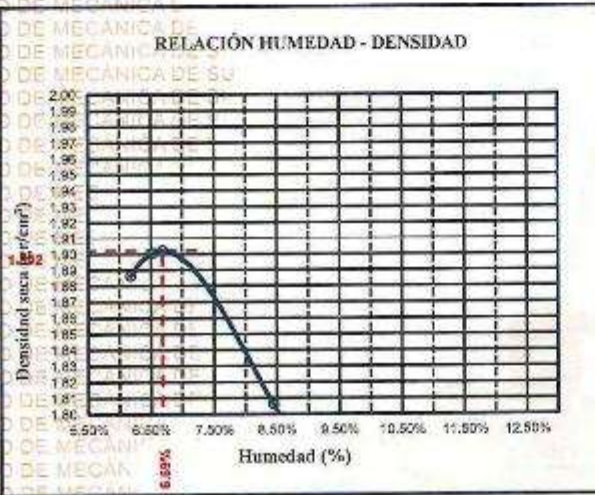
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CA INGENIERÍA CIVIL
Dr. Juan Carlos Torres
CIP 103357



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



PROYECTO :	PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	CESAR CONDORI CAHUANA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 1.902
UBICACION :	SALIDA CUSCO	HUMEDAD OPTIMA (%) 6.69%
MUESTRA :	CALICATA 3	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 26.22
		CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 15.54
		CLASIFICACION : GW
		AASHTO : A-3-a



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
M.S.C.A. JERARCA
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103267



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCION DE VIAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUIA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024
SOLICITANTE	: CESAR CONDORI CAHUANA
UBICACIÓN	: SALIDA CUSCO
MUESTRA	: CALICATA 4

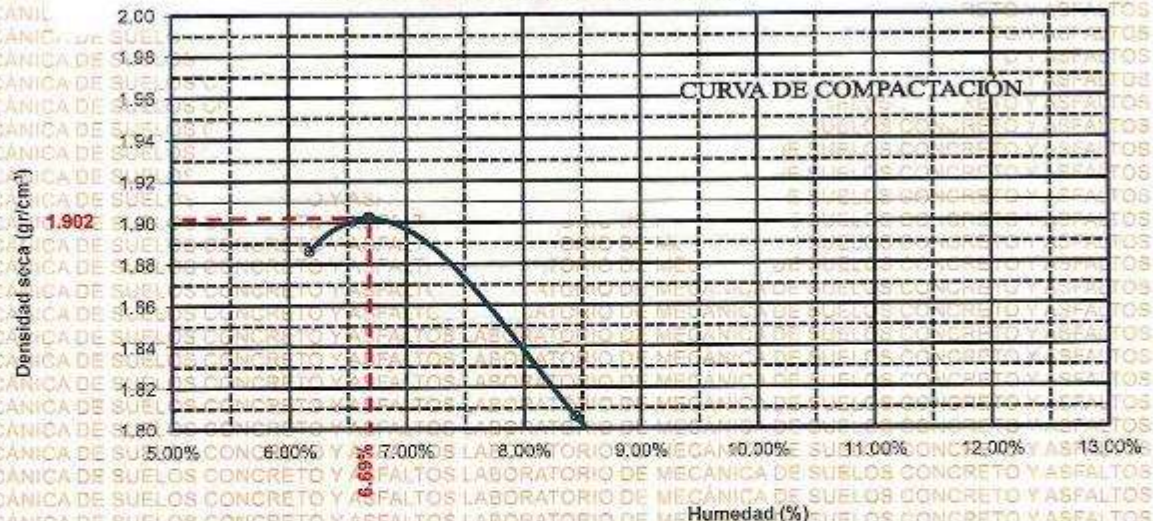
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2264 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 55 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10550	10450	10450	10600
Peso del Molde	gr.	6015	6015	6015	6015
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	4535	4435	4435	4585
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	2.003	1.959	1.959	2.025

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	323.01	339.58	291.25	301.14	334.25	270.28	334.35	293.36
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	305.59	321.37	270.07	281.55	307.12	248.81	321.25	273.26
Peso del Agua	gr.	16.42	18.19	21.18	19.59	27.13	21.45	13.11	20.10
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Peso del Suelo Seco	gr.	272.59	287.37	236.07	247.55	273.12	214.81	287.25	239.26
% de Humedad	%	6.02%	6.33%	8.97%	7.91%	9.93%	9.99%	4.58%	8.51%
Promedio de Humedad	%	6.18%		8.44%		9.96%		6.54%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.885		1.806		1.781		1.901	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.902 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 6.69%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



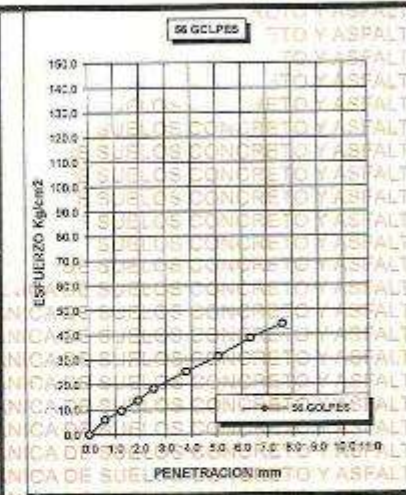
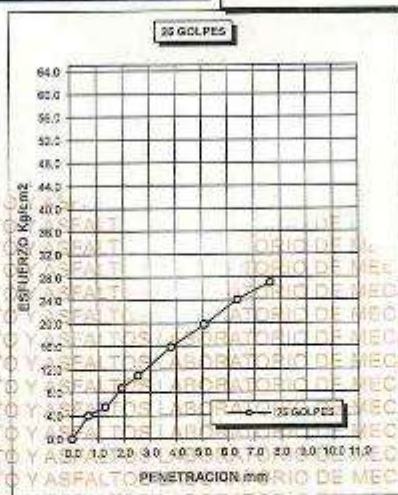
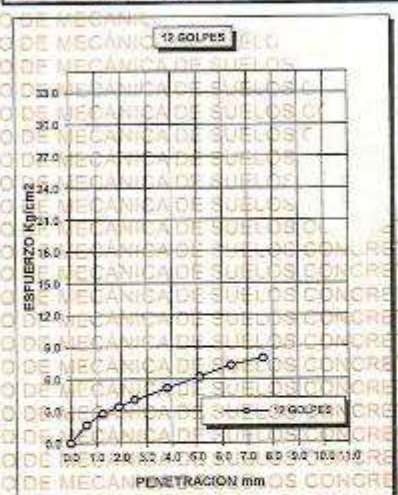
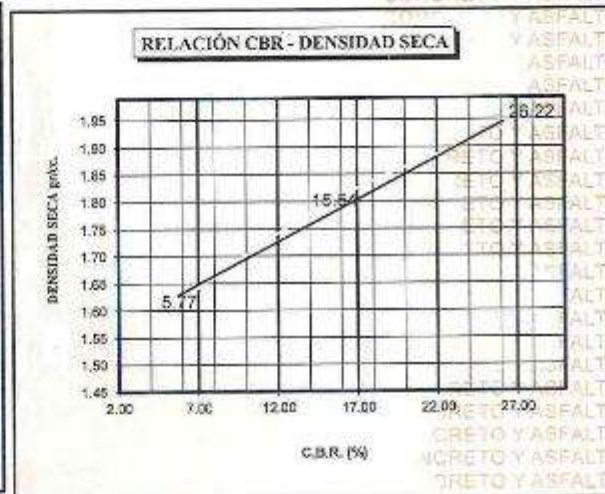
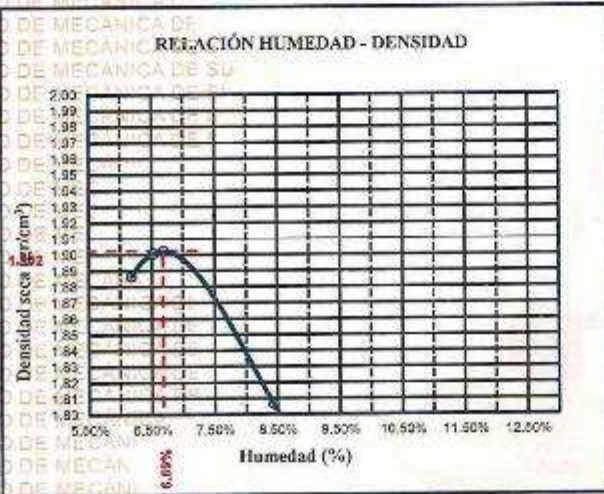
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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



PROYECTO : PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.902 HUMEDAD OPTIMA (%) 6.69% CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 26.22 CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 15.54
SOLICITADO : CESAR CONDORI CAHUANA	
UBICACION : SALIDA CUSCO	
MUESTRA : CALICATA 4	CLASIFICACIÓN : GW AASHTO : A-3-a



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. II INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
JULIACA
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS :	PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCION DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024
SOLICITANTE :	CESAR CONDORI CAHUANA
UBICACIÓN :	SALIDA HUANCANE
MUESTRA :	CALICATA 5

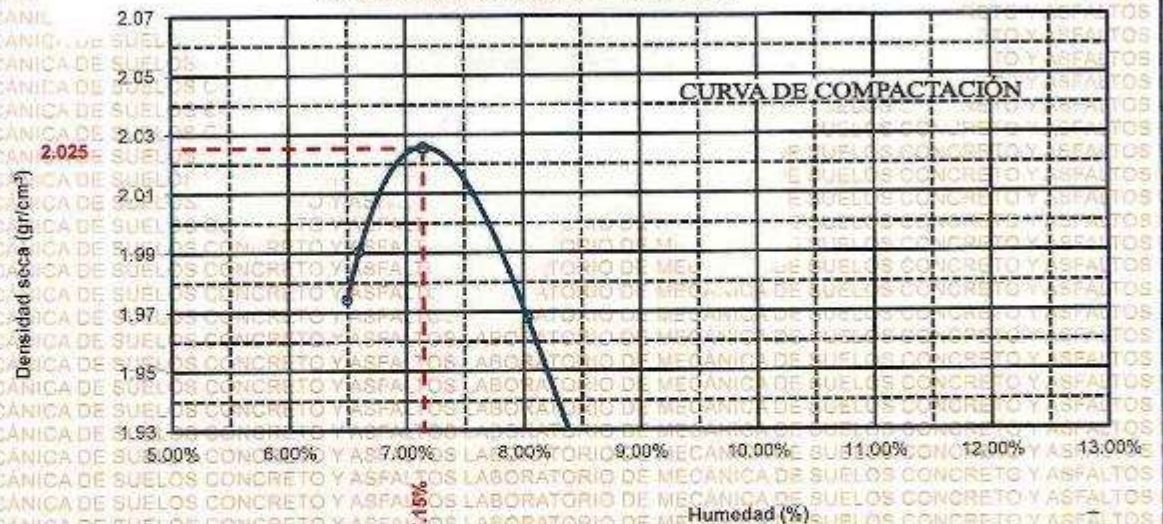
MOLDE No. :	1	VOLUMEN DEL MOLDE :	2126 cm ³
No DE CAPAS :	5	GOLPES POR CAPA :	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10500	10550	10520	10541
Peso del Molde	gr.	6030	6030	6030	6030
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4470	4520	4490	4511
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.103	2.126	2.112	2.122

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	323.60	340.00	292.00	322.00	335.00	271.00	335.00	281.00
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	305.00	322.23	271.25	283.68	308.25	248.81	322.25	270.25
Peso del Agua	gr.	18.60	17.77	20.75	18.31	26.75	22.19	12.75	20.74
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Peso del Suelo Seco	gr.	271.00	288.23	237.25	249.69	274.25	214.81	288.25	236.25
% de Humedad	%	6.63%	6.17%	8.75%	7.33%	9.75%	10.33%	4.42%	8.78%
Promedio de Humedad	%	6.50%		8.04%		10.04%		6.60%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.974		1.968		1.919		1.990	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA :	2.025 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA :	7.15%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



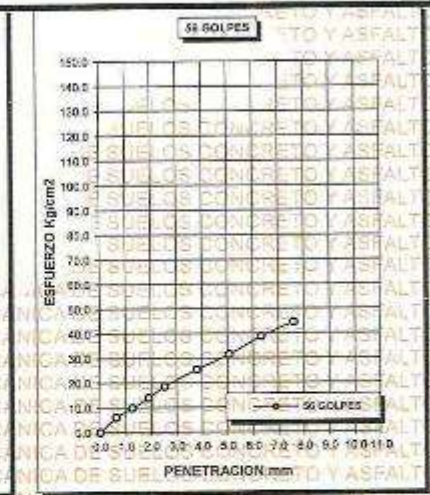
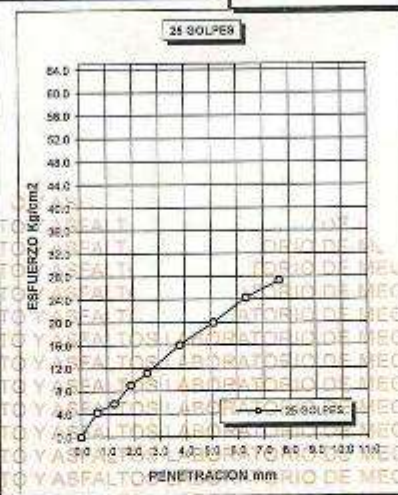
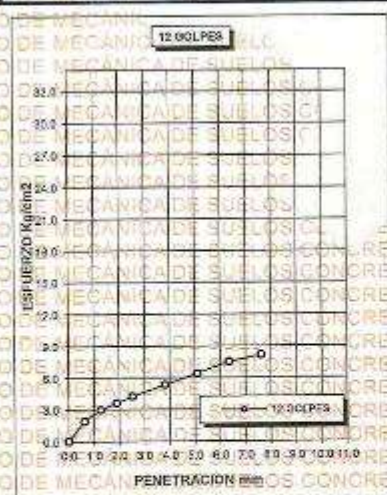
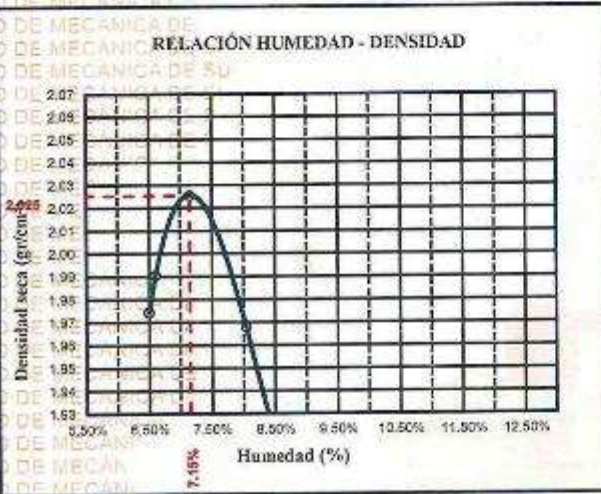
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERIA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP-103267



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



PROYECTO : PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE HUANCANE	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 2.025 HUMEDAD OPTIMA (%) 7.15% CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 26.52 CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 15.84
SOLICITADO : CESAR CONDORI CAHUANA	
UBICACION : SALIDA HUANCANE	
MUESTRA : CALICATA 5	CLASIFICACIÓN : GW AASHTO : A-3-a



CBR 6

CBR 16

CBR 27

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Dr. Yulio Yana Torres
CIP 103267



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS : PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCION DE VIAS Y
PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUIA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024
SOLICITANTE : CESAR CONDORI CAHUANA
UBICACIÓN : SALIDA HUANCANE
MUESTRA : CALICATA 6

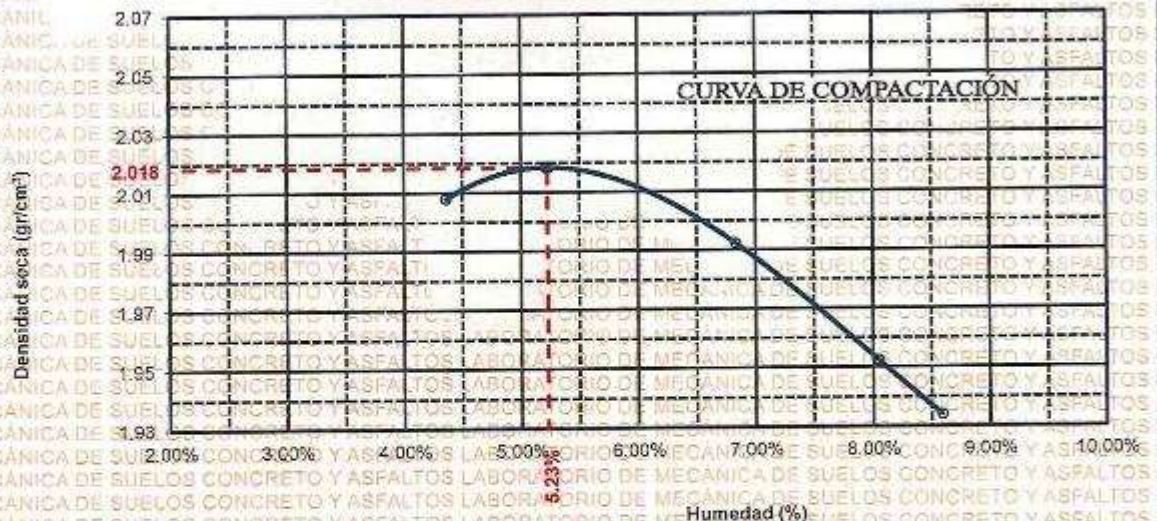
MOLDE No. : 1 **VOLUMEN DEL MOLDE** : 2126 cm³
No de CAPAS : 5 **GOLPES POR CAPA** : 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10480	10490	10510	10550
Peso del Molde	gr.	8025	8025	8025	8025
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4455	4465	4485	4525
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.095	2.100	2.110	2.128

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	323.25	340.25	291.02	302.25	335.24	270.25	335.26	291.25
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	316.25	322.25	269.52	282.25	317.25	249.25	320.25	271.25
Peso del Agua	gr.	7.00	18.00	21.50	20.01	17.99	21.00	15.01	20.00
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Peso del Suelo Seco	gr.	282.25	288.25	235.52	248.25	283.26	215.25	286.25	237.25
% de Humedad	%	2.48%	6.24%	9.13%	8.06%	6.35%	9.76%	5.24%	8.43%
Promedio de Humedad	%	4.36%		8.59%		8.05%		6.84%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.008		1.934		1.952		1.992	

METODO: ASTM D - 1557 **MAXIMA DENSIDAD SECA** : 2.018 gr/cm³
MODIFICADO "C" **HUMEDAD OPTIMA** : 6.23%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



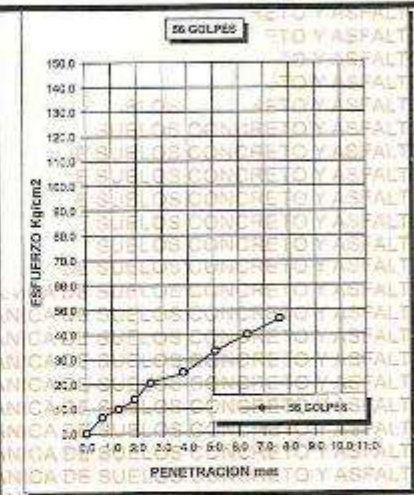
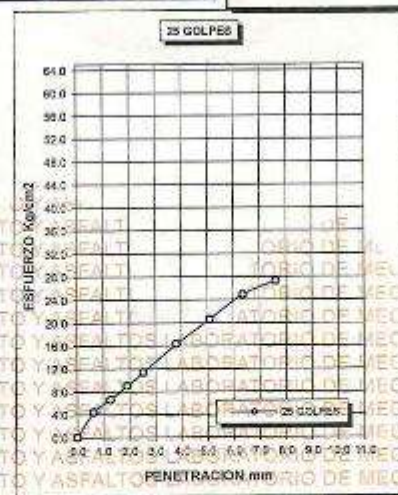
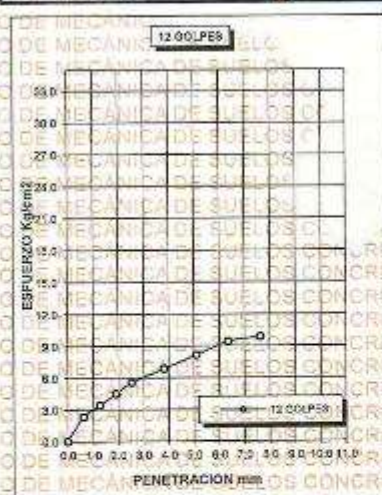
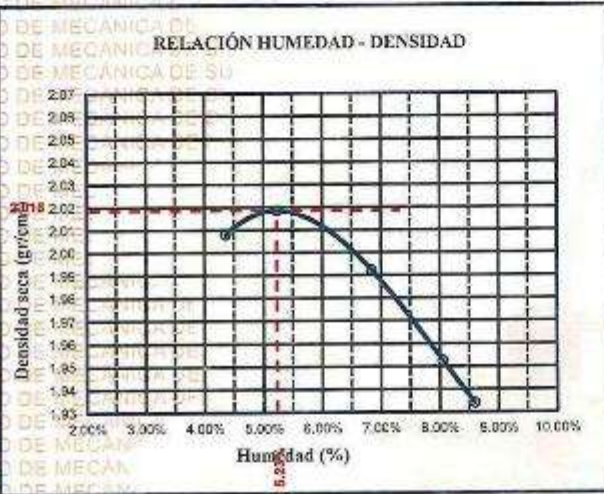
Dr. Arnoldo Yana Torres
CIP 103257



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



PROYECTO :	PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE HUACACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN:	ASTM D1557-91
SOLICITADO :	CESAR CONDORI CAHUANA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.):	2.018
UBICACION :	SALIDA HUANCANE	HUMEDAD OPTIMA (%):	5.23%
MUESTRA :	CALICATA 6	CBR AL 100 DE M.D.S. (%):	29.27
		CBR AL 95% DE M.D.S. (%):	16.15
		CLASIFICACIÓN :	GW
		AASHTO :	A-3-a



CBR 7.91

CBR 16.15

CBR 29.27



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C. JUAN TORRES
CIP 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCION DE VIAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUIA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024
SOLICITANTE	CESAR CONDORI CAHUANA
UBICACIÓN	SALIDA HUANCANE
MUESTRA	CAUCATA-7

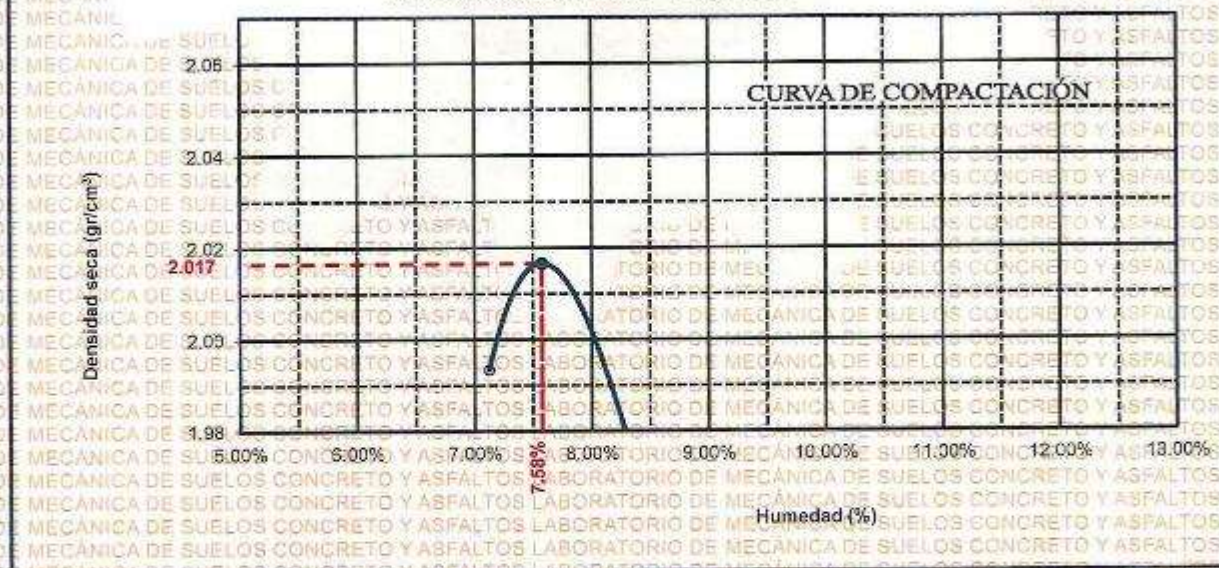
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2126 cm ³
No de CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10560	10550	10450	10660
Peso del Molde	gr.	6020	6020	6020	6020
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4540	4530	4430	4640
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.135	2.131	2.064	2.183

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	324.10	342.26	292.26	302.26	334.12	271.26	334.59	282.26
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	305.26	321.26	271.26	282.23	310.26	250.26	310.26	285.23
Peso del Agua	gr.	18.84	21.00	21.00	20.03	23.86	21.00	24.34	27.03
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Peso del Suelo Seco	gr.	271.26	287.26	237.26	248.23	275.26	218.26	276.25	251.23
% de Humedad	%	6.85%	7.31%	8.85%	8.07%	8.64%	9.71%	8.81%	11.69%
Promedio de Humedad	%	7.13%		8.48%		9.17%		10.25%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.993		1.965		1.909		1.980	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	2.017 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	7.58%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



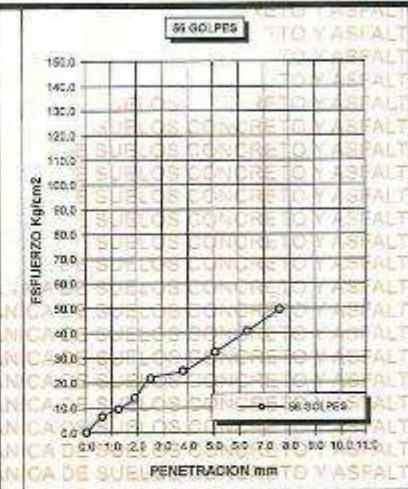
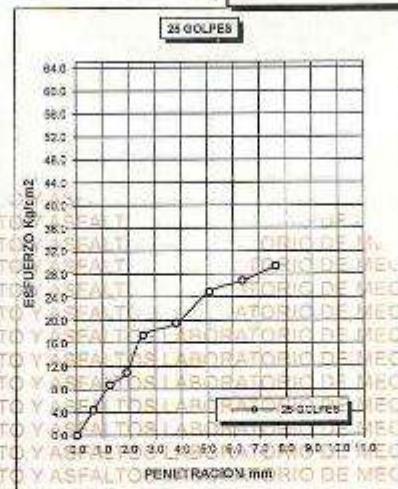
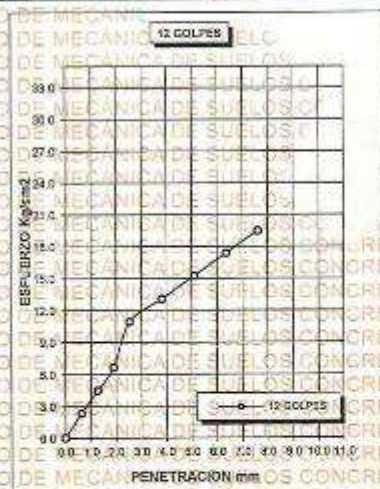
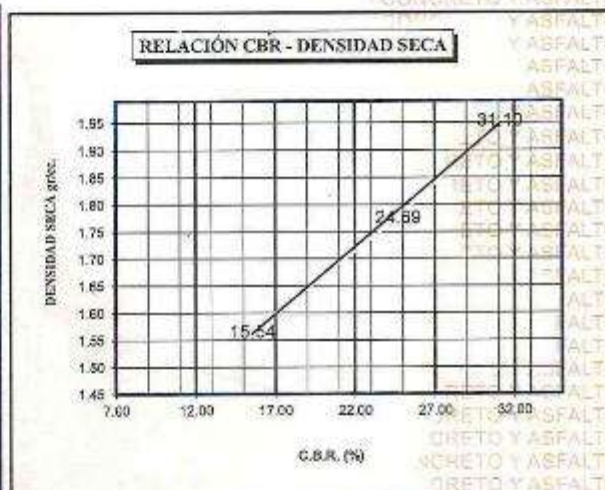
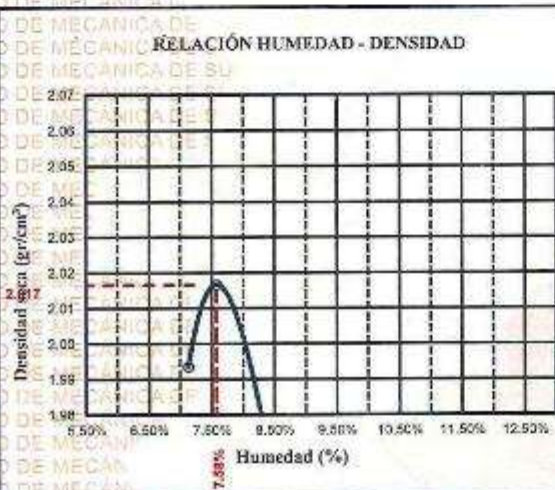
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIP INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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



PROYECTO : PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JUJUYA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91 MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) : 2.017 HUMEDAD OPTIMA (%) : 7.58% CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : 31.10 CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : 24.69
SOLICITADO : CESAR CONDORI CAHUANA	
UBICACION : SALIDA HUANCANE	
MATERIAL : CALICATA 7	CLASIFICACIÓN : GW AASHTO : A-3-a



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS : PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCION DE VIAS Y
PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUIA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : CESAR CONDORI CAHUANA

UBICACIÓN : SALIDA HUANCANE

MUESTRA : CALICATA 8

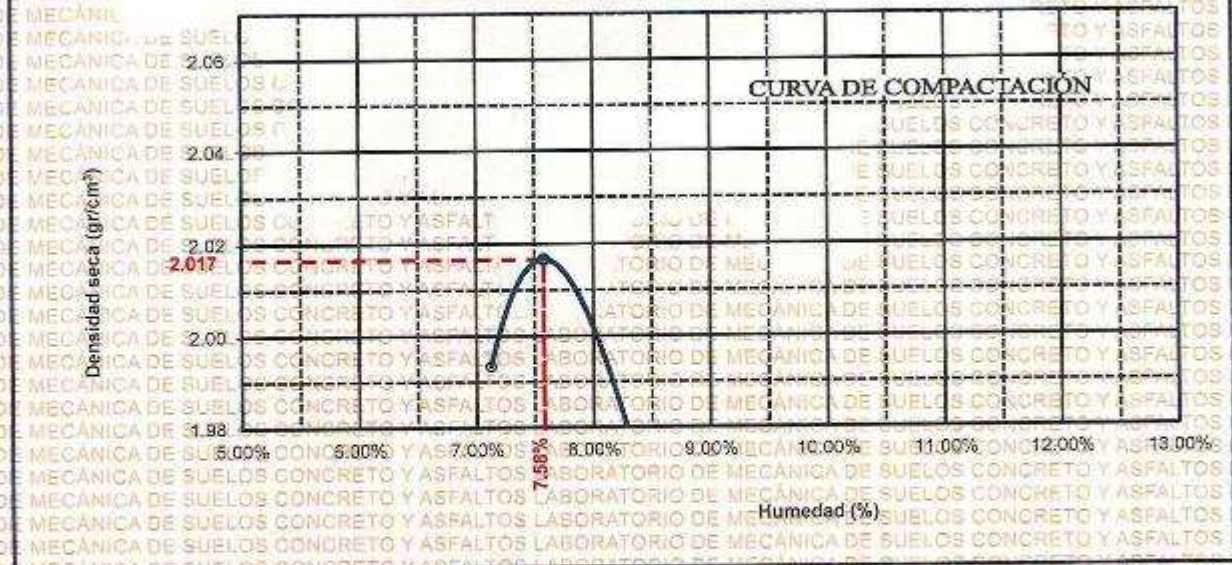
MOLDE No : 1 VOLUMEN DEL MOLDE : 2126 cm³
No DE CAPAS : 5 GOLPES POR CAPA : 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10560	10550	10450	10660
Peso del Molde	gr.	6020	6020	6020	6020
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	4540	4530	4430	4640
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	2.135	2.131	2.084	2.183

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	324.10	342.26	292.26	302.26	334.12	271.26	334.56	292.26
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	305.26	321.26	271.26	282.23	310.26	250.26	310.26	265.23
Peso del Agua	gr.	18.84	21.00	21.00	20.03	23.86	21.00	24.34	27.03
Peso de la Capsula	gr.	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00	34.00
Peso del Suelo Seco	gr.	271.26	287.26	237.26	248.23	275.26	215.26	275.26	231.23
% de Humedad	%	6.85%	7.31%	8.85%	8.07%	8.64%	9.71%	8.81%	11.69%
Promedio de Humedad	%	7.13%		8.46%		9.17%		10.25%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.993		1.965		1.909		1.980	

METODO: ASTM D - 1557 MAXIMA DENSIDAD SECA : 2.017 gr/cm³
MODIFICADO "C" HUMEDAD OPTIMA : 7.56%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



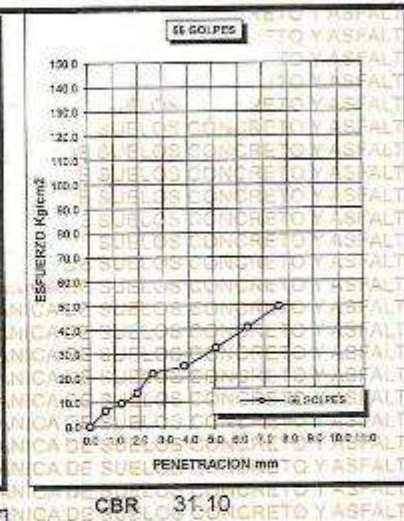
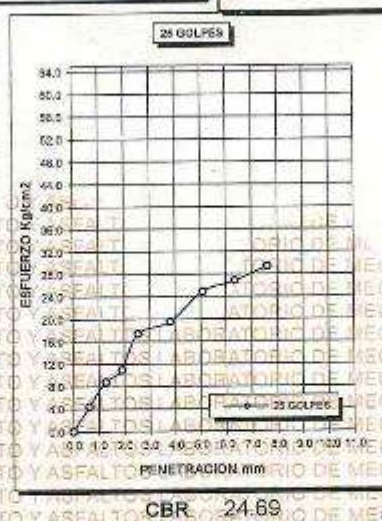
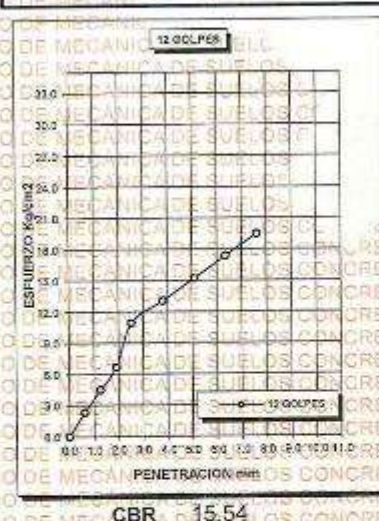
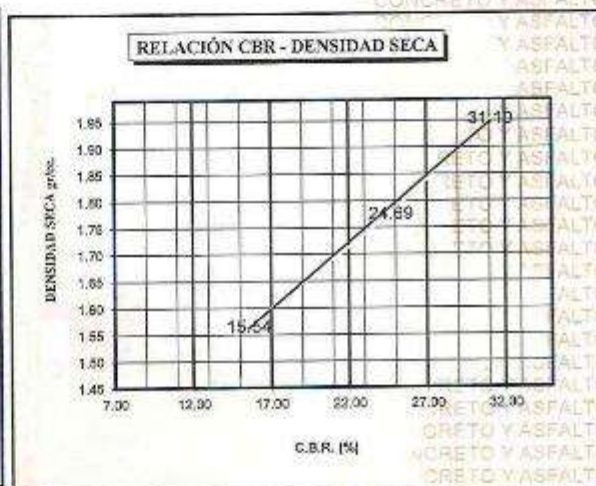
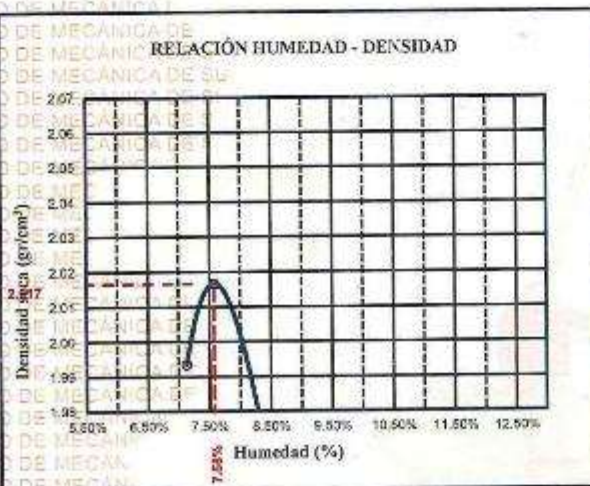
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - ESP. INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



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



PROYECTO : PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024.	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO : CESAR CONDORI CAHUANA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) : 2.017
UBICACION : SALIDA HUANCANE	HUMEDAD OPTIMA (%) : 7.58%
MATERIAL : CALICATA 8	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : 31.10
	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : 24.69
	CLASIFICACIÓN : GW
	AASHTO : A-3-a



Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 09-10-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: CESAR CONDORI CAHUANA

Dirección: Urb. AGRICULTURA A6-4

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70117110

Teléfono: 951 062 499

email: cesarcondoricahuana@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____

email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: ESCUELA DE POSGRADO

Escuela Profesional o Mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

Título o Grado Académico a optar: MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

Asesor: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐

Tesis ☒

Trabajo de Suficiencia Profesional ☐

Trabajo Académico ☐

Título: PLAN DE MEJORAMIENTO DE LOS SUELOS DE LA SUBRASANTE PARA LA

CONSTRUCCIÓN DE VÍAS Y PROPUESTA DE DISEÑO UTILIZANDO LA GUÍA AMERICANA DE

DISEÑO EN EL DISTRITO DE JULIACA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): INFRAESTRUCTURA VIAL, PAVIMENTO, TRANSITABILIDAD, MEJORAMIENTO ESTRUCTURAL

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

1

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

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



2. Referencia de tesis:

☐ Bachiller ☐ Titulo ☐ 2da Especialidad ☒ Maestría ☐ Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- ☐ Sí autorizo
- ☒ No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

☒ Internacional

☐ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50

Firma de Autor



huella digital

09-10-2025

Fecha