



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS
FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS
MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA
HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. EBER DINO CCOSI CCOSI

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. EBER DINO CCOSI CCOSI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:


PRESIDENTE

:


Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA


PRIMER MIEMBRO

:


Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

SEGUNDO MIEMBRO

:


Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS

:


Dr. EFRAIN PARIKLO SOSA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 393-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 19 de agosto de 2024

VISTOS:

El INFORME N° 089-2024-D-EPIC-FICP-UANCV-J del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°353-2024 de fecha 22 de julio de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA; y el trámite solicitado por el Bachiller en Ingeniería Civil y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: EBER DINO CCOSI CCOSI; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- Presidente : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
• 1er Miembro : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
• 2do Miembro : Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
• Asesor : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - APROBAR Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: EBER DINO CCOSI CCOSI; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil de acuerdo al siguiente detalle:

- FECHA : miércoles 21 de agosto de 2024
• HORA : 08:00
• LUGAR : Aula 406 - FICP

ARTICULO SEGUNDO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y C. PURAS
EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 47791



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 353-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 22 de julio de 2024

VISTOS:

El **INFORME N° 130-2024-D-UI-FICP-UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniería Civil, **INFORME N° 075-2024-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1015-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el 25 de setiembre de 2023 y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha 29 de mayo de 2024 para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **EBER DINO CCOSI CCOSI**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA**
- * **1er Miembro** : **Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- * **2do Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 232-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras:

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **EBER DINO CCOSI CCOSI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

ARTICULO SEGUNDO - RECONOCER, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA.**

ARTICULO TERCERO.- La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,


 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 MILTHON QUISPE HUANCA
 DECANO
 C.P. 47750


 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 EFRAIN PARILLO SOSA
 SECRETARIO ACADÉMICO
 C.P. 95531

cc
archivo 2024
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL 245-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 13 de junio del 2024

VISTOS:

El OFICIO N° OFICIO N° 032-2024-D-EPIC-UANCV-J, del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil sobre el pedido de cambio de asesor del perfil de tesis del (la) Bachiller: EBER DINO CCOSI CCOSI; para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA.

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: EBER DINO CCOSI CCOSI, ha solicitado cambio de asesor del perfil de tesis Titulado: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA aprobado con la RESOLUCIÓN DECANAL 1015-2023-D-FICP-UANCV de fecha 25 de setiembre de 2023; conformado por los siguientes Docentes:

- * Presidente : Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * 1er Miembro : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- * 2do Miembro : Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
- * Asesor : Mgtr. JOSE ANTONIO PAREDES VERA

Que, el director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras ha tomado de conocimiento que el ASESOR del Proyecto de Investigación el (la) Mgtr. JOSE ANTONIO PAREDES VERA no tiene vínculo laboral en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por lo que ha determinado cambiar al ASESOR del Proyecto de Investigación, conforme lo establece el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos e investigación con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y;

Estando, al proveído a la solicitud del ejecutante del proyecto de investigación y el documento de vistos, el director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, mediante el cual informa la designación de nuevo ASESOR; el mismo que deberá actuar según el Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

Estando, en la opinión favorable del responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, en concordancia al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras,

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - APROBAR, el cambio del asesor del Proyecto de Investigación presentado por el Bachiller: EBER DINO CCOSI CCOSI con el tema titulado: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA, para optar al Título Profesional de Ingeniero Civil, se le asigna como:

- * ASESOR : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como ASESOR del proyecto de investigación al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, Dr. EFRAIN PARILLO SOSA.

ARTICULO TERCERO. - Disponer a los miembros del Jurado Calificador designados, dar continuidad al trámite de evaluación y calificación del Proyecto de Investigación, trabajo de tesis o sustentación de tesis, según sea el caso que se encuentre cada expediente. Quedando válido en sus demás disposiciones la Resolución decanal de aprobación de proyecto de investigación, que se mencionan en el considerando.

ARTICULO CUARTO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el responsable del comité de investigación y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, el secretario Académico de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 85531



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1015-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 25 de setiembre 2023

VISTOS:

El, **INFORME N° 588-2023-D-UI-FICP.UANCV** del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 185-2023-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 040-2023-UANCV-FICP-UI-CI-EPIC** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **07 de setiembre de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **EBER DINO CCOSI CCOSI**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- * **Presidente** : **Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA**
- * **1er Miembro** : **Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA**
- * **2do Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

Estando, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **EBER DINO CCOSI CCOSI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA.**

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente contratado, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Mgtr. JOSE ANTONIO PAREDES VERA.**

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

D. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531

cc:
archivo 2023
interesado (a)



ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE


FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.ulvr.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Eber Dino Ccosi Ccosi
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73818590
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-9953-1964
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Efrain Parillo Sosa
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7567-039X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Oscar Vicente Viamonte Calla
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Milthon Quispe Huanca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Arnaldo Yana Torres
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676

Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: Puno Distrito: Platería Latitud: S 15° 56' 58" Longitud: O 69° 50' 14"  https://maps.app.goo.gl/h1K5gU3hJKruNEsL9
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Setiembre 2023 - Agosto 2024
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



Dr. Efraim Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo EBER DINO CCOSI CCOSI, identificado con DNI

Nro. 73818590, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL

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

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE
GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA
HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA

Asesorado por: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 02 de octubre del 2024


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

En este momento quiero dedicar este logro en mi camino profesional a mis padres y como no a mi familia en general.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a todo lo que me trajo hasta este momento tan importante, a Dios y a mis padres.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTO.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
INTRODUCCIÓN.....	X

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.2.1 Problema general.....	2
1.2.2 Problemas específicos.....	2
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.3.1 Objetivo general.....	3
1.3.2 Objetivos específicos.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4.1 Justificación técnica.....	3
1.4.2 Justificación económica.....	4
1.4.3 Justificación social.....	4
1.4.4 Justificación ambiental.....	5
1.5 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.5.1 Hipótesis general.....	5
1.5.2 Hipótesis específicas.....	5
1.6 VARIABLES E INDICADORES.....	6
1.6.1 Variable Independiente.....	6
1.6.2 Variable Dependiente.....	6
1.7 ESTRATEGIA DE MEDICIÓN DE VARIABLES.....	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIÓN.....	8
---	----------



2.1.1	Antecedentes internacionales.....	8
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	9
2.1.3	Antecedentes locales.....	12
2.2	BASES TEÓRICAS.....	14
2.2.1	Pavimento flexible.....	14
2.2.1.1	Introducción al pavimento flexible.....	15
2.2.1.2	Componentes del pavimento flexible.....	21
2.2.1.3	Comportamiento mecánico del pavimento flexible.....	28
2.2.1.4	Materiales utilizados en el pavimento flexible.....	30
2.2.1.5	Diseño y construcción de pavimento flexible.....	31
2.2.2	Pavimento con geomallas multiaxiales.....	36
2.2.2.1	Introducción al pavimento con geomallas multiaxiales.....	36
2.2.2.2	Propiedades y características de las geomallas multiaxiales.....	37
2.2.2.3	Aplicaciones en pavimentación.....	41
2.2.2.4	Diseño y construcción de pavimento con geomallas multiaxiales.....	43
2.2.2.5	Ventajas y desventajas del pavimento con geomallas multiaxiales.....	48
2.3	MARCO CONCEPTUAL.....	51
2.3.1	Capa asfáltica.....	51
2.3.2	Capa de rodadura.....	51
2.3.3	Geomallas.....	51
2.3.4	Multiaxiales.....	52
2.3.5	Pavimentos.....	52
2.3.6	Pavimentos flexibles.....	53

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	54
3.2	MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	54
3.3	TIPO DE LA INVESTIGACIÓN.....	55
3.4	NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN.....	56
3.5	POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....	56
3.5.1	Población.....	56
3.5.2	Muestra.....	57
3.6	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN.....	57
3.6.1	Técnicas de recolección de datos.....	57
3.6.2	Instrumentos de recolección de datos investigación.....	58
3.7	VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO.....	58
3.7.1	Validación de los instrumentos.....	58



3.7.2	Confiabilidad de instrumentos	59
3.8	PLAN DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS	59
3.8.1	Procedimiento del desarrollo de plan de investigación.....	59
3.8.2	Etapa de campo.....	60
3.8.3	Análisis de información.....	62
3.8.4	Etapa de gabinete.....	67

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	RESULTADOS OBTENIDOS DE LOS ENSAYOS	69
4.1.1	Propiedades de los suelos del tramo estudiado	69
4.1.2	Determinación del diseño del pavimento a realizar en el zona	80
4.1.3	Determinación del aporte estructural y las diferencias significativas del uso de geomallas en un pavimento flexible mediante el programa TENSAR	98
	CONCLUSIONES	108
	RECOMENDACIONES.....	110
	REFERENCIAS	111
	ANEXOS	117



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estrategia de medición de variables.....	7
Tabla 2 Contenido de humedad	69
Tabla 3 Contenido de humedad	73
Tabla 4 Grado de compactación de las distintas calicatas realizadas en el estudio C1/C2/C3	74
Tabla 5 CBR de las calicatas.....	78
Tabla 6 Porcentajes de los CBR.....	79
Tabla 7 Taza de crecimiento poblacional de la zona de estudio	82
Tabla 8 Taza de crecimiento vehicular poblacional de la zona de estudio.....	83
Tabla 9 Taza de crecimiento vehicular poblacional de la zona de estudio.....	84
Tabla 10 Representación de la taza de factor de crecimiento de la zona	85
Tabla 11 Coeficiente de reparto.....	86
Tabla 12 Cuadro de carga por ejes equivalentes	87
Tabla 13 Relación del factor de equivalencia	88
Tabla 14 Cómputo de repeticiones de ejes equivalentes para diseño	89
Tabla 15 Categorías de vida útil y análisis del pavimento	90
Tabla 16 Clasificación de volúmenes de tráfico	91
Tabla 17 subrasantes	93
Tabla 18 Índice de servicialidad para un pavimento flexible	93
Tabla 19 Diseño estructural AASHTO-93.....	94
Tabla 20 Calculo de los coeficientes estructurales.....	94
Tabla 21 Calculo de los coeficientes estructurales.....	95
Tabla 22 Espesores de pavimento sin geomalla	96
Tabla 23 Resumen de los datos obtenidos para un periodo de 20 años, pavimento sin geomallas.	97
Tabla 24 Distintos espesores de los pavimentos con y sin geomallas.....	104



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Mapa conceptual del procedimiento experimental*63

Figura 2 *Formato de conteo vehicular*.....64

Figura 3 *Curva Granulométrica*65

Figura 4 *Porcentajes de humedad de las calicatas*.....69

Figura 5 *Granulometría que pasa de la calicata 1*72

Figura 6 *Granulometría que pasa de la calicata 2*72

Figura 7 *Granulometría que pasa de la calicata 3*73

Figura 8 *Grados de compactación de las distintas calicatas*74

Figura 9 *Compactaciones máximas registradas en la muestra 1 de la calicata 1*75

Figura 10 *Compactaciones máximas registradas en la muestra 2 de la calicata 2*76

Figura 11 *Compactaciones máximas registradas en la muestra 3 de la calicata 3*77

Figura 12 *Capacidad de soporte de las distintas muestras C1/C2/C3*.....78

Figura 13 *Conteo vehicular realizado en la zona de estudio*80

Figura 14 *Espesores del pavimento*.....96

Figura 15 *Datos reemplazados en el aplicativo*.....98

Figura 16 *Datos reemplazados para el diseño de sin estabilizar con geomallas*..... 100

Figura 16 *Pavimento flexible con y sin geomalla con ESAL diseñado*.....101

Figura 17 *Espesores de las capas ingresadas en el aplicativo*.....102

Figura 18 *Datos para el diseño estabilizado*105

Figura 20 *Datos para el diseño sin estabilizar*106

Figura 21 *Pavimento flexible con y sin geomalla con ESAL en el diseño*107

Figura 22 *Numero estructural con ESAL*.....107



RESUMEN

La presente investigación, titulada "Análisis comparativo entre pavimento flexible y pavimento con geomallas multiaxiales en la carretera Jantha Huencalla distrito de Plateria", La investigación sobre la integración de geomallas triaxiales en pavimentos flexibles demuestra notables ventajas. Las geomallas disminuyen el espesor del pavimento, mejoran su resistencia y refuerzan su capacidad para resistir el deterioro ambiental. En consecuencia, esto da como resultado una estructura más resistente y duradera. Además, el análisis enfatiza que la utilización de geomallas permite evaluar la capacidad del pavimento para soportar cargas durante toda su vida útil, y el coeficiente de resistencia del suelo (CBR) juega un papel fundamental en esta evaluación. Los pavimentos flexibles reforzados con geomallas exhiben una clara disparidad en su capacidad para soportar peso y resistir daños en comparación con aquellos sin refuerzo. Los pavimentos reforzados exhiben valores mucho más altos de carga equivalente por eje único (ESAL). Al realizar experimentos de laboratorio para evaluar las condiciones del suelo y determinar la relación de rodamiento de California (CBR), queda claro que es necesario utilizar refuerzos como geomallas triaxiales. Estas geomallas han demostrado su capacidad para mejorar las propiedades del suelo, optimizar la distribución de cargas y regular las deformaciones. La implementación de leyes como AASHTO – 93 y el uso de software especializado como TENSAR aseguran el diseño exacto y duradero de pavimentos en infraestructura vial. Esto enfatiza la importancia de la durabilidad en la construcción de pavimentos.

Palabras clave: Pavimentos, Geomallas, Triaxiales, Pavimento flexible.



ABSTRACT

The present research, titled "Comparative analysis between flexible pavement and pavement with multiaxial geogrids on the Jantha Huencalla highway, Plateria district", the research on the integration of triaxial geogrids in flexible pavements demonstrates notable advantages. Geogrids reduce the thickness of the pavement, improve its resistance and reinforce its ability to resist environmental deterioration. Consequently, this results in a stronger and more durable structure. Furthermore, the analysis emphasizes that the use of geogrids allows the evaluation of the pavement's ability to withstand loads throughout its useful life, and the soil resistance coefficient (CBR) plays a fundamental role in this evaluation. Flexible pavements reinforced with geogrids exhibit a clear disparity in their ability to support weight and resist damage compared to those without reinforcement. Reinforced pavements exhibit much higher equivalent single axle load (ESAL) values. By conducting laboratory experiments to evaluate soil conditions and determine the California Bearing Ratio (CBR), it becomes clear that it is necessary to use reinforcements such as triaxial geogrids. These geogrids have demonstrated their ability to improve soil properties, optimize load distribution and regulate deformations. The implementation of laws such as AASHTO – 93 and the use of specialized software such as TENSAR ensure the accurate and durable design of pavements in road infrastructure. This emphasizes the importance of durability in pavement construction.

Key words: Pavements, Geogrids, Triaxial, Flexible pavement.



INTRODUCCIÓN

Debido a que facilitan el movimiento de personas y bienes, los caminos son vitales para el desarrollo socioeconómico de una comunidad. Debido a que proporcionan una superficie resistente y duradera para el tráfico de vehículos, los pavimentos son cruciales para esta infraestructura. En la Carretera Jantha Huencalla en la región de Platería, este estudio compara pavimentos flexibles típicos con pavimentos multiaxiales reforzados con geomallas.

Los pavimentos flexibles se utilizan ampliamente en la construcción de carreteras debido a su capacidad para distribuir las cargas del tráfico en varias capas, cada una de las cuales tiene características únicas. Sin embargo, el uso de refuerzos como geomallas multiaxiales ha ganado atención como un sustituto práctico cuando se requiere una mayor resistencia estructural o cuando el suelo no es adecuado.

El principal objetivo de este estudio es evaluar y comparar el desempeño de pavimentos flexibles convencionales con pavimentos reforzados con geomallas multiaxiales en la Carretera Jantha Huencalla. Para lograrlo, se realizará un análisis integral, teniendo en cuenta elementos como la resistencia estructural, la durabilidad, el comportamiento ante cargas de tráfico y los beneficios e inconvenientes de las dos opciones.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

Los pavimentos flexibles y los pavimentos de geomalla multiaxial son técnicas muy empleadas en la construcción de carreteras en todo el mundo. Los pavimentos flexibles tienen la capacidad de distribuir uniformemente las cargas por medio de una capa de asfalto que se ajusta a las deformaciones del suelo que hay debajo. Por el contrario, los pavimentos de geomalla multiaxial utilizan geosintéticos diseñados específicamente para mejorar la estabilidad y la resistencia del pavimento mediante el refuerzo de las capas de suelo. Estas tecnologías se han utilizado en varios proyectos de carreteras en todo el mundo, mostrando sus beneficios en términos de longevidad, robustez y capacidad para soportar cargas pesadas. (Díaz Cepeda, 2021)

Perú ha sido testigo de un aumento de la demanda de infraestructuras viarias en todo el país debido al crecimiento económico y a la expansión de las áreas metropolitanas. En varias regiones del país se han utilizado pavimentos flexibles y geomallas multiaxiales para la construcción de carreteras. Sin embargo, la elección de la tecnología depende de otras consideraciones como las propiedades del suelo, el volumen de tráfico, las condiciones meteorológicas y la disponibilidad de recursos. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) se encarga de supervisar la regulación de los requisitos técnicos



para la construcción de carreteras en todo el país. El objetivo de este documento es proporcionar criterios para la selección y el diseño de pavimentos con el fin de garantizar la seguridad y la calidad duradera de las carreteras. (Espinoza Pocomucha, 2021)

La infraestructura vial de la zona de Platería, ubicada en la provincia de San Román, es vital para mejorar la conectividad regional y promover el desarrollo económico. La calzada Jantha Huencalla es esencial para unir numerosos asentamientos y permitir el transporte eficiente de mercancías agrícolas y comerciales. Un mantenimiento insuficiente y el aumento del tráfico han provocado el deterioro del pavimento, lo que ha repercutido en la seguridad y comodidad de los usuarios. Dadas las circunstancias, es esencial evaluar posibles enfoques para mejorar y reforzar la carretera, teniendo en cuenta métodos innovadores como el empleo de pavimentos de geomalla multiaxial. Estos pavimentos tienen el potencial de proporcionar beneficios en términos de su durabilidad y capacidad para manejar las condiciones específicas del suelo y el clima de la zona. (Flores Paja & Mamani Cutipa, 2021)

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general.*

¿Cómo determinar el análisis comparativo entre un pavimento flexible y un pavimento con geomallas multiaxiales Triaxs 130s, tramo parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería?

1.2.2 *Problemas específicos.*

1. ¿Cuáles son las propiedades de los suelos del tramo parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería?
2. ¿Cómo determinar el diseño del pavimento flexible de la parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería?



3. ¿Cómo determinar en qué medida el uso de geomallas multiaxial Triax TX130S permitirá reducir espesores en capas de pavimento con el pavimento flexible parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Determinar el análisis comparativo entre un pavimento flexible y un pavimento con geomallas multiaxiales Triaxs 130s, tramo parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería.

1.3.2 Objetivos específicos.

1. Determinar las propiedades de los suelos del tramo parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería.
2. Determinar el diseño del pavimento flexible de la parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería.
3. Determinar en qué medida el uso de geomallas multiaxial Triax TX130S permitirá reducir espesores en capas de pavimento con el pavimento flexible parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

La infraestructura viaria desempeña un papel vital en el desarrollo socioeconómico de una región al permitir la circulación eficaz de personas y productos. Garantizar la calidad y la durabilidad de las carreteras es esencial para establecer una conectividad eficaz. La utilización de geomallas multiaxiales en los pavimentos se ha revelado como una técnica novedosa con potencial para mejorar la robustez y longevidad de las carreteras. No obstante, es importante llevar a cabo una evaluación exhaustiva y comparativa para



determinar la eficacia relativa del material en comparación con los pavimentos flexibles tradicionales.

1.4.2 Justificación económica

El principal coste asociado a la construcción de una carretera es el importante gasto en materiales, mano de obra y maquinaria. La elección entre el pavimento flexible clásico y el pavimento de geomalla multiaxial depende de los materiales y las técnicas de construcción empleadas, que pueden influir directamente en los gastos iniciales. Un análisis comparativo facilitará la identificación de la solución económicamente más ventajosa, teniendo en cuenta la inversión inicial.

Además del coste original, es crucial tener en cuenta los gastos asociados al mantenimiento y reparación de la carretera durante su vida útil. La resistencia a la deformación, el agrietamiento y el deterioro puede variar entre los pavimentos flexibles y los pavimentos de geomalla multiaxial, lo que repercute en los costes de mantenimiento a largo plazo. La evaluación comparativa de las necesidades de mantenimiento y reparación de ambas opciones ayudará a minimizar los gastos de explotación a largo plazo.

1.4.3 Justificación social

Las comunidades locales dan la máxima importancia a priorizar la seguridad vial. Un firme de alta calidad puede reducir significativamente la probabilidad de accidentes de tráfico, lesiones y muertes. Llevar a cabo un examen exhaustivo del pavimento flexible y del pavimento de geomalla multiaxial para determinar si la opción ofrece un mayor nivel de seguridad vial para los residentes y usuarios de la carretera Jantha Huencalla.

La existencia de una carretera en buen estado es esencial para garantizar un acceso cómodo a servicios esenciales como la sanidad, la educación y el empleo. La mejora de la calidad del firme de las carreteras puede facilitar el acceso cómodo de los residentes locales a servicios vitales, fomentando así el progreso socioeconómico y mejorando el bienestar general de la comunidad.



1.4.4 Justificación ambiental

El proceso de construcción y mantenimiento de carreteras requiere a menudo una cantidad significativa de materiales naturales, como áridos pétreos y asfalto. Un examen comparativo del pavimento flexible y el pavimento de geomalla multiaxial puede determinar qué opción reduce el consumo de recursos, promoviendo así la utilización eficiente y la conservación.

La producción y el uso de materiales de pavimentación pueden dar lugar a la emisión de gases de efecto invernadero y a la generación de basura. Para reducir las consecuencias ecológicas de la construcción y el mantenimiento de las carreteras, los particulares tienen la opción de elegir un tipo de pavimento que requiera menos material o emplee métodos de producción más sostenibles desde el punto de vista medioambiental. Este enfoque ayuda a reducir las emisiones y a minimizar la basura producida durante todo el proceso.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general.

El análisis comparativo entre un pavimento flexible y un pavimento con geomallas multiaxiales Triaxs 130s, indica que el pavimento con geomallas es mejor que un pavimento convencional en el tramo parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería.

1.5.2 Hipótesis específicas.

1. Las propiedades de los suelos del tramo parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería, serán óptimos.
2. El diseño del pavimento flexible de la parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería será óptimo.



3. El uso de geomallas multiaxial Triax TX130S permitirá reducir espesores en capas de pavimento con el pavimento flexible parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 Variable Independiente

Pavimento flexible

Indicadores:

- Humedad natural
- Granulometría
- Límites de consistencia

1.6.2 Variable Dependiente.

Geomallas multiaxiales

Indicadores:

- Conteo vehicular, factores de corrección, cálculo de ejes EE.
- Dimensiones de las capas que lo conforman
- Fichas técnicas de geomalla multiaxial

1.7 Estrategia de medición de variables

Tabla 1

Estrategia de medición de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSION	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICION
Pavimento flexible	<ul style="list-style-type: none">• Un pavimento flexible es una superficie de carretera formada por varias capas de materiales específicamente diseñados para distribuir uniformemente el peso de los vehículos.	<ul style="list-style-type: none">• Características del suelo (EMS).• Estructura del pavimento.	<ul style="list-style-type: none">• Límites de consistencias.• Proctor y CBR.	Laboratorio de Suelos-Método de ensayo normalizado para pavimentos flexibles siguiendo el método AASHTO 93.
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSION	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICION
Geomallas multiaxiales	Las geomallas están formadas por varillas o tiras de polímero dispuestas en dos direcciones principales, junto con una dirección transversal adicional para aumentar la resistencia en todas las orientaciones.	<ul style="list-style-type: none">• Diseño de pavimento.• Diseño de las geomallas.• Comportamiento de la geomalla.	<ul style="list-style-type: none">• Dimensiones de las capas que lo conforman (sub base, base y carpeta de rodadura)• Fichas técnicas de geomalla multiaxial.	Laboratorio de Suelos-Método de ensayo normalizado para pavimentos flexibles siguiendo el método AASHTO 93.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según, Qiao et al., (2020) Estudiaron en "Pavimentos flexibles y cambio climático: una revisión integral y sus implicaciones" Existe una asociación significativa entre los pavimentos flexibles y el clima. Los pavimentos son un tipo de infraestructura vulnerable a las condiciones climáticas. Los factores medioambientales pueden influir en la velocidad a la que se deteriora el pavimento, en el mantenimiento necesario y en los gastos generales en los que se incurre a lo largo de su vida útil. La aplicación simultánea de estrategias de mitigación del cambio climático es esencial para reducir eficazmente los efectos ecológicos de los pavimentos y el transporte sobre el clima mundial y local. Para hacer frente a los cambios climáticos y mitigar los problemas medioambientales, puede ser necesario modificar las normas actuales de diseño y gestión del ciclo de vida de los firmes. En este documento se lleva a cabo un análisis exhaustivo de la bibliografía existente sobre estudios cualitativos y cuantitativos realizados en los últimos años acerca de la investigación sobre pavimentos en el contexto del cambio climático. Los temas abordados abarcan los factores de estrés climático, la susceptibilidad del comportamiento de los firmes a las influencias climáticas, las consecuencias del cambio climático en los sistemas de firmes y, específicamente, las deliberaciones sobre la adaptación al cambio climático, la mitigación



de sus efectos y su interacción. Este estudio es beneficioso para quienes estén interesados en comprender o investigar la capacidad de los firmes resistentes para soportar y recuperarse de situaciones climáticas.

Para, Hassani et al., (2020) en su trabajo "Un estado del arte de los pavimentos semiflexibles: introducción, diseño y desempeño" El pavimento semiflexible (SFP) es un método novedoso para la construcción de carreteras que utiliza hormigón asfáltico de granulometría abierta que incluye un número considerable de huecos de aire. Estos huecos se rellenan posteriormente inyectando determinados materiales de relleno. El SFP se construye sin juntas de dilatación, contracción o construcción, y también demuestra una resistencia significativa a las roderas y al empuje/corrugación. Estos innovadores materiales de pavimentación demuestran una mezcla de las características flexibles observadas en los pavimentos de asfalto con la excepcional resistencia y dureza de los pavimentos de hormigón. El objetivo principal de este estudio es analizar exhaustivamente el diseño, la construcción y el comportamiento de los pavimentos semiflexibles. Para ello, se llevarán a cabo evaluaciones tanto en entornos de laboratorio controlados como en condiciones reales sobre el terreno. Este trabajo comienza proporcionando una definición precisa de la noción de pavimento semiflexible, elucidando su enfoque de diseño y delineando el procedimiento para crearlo a tamaño de laboratorio. La segunda parte del informe examina la evaluación del comportamiento del pavimento semiflexible cuando se somete al esfuerzo de las cargas de tráfico. La prueba evalúa la capacidad del material para resistir las fugas de gasolina y aceite, así como su durabilidad a largo plazo. En la sección de conclusiones del estudio se analizan los métodos utilizados para la evaluación sobre el terreno y se examinan los problemas que se plantean actualmente en este ámbito.

2.1.2 Antecedentes nacionales.

Según Vílchez Ruiz, (2023) en "Evaluación de las Propiedades Mecánicas de un Suelo para Pavimento Flexible Utilizando Geomallas de Bambú" En la actualidad, el



aumento de la población y la creciente interconectividad de varias regiones han dado lugar al establecimiento de numerosas y extensas redes de carreteras que se extienden a lo largo de cientos o incluso miles de kilómetros. Estas calles han incluido mejoras tecnológicas de vanguardia y han utilizado materiales ecológicos, como el bambú. El objetivo de este estudio es examinar cómo pueden mejorarse las características mecánicas del suelo para pavimentos flexibles empleando geomallas de bambú. Este trabajo empleó un enfoque experimental aplicado para evaluar las características de un diseño convencional y un diseño que integra geomallas de bambú (biaxial y triaxial). Se examinaron varias muestras para evaluar el coeficiente de soporte de California (CBR), la resistencia a la tracción y la resistencia a la flexión de las geomallas de bambú. Las geomallas tenían una anchura de 1 centímetro y espesores de 1 milímetro, 2 milímetros y 3 milímetros. Además, se evaluó la eficacia de las geomallas de bambú examinando la influencia de distintos tamaños de abertura: 1 cm, 2 cm, 2,5 cm y 3 cm. El objetivo del estudio era determinar la configuración más óptima de la geomalla. Por lo tanto, se puede deducir que el espesor óptimo a utilizar es de 3 mm, ya que alcanza una resistencia a la tracción de 5448,4 kgf/cm² y una resistencia a la flexión de 4673 kgf/cm². Además, cuando el suelo examinado se mezcla con aberturas de 2,5 cm, alcanza un California Bearing Ratio (CBR) del 93%.

Para Justiniano Cancha, (2022) en la investigación "Modelización numérica y diseño de pavimento flexible con reforzamiento de geomallas biaxiales para la reducción del espesor en el pavimento" El objetivo de este proyecto es crear un modelo numérico y el diseño de un pavimento flexible que incluya refuerzo mediante geomalla biaxial. El objetivo es reducir el espesor del pavimento en el tramo Pariacoto - Yupash de la ruta Casma - Huaraz. El diseño se ajustará a la metodología AASHTO 93 para pavimentos flexibles sin refuerzo y a la metodología AASHTO R-50 para pavimentos flexibles con refuerzo. La modelación numérica se realizará utilizando el software Plaxis 2D. Para alcanzar este objetivo, era imperativo realizar un análisis exhaustivo de los patrones de



tráfico y un examen minucioso de la composición del suelo en la ubicación específica investigada. Las investigaciones arrojaron importantes características de diseño, incluyendo la cantidad de repeticiones de 8,2t EE y el CBR (California Bearing Ratio) de la subrasante, entre otros factores. El estudio se caracteriza por su enfoque descriptivo, el uso de métodos cuantitativos, la ausencia de un diseño experimental y la implementación de un diseño transversal. En consecuencia, la inclusión de la Geomalla Biaxial BXSQ2020 en el diseño ha dado lugar a una reducción del espesor de las capas Base y Subbase. El diseño "LCR" ha experimentado una disminución del espesor del 25%, mientras que el diseño "TBR" ha experimentado una disminución del 30%. Fue posible evaluar con precisión seis modelos distintos construidos en el software Plaxis 2D, empleando análisis de elementos finitos bidimensionales. Los resultados demuestran que el refuerzo del pavimento condujo a una reducción significativa de la deformación, el desplazamiento vertical y las tensiones. Por lo tanto, la inclusión del refuerzo biaxial con geomallas en el diseño de pavimentos es una opción pragmática y lógica.

Según Kari & Olortegui, (2019) en el estudio "Propuesta de diseño de pavimento flexible reforzado con Geomalla en la interfaz subrasante - subbase utilizando la metodología Giroud – Han, para mejorar el tramo de la carretera(vía)", Este estudio demuestra la utilización de una técnica de diseño que emplea geomallas triaxiales en la construcción de pavimentos flexibles en Perú. Se proporcionan las especificaciones de diseño de las geomallas. La metodología de diseño se deriva de la investigación realizada por el Dr. J.P. Giroud y el Dr. Jie Han, que propone la existencia de un efecto de confinamiento formado entre las geomallas y la capa de material de la subrasante. La deformación del suelo es un fenómeno común cuando se aplican cargas de neumáticos, lo que da lugar a la producción de surcos en la superficie que soporta el peso. Giroud y Han (2005) descubrieron que la incorporación de geomallas al suelo produce una disminución sustancial de las roderas. Se utiliza un ejemplo de aplicación para proporcionar una demostración práctica del método sugerido para construir una base de

pavimento. El ejemplo consta de dos escenarios: uno que incluye el uso de geomallas triaxiales de refuerzo y otro sin ningún tipo de refuerzo. En este caso, los datos se recopilaron empleando formularios de categorización de vehículos del MTC, inspeccionando visualmente la carretera para evaluar el índice de estado del firme (PCI) y realizando pruebas de laboratorio. La evaluación se llevó a cabo en una distancia aproximada de 2,3 kilómetros. Se determinó que el PCI (índice de estado del pavimento) de la sección era del 21%, lo que indicaba un bajo nivel de servicio para la carretera y requería una mejora inmediata. La utilización de geomallas dio como resultado una reducción significativa del 33,33% del espesor. El diseño de cada proyecto diferirá en función de factores como las condiciones del suelo, el tráfico de vehículos y el tipo específico de geomalla utilizado como refuerzo. Es imprescindible tener en cuenta estos factores.

2.1.3 Antecedentes locales.

Para Condori Ticona, (2021) en el estudio "Influencia de la aplicación del refuerzo con geomalla en la capa de mejoramiento en la respuesta estructural de subrasante de pavimentos flexibles para la Urbanización Taparachi de Juliaca" El objetivo principal de este trabajo fue investigar el impacto de emplear un refuerzo biaxial de geomalla en el comportamiento estructural de una subrasante, particularmente en lo que respecta a la deflexión máxima. El trabajo propuso una metodología recomendada que adopta un enfoque cuantitativo, tiene un alcance explicativo y emplea un diseño experimental. La perspectiva teórica se estableció tras un examen exhaustivo de la literatura académica. Para evaluar la influencia de la geomalla en la capacidad máxima de flexión de una subrasante compuesta por suelo natural y material de relleno de 0,30 cm, se construyeron dos secciones con unas dimensiones de 10 m de longitud y 4 m de anchura. El segmento inicial funcionó como control, careciendo de geomalla, pero la porción subsiguiente constituyó el componente experimental, incorporando una geomalla. En esta configuración experimental se realizaron un total de 30 mediciones de deflexión. Se realizaron un total



de 15 mediciones en cada sector utilizando la viga Benkelman. Los resultados se adquirieron llenando un camión volquete con un peso en el eje trasero de 8200 kg y una presión de inflado de neumáticos de 80 psi. Los resultados adquiridos son los siguientes: El suelo inherente presentaba un California Bearing Ratio (CBR) de 4,1%, lo que significa una calidad insuficiente de la subrasante. El material de relleno utilizado, obtenido de la cantera Taparachi en Juliaca, exhibió un Coeficiente de Soporte de California (CBR) que varió entre 29% y 95% de su densidad seca máxima. La utilización de una geomalla dio como resultado una reducción del 8% en la deflexión estándar de la subrasante, así como una caída del 1% en la deflexión máxima promedio en comparación con la sección de control que no tenía geomalla. En última instancia, se concluyó que la geomalla biaxial tenía un efecto disminuido sobre la cimentación inestable, como evidenciaban sus deflexiones.

Para Cahuapaza Condori, (2020) en la investigación se titula "Incidencia de la geomalla biaxial en el módulo resiliente de la subrasante de diseño para pavimentos flexibles Puno 2020". El objetivo principal es evaluar la influencia de la geomalla biaxial en el aumento del módulo de resiliencia de los pavimentos flexibles mediante la mejora de los suelos inferiores. Para ello, se evaluaron las características del suelo mediante una serie de ensayos, entre los que se incluyen el CBR IN SITU, los límites de Atterberg, el contenido de humedad, el análisis granulométrico por tamizado, el Proctor modificado, la resistencia al desgaste (abrasión angular), el peso específico, la densidad de campo y el análisis deflectométrico - viga de Benkelman. El CBR IN SITU (California Bearing Ratio in situ) de la subrasante de diseño se determina considerando una capa de 0,30 m de material granular con un valor de CBR de 4,87%. Además, se construyó una porción rectangular de 4,00m x 20,00m utilizando un material de relleno con un espesor de 0,30m. Esta sección se reforzó con una geomalla de 0,30 m de espesor. Se utilizó una geomalla biaxial para mejorar la estabilidad de una capa de 30 m situada entre el suelo de cimentación y la capa de relleno. En ambos casos, la cantera de Taparachi suministró el mismo material granular,

que tenía un tamaño y un nivel de humedad constantes. El módulo de resistencia se determinó utilizando la viga Benkelman en ambos casos. Los resultados demostraron una mejora significativa en el módulo de resistencia de la subrasante mediante la aplicación de la geomalla biaxial, con un notable aumento del 64,98%.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Pavimento flexible

Los pavimentos flexibles consisten en múltiples capas de materiales diseñados específicamente para distribuir uniformemente el peso de los automóviles y resistir la deformación inducida por cargas repetitivas. Por lo general, se componen de una capa superior hecha de asfalto, una capa intermedia llamada capa base y una capa inferior conocida como subbase granular. Estas capas poseen la capacidad de ser flexibles y absorber impactos, lo que les permite adaptarse a las deformaciones del terreno y al tráfico. Este tipo de pavimento se utiliza comúnmente en carreteras que tienen una cantidad de tráfico relativamente baja a moderada. Debe tener una fuerte capacidad de drenaje y poder soportar deformaciones. (Baque Solis, 2020)

Los pavimentos flexibles son sistemas viarios formados por múltiples capas de materiales diseñados con precisión para soportar el peso de los vehículos y transmitir uniformemente la carga al suelo subyacente. Estas construcciones están diseñadas para soportar la deformación elástica causada por las cargas del tráfico, dispersando uniformemente las cargas por toda la estructura para evitar la distorsión permanente y ofrecer una superficie de carretera cómoda y segura para los usuarios.

- La capa de rodadura es la capa superior del pavimento, diseñada específicamente para soportar el peso de los vehículos y ofrecer una superficie de conducción estable y cómoda. Esta capa puede consistir en asfalto, hormigón asfáltico o materiales similares.



- Una capa de sellado, a menudo denominada revestimiento superficial, es una cubierta protectora que protege la superficie superior de una carretera de los efectos nocivos del clima y el tráfico. El objetivo de este material es impedir la entrada de agua en el pavimento y mantener la superficie del pavimento en un estado deseable.
- El objetivo principal de la capa base es proporcionar soporte estructural a la capa de rodadura y transmitir uniformemente el peso del tráfico sobre la subrasante. Puede consistir en sustancias granulares como grava, piedra triturada o suelo estabilizado.
- La subbase es un estrato electivo que mejora la durabilidad del pavimento y ayuda al proceso de drenaje del agua. Este estrato está situado debajo de la capa de cimentación y puede estar formado por materiales granulares o estabilizados.
- El término "subrasante" designa el suelo autóctono que funciona como base para la construcción del pavimento. La subrasante es responsable de proporcionar soporte estructural al pavimento y debe estar suficientemente compactada y nivelada para prevenir deformaciones significativas.
- Los pavimentos flexibles se emplean comúnmente en carreteras de alto tráfico debido a su capacidad para soportar cargas sustanciales y ofrecer una superficie de conducción nivelada y segura. El diseño y la construcción de estos pavimentos se rigen por conceptos de ingeniería que tienen en cuenta aspectos como el tráfico previsto, las condiciones meteorológicas imperantes y las propiedades del suelo. Este enfoque garantiza una eficiencia óptima y una vida útil prolongada del pavimento.

2.2.1.1 Introducción al pavimento flexible

Un amplio conocimiento del pavimento flexible es esencial en el diseño y construcción de carreteras, ya que forma la base para comprender las características y



objetivos de este tipo específico de pavimento. El siguiente material ofrece una explicación exhaustiva del concepto básico de introducción de pavimento flexible:

- La primera etapa del aprendizaje de las estructuras de pavimento implica una introducción al pavimento flexible. Este artículo cubre los principios básicos, conceptos principales y aspectos cruciales de los pavimentos flexibles. Este texto proporciona un examen exhaustivo de los materiales, componentes, propiedades mecánicas, diseño, construcción y aplicaciones de pavimentos flexibles en el campo de la ingeniería vial.
- Esta parte comienza delineando la función fundamental que cumplen las carreteras al facilitar el enlace y el transporte de personas y mercancías, subrayando la necesidad de una infraestructura vial confiable, eficaz y duradera. Posteriormente, se presenta la noción de pavimento flexible como un tipo destacado de infraestructura vial que se utiliza ampliamente a escala global.
- Se delimitan los componentes de un pavimento flexible, abarcando la capa de rodadura, la capa base y la subbase, junto con los materiales de construcción empleados, como asfalto y agregados de piedra. La investigación examina las características mecánicas del pavimento flexible, enfatizando su capacidad para distribuir uniformemente cargas, soportar deformaciones y adaptarse a diversas condiciones topográficas y de tráfico.
- Este estudio examina diferentes enfoques para la planificación y construcción de superficies viales flexibles, enfatizando la importancia de tener en cuenta aspectos como el volumen de tráfico proyectado, las condiciones climáticas locales, la accesibilidad de los materiales y los gastos asociados. Este tipo de pavimento se evalúa en función de sus ventajas e inconvenientes, así como de su idoneidad para determinadas circunstancias climáticas y de tráfico.



- Esencialmente, la introducción al pavimento flexible establece una base conceptual y contextual para comprender la importancia, los principios y las aplicaciones de este tipo de pavimento en la ingeniería vial. Proporciona la base para un examen más completo de sus componentes tecnológicos, económicos, sociales y ambientales.

Definición y características

El pavimento flexible es una superficie de carretera compuesta por capas de materiales flexibles que están organizados para distribuir uniformemente el peso de los vehículos y soportar las deformaciones inducidas por cargas frecuentes. Se caracteriza por su capacidad de adaptarse a las irregularidades del terreno y del tráfico, proporcionando una superficie de rodadura resistente y duradera. (Armas Gil, 2018)

Los pavimentos flexibles tienen la capacidad de sufrir una deformación elástica cuando se someten a cargas de tráfico y luego volver a su forma original una vez que se elimina la tensión. La capacidad de deformación elástica de la estructura del pavimento permite la distribución uniforme de las cargas. Los pavimentos flexibles dispersan eficazmente la carga del tráfico empleando muchas capas de material, reduciendo así la tensión sobre el suelo subyacente y minimizando el riesgo de deformación irreversible. Los pavimentos flexibles deben tener la capacidad de soportar las tensiones cíclicas repetitivas causadas por el tráfico sin sufrir daños significativos. Esto sugiere que los materiales utilizados en la estructura del pavimento demuestren un grado significativo de resistencia a la fatiga. Los pavimentos flexibles deben demostrar una vida útil prolongada y resistencia frente a las condiciones ambientales adversas, la degradación inducida por el tráfico y otros factores que puedan afectar a su funcionalidad a largo plazo. Un drenaje eficaz es esencial para los pavimentos flexibles, ya que permite la rápida eliminación del agua superficial, reduciendo así la acumulación de agua y previniendo el deterioro prematuro del pavimento. Esto se consigue incluyendo una superficie de rodadura meticulosamente planificada e integrando capas de drenaje en la estructura del pavimento. Los materiales utilizados en



la fabricación de pavimentos flexibles deben tener suficiente elasticidad para deformarse bajo la tensión de las cargas de tráfico y luego volver a su forma original una vez eliminada la tensión. Esto ayuda a disminuir la aparición de grietas y fracturas en la superficie del pavimento. La consistencia es crucial cuando se construyen pavimentos flexibles para asegurar que toda la estructura del pavimento se comporta de manera uniforme y predecible. Estas propiedades son esenciales para el desarrollo y la instalación de firmes flexibles que ofrezcan un rendimiento excepcional y una vida útil prolongada en diversas condiciones de tráfico y meteorológicas.

Características:

- **Superposición de capas:** el pavimento flexible generalmente consta de muchas capas de materiales dispuestos en una secuencia precisa, que comprende una capa superior, una capa intermedia y una capa inferior. Estos niveles están diseñados deliberadamente para funcionar juntos de manera que distribuyan de manera óptima las cargas de tráfico.
- **Material Flexible:** Los materiales empleados en pavimentos flexibles poseen la capacidad de flexionarse y cambiar de forma cuando se exponen a una carga, sin sufrir daños importantes. El asfalto se usa comúnmente para la capa superior, mientras que la base y la subbase pueden consistir en materiales granulares como grava y arena.
- **Distribución de carga:** El objetivo principal del pavimento flexible es dispersar uniformemente el peso de los vehículos sobre toda su estructura, minimizando así las tensiones concentradas que podrían resultar en deformaciones permanentes en la superficie de la carretera.
- **La resistencia** a la flexión es la capacidad de un pavimento flexible para resistir las deformaciones provocadas por las cargas del tráfico y los cambios en las



condiciones del terreno, lo cual se debe a su flexibilidad natural. Esto mejora la durabilidad y eficiencia del pavimento durante toda su vida útil.

- **Flexibilidad:** El pavimento flexible demuestra la capacidad de adaptarse a diversos terrenos y condiciones de tráfico, lo que lo hace adecuado para una amplia gama de usos y sitios. La ubicación se encuentra en terrenos con variadas características geológicas y climáticas, lo que garantiza una superficie confiable y consistente para rodar.

En resumen, el pavimento flexible es una estructura vial muy versátil y adaptable que ofrece diversas ventajas en términos de durabilidad, resiliencia y capacidad para soportar grandes cargas. Para lograr resultados excepcionales a largo plazo, es imperativo concentrarse diligentemente tanto en los aspectos de diseño como de construcción.

Historia y evolución del pavimento flexible

La historia y la evolución del pavimento flexible es un tema intrigante que destaca la búsqueda continua de soluciones inventivas en ingeniería de carreteras para abordar los requisitos cambiantes de transporte y movilidad. El pavimento flexible ha experimentado numerosos avances y mejoras notables a lo largo del tiempo. (Chavez Vergara, 2018)

- Las civilizaciones antiguas fueron responsables del origen de las aceras, construyendo caminos sencillos utilizando materiales fácilmente disponibles como piedras, adoquines o madera. Los pavimentos eran básicos y tenían una vida útil corta, pero sirvieron de base para el eventual avance de técnicas más avanzadas.
- Los pavimentos de adoquines tienen su origen en la antigua Roma. La construcción de estos pavimentos suponía la disposición sistemática de piedras o ladrillos sobre



una capa de grava. Las aceras eran resistentes y ofrecían una superficie para correr bastante cómoda, aunque requerían reparaciones continuas.

- Durante la Edad Media, los pavimentos de piedra tallada ganaron popularidad debido a su meticulosa disposición de losas de piedra sobre una base de grava o arena. Los pavimentos, famosos por su excepcional resistencia en contraste con los adoquines, se utilizaron ampliamente en calles y carreteras de toda Europa y otras regiones del mundo.
- Pavimento de macadán: el proceso de pavimentación de macadán fue inventado por el ingeniero escocés John Loudon McAdam en el siglo XIX. Este proceso consistía en la colocación de capas de piedra pulverizada y comprimida sobre una base de grava. Este enfoque representó un progreso sustancial en el campo de la construcción de carreteras y ofreció una superficie más uniforme y duradera para la circulación de los vehículos.
- Los pavimentos asfálticos se introdujeron a finales del siglo XIX y principios del XX. Estos edificios estaban compuestos por una capa de asfalto que se colocaba sobre una base de grava o piedra triturada. Estos pavimentos exhibieron una mayor flexibilidad y una hidrofobicidad superior en comparación con los pavimentos de macadán, lo que los hace apropiados para su aplicación en regiones con condiciones climáticas inciertas.
- El negocio de los pavimentos flexibles experimentó un cambio significativo en el siglo XX debido a una secuencia de avances tecnológicos innovadores. Esto implicó la creación de nuevos materiales asfálticos, metodologías mejoradas para el diseño y la construcción de carreteras y la implementación de técnicas de refuerzo, como geomallas multiaxiales.
- En las últimas décadas, se han producido avances notables en el ámbito de la tecnología de pavimentos flexibles. Estas mejoras implican la utilización de materiales reciclados, la implementación de procesos de pavimentación en frío y la

creación de sistemas inteligentes de gestión de pavimentos. Estos avances han mejorado la resiliencia, eficacia y viabilidad ecológica de los pavimentos flexibles a escala global.

En general, el desarrollo histórico y la progresión del pavimento flexible ejemplifican el ingenio humano y el esfuerzo continuo por mejorar la infraestructura vial a través de enfoques inventivos. La creación de pavimento flexible ha experimentado avances considerables y sigue siendo esencial para fomentar el crecimiento y la conectividad de la comunidad mediante el uso de tecnologías contemporáneas.

2.2.1.2 Componentes del pavimento flexible

El pavimento flexible se compone de múltiples capas de materiales que componen la estructura de la carretera. La capa de rodadura, a menudo conocida como la capa superior de una carretera, está diseñada específicamente para soportar la fuerza aplicada por los vehículos y proporcionar una superficie segura y agradable para los usuarios de la carretera. La capa base está situada debajo de la capa de rodadura y funciona como base estructural para distribuir uniformemente el peso del tráfico sobre la subrasante. La subbase se sitúa debajo de la capa base para funcionar como capa intermedia, mejorando el sistema de drenaje y elevando la resistencia del pavimento a la deformación. Cada componente individual tiene un papel crucial en el funcionamiento y durabilidad del pavimento flexible. (Fernandez Vasquez, 2020)

Capa de rodadura

La capa de rodadura, también conocida como capa superior de pavimento flexible, está diseñada específicamente para resistir y tolerar las tensiones y la abrasión creadas por los automóviles. La capa en cuestión es la que hace contacto directo con los neumáticos del coche. Por tanto, su función principal es garantizar una superficie segura y agradable para la circulación de los neumáticos. (Angulo Roldan & Zavaleta Papa, 2021)



- Composición: El circuito puede constar de muchos materiales, siendo el asfalto o el hormigón asfáltico las opciones predominantes. Estos materiales poseen propiedades distintivas que les permiten soportar las fuerzas ejercidas por el tráfico, desafiar los daños y el deterioro y soportar los impactos de las condiciones climáticas.
- El espesor de la capa de rodadura es variable y depende de elementos como el volumen y tipo de tráfico, las condiciones climáticas locales y las características de la subbase y la base. Un espesor suficiente garantiza la durabilidad y una mayor vida útil de la capa de rodadura.
- La rugosidad de la superficie de la banda de rodadura del neumático es crucial para garantizar una tracción suficiente y un drenaje eficaz del agua, al mismo tiempo que minimiza las posibilidades de deslizamiento y hidroplaneo. La superficie de la carretera puede exhibir una variedad de suavidad, que abarca desde una textura muy pulida hasta una textura rugosa, dependiendo de las condiciones climáticas y de la carretera predominantes.
- Se pueden incorporar refuerzos adicionales a la capa desgastada para mejorar su durabilidad y evitar la fatiga y el agrietamiento. Esto puede implicar la utilización de fibras, mallas de refuerzo o aditivos que alteren la composición de la mezcla asfáltica.
- El mantenimiento constante es crucial para mantener el funcionamiento y la durabilidad de la capa desgastada. Los tratamientos de conservación pueden implicar procedimientos como reparación de fracturas, sellado de fisuras, fresado y repavimentación.

En resumen, la capa de rodadura es un elemento vital del pavimento flexible que ofrece una superficie de rodadura duradera y segura para los automóviles. La longevidad y eficacia del pavimento dependen de su diseño meticuloso y mantenimiento constante.



Capa de base

La capa base es una capa crucial de pavimento flexible que se coloca encima de la subbase y debajo de la capa de rodadura. El objetivo principal de la construcción es ofrecer soporte estructural y transmitir por igual la carga del tráfico a la subbase y a la subrasante. La capa base es la capa más inferior de un sistema o estructura que proporciona una base para el desarrollo de otros niveles. (Chaparro Quevedo & Hernández Rubio, 2018)

- **Composición:** La capa inferior suele estar formada por materiales granulares como grava, piedra triturada, arena o una mezcla de estos. Para soportar eficazmente altos niveles de tráfico y evitar distorsiones, estos materiales deben demostrar una resistencia y resistencia extraordinarias.

La capa de base de un pavimento flexible es una capa esencial en la construcción del pavimento, situada debajo de la capa de rodadura y, en ciertos casos, de la capa de sellado o de tratamiento superficial. El objetivo principal de esta capa es ofrecer un refuerzo estructural a la capa de rodadura y distribuir uniformemente la carga del tráfico sobre la subrasante. La composición de la capa de base puede variar en función de las especificaciones del proyecto y de las condiciones del lugar, pero normalmente consta de los siguientes materiales:

Material granular, como grava, piedra triturada o material de cantera triturado, se emplea frecuentemente como capa base. Estos materiales ofrecen una base duradera y uniforme para la capa superficial del pavimento y ayudan a la dispersión equitativa de la carga de tráfico.

Granulometría: El material granular utilizado en la capa de base puede tener diferentes granulometrías, dependiendo de los requisitos del proyecto. Normalmente, se utiliza una mezcla de partículas diminutas y partículas más

grandes. Esto garantiza la obtención de una compactación suficiente y una resistencia adecuada.

Compactación: La capa de cimentación se tritura meticulosamente para garantizar que tenga la densidad requerida y una gran capacidad de carga. Una compactación óptima es esencial para garantizar la estabilidad y longevidad del pavimento.

El grosor de la capa de base puede variar en función de los parámetros del proyecto y las condiciones del lugar, oscilando a menudo entre 15 y 30 cm.

En resumen, la capa primaria de un pavimento flexible ofrece refuerzo estructural a la capa superior y dispersa uniformemente la carga de los vehículos sobre el suelo subyacente. El pavimento se compone principalmente de materiales granulares, como grava o piedra triturada, y se compacta meticulosamente para establecer una base robusta y duradera.

- El espesor de la capa de cimentación se calcula en función del diseño del pavimento y los requisitos únicos del proyecto. Las dimensiones convencionales de la estructura están diseñadas para garantizar suficiente soporte estructural y distribuir eficazmente el peso del tráfico hacia la subbase y la subrasante.

La subbase, a veces denominada capa de cimentación, desempeña un papel vital en la construcción de un pavimento flexible. El objetivo principal de la cimentación del pavimento es optimizar y permitir la distribución uniforme de las cargas de tráfico sobre la subrasante. La capa de cimentación se sitúa debajo de la capa base y puede estar compuesta por diversos materiales, como suelo granular estabilizado, grava, piedra triturada o material reciclado. La composición y profundidad de la capa de cimentación puede modificarse en función de las especificaciones particulares del proyecto, las condiciones del suelo y el volumen de tráfico previsto.

El grosor típico de la capa de cimentación varía entre 10 y 30 cm, aunque puede aumentarse en regiones con suelos más flexibles o donde se necesite una estabilidad estructural adicional. El objetivo principal de conseguir un espesor adecuado para la capa de cimentación es asegurar un soporte suficiente para la

base del pavimento y reducir la probabilidad de una eventual deformación o asentamiento. El objetivo principal de la capa de cimentación en un pavimento flexible es ofrecer un refuerzo suplementario y distribuir uniformemente la carga de tráfico sobre la subrasante. El espesor óptimo se calcula teniendo en cuenta las condiciones del suelo y los requisitos específicos del proyecto.

- **Compactación:** La capa de cimentación se somete a una meticulosa compactación durante la construcción para lograr la densidad y resistencia deseadas. Optimizar la compactación es crucial para reducir la deformación y una mayor compactación causada por el tráfico.

La compactación de firmes es un procedimiento crucial en la construcción de carreteras y pavimentos. Este procedimiento implica el uso de fuerza mecánica para comprimir capas de materiales granulares, lo que reduce los espacios vacíos entre las partículas, aumenta su densidad y refuerza su integridad estructural. El proceso de compactación se ejecuta utilizando muchos tipos de maquinaria, como compactadores de rodillos vibratorios, compactadores de placas, compactadores neumáticos o compactadores de zapatas.

Aumento de la estabilidad: Al aumentar la densidad de los materiales granulares, se mejora la estabilidad y la integridad estructural del pavimento, lo que se traduce en una menor deformación y una mayor vida útil.

Permeabilidad reducida: La compactación disminuye el número de espacios vacíos entre las partículas, lo que reduce la capacidad del pavimento para permitir el paso del agua y dificulta su penetración.

Mayor capacidad de carga: Un pavimento adecuadamente compactado posee la capacidad de soportar más cargas de tráfico y dispersarlas por igual, disminuyendo así la probabilidad de deformaciones y daños. El proceso de compactación en la construcción de pavimentos tiene lugar en múltiples etapas, comenzando por la capa de subrasante y pasando por las capas de subbase, base y capa de rodadura. La técnica de compactación se emplea en distintas capas para garantizar una densidad y durabilidad suficientes durante todo el proceso de construcción del firme. Utilizar

maquinaria de compactación adecuada y suficiente para el material concreto y el espesor deseado de la capa. Ejecutar numerosas iteraciones de compactación para garantizar una dispersión uniforme de la fuerza. Regular el contenido de humedad del material para mejorar la compactación y lograr resultados óptimos. Realizar pruebas de densidad para validar la eficacia del procedimiento de compactación. En resumen, la compactación de firmes es un procedimiento crucial en la construcción de carreteras y pavimentos que mejora su estabilidad, resistencia y longevidad, garantizando así un mejor rendimiento y una mayor vida útil.

- El objetivo principal de la capa base es garantizar la estabilidad estructural y promover un drenaje eficaz del agua de la superficie de la carretera. El material debe poseer suficiente permeabilidad para facilitar el drenaje del agua hacia la subbase y subrasante, evitando así la acumulación de humedad que potencialmente pueda dañar la estructura del pavimento.

La capa de base es un componente crucial que forma la estructura de un pavimento flexible. La subbase se coloca debajo de la capa de rodadura y sirve para aumentar la integridad estructural de la capa de rodadura a la vez que dispersa uniformemente el peso del tráfico sobre la subrasante. A continuación, se ofrece una explicación detallada de la capa de base:

Garantiza una distribución equitativa y coherente de las cargas de tráfico en toda la subrasante. Ayuda a reducir la aparición de deformaciones persistentes en el pavimento. La capa de base se compone principalmente de materiales granulares, como grava, piedra triturada o material de cantera triturado. Además, posee la capacidad de emplear productos químicos estabilizadores como cemento, cal o asfalto.

El espesor de la capa de base suele variar entre 15 y 30 cm. Compresión: El proceso de compresión de la capa base se lleva a cabo con sumo cuidado para conseguir la densidad deseada y la máxima capacidad de carga. Garantizar una compactación eficaz es esencial para mantener la longevidad y durabilidad del



pavimento. Función de drenaje: En ciertos casos, la capa de base puede facilitar la eliminación del agua de la superficie del pavimento. Para ello, se emplean materiales granulares que proporcionan una alta capacidad de drenaje del agua o se incluyen capas de drenaje en la construcción del pavimento. El objetivo principal de la capa inferior de un pavimento flexible es ofrecer un refuerzo estructural a la capa superior y distribuir uniformemente la carga de los vehículos sobre el suelo subyacente. La composición consiste principalmente en componentes granulares y se compacta meticulosamente para garantizar una base robusta y duradera para el pavimento.

- Refuerzo: en ciertos casos, se pueden usar materiales adicionales o geosintéticos para fortalecer la capa subyacente y mejorar su capacidad para resistir la deformación y la fatiga. La estabilización del suelo puede requerir la utilización de geotextiles, geomallas u otros procedimientos similares.

La capa base es un elemento vital del pavimento flexible que sirve para fortalecer la estructura, distribuir uniformemente el peso de los vehículos y permitir un drenaje eficaz del agua de la superficie de la carretera. La durabilidad y eficacia del pavimento en el tiempo dependen de su adecuado diseño y construcción.

Subbase

La subbase es un estrato esencial de pavimento flexible situado entre la capa base y la subrasante. El objetivo principal de esta iniciativa es ofrecer asistencia complementaria y mejorar la capacidad del pavimento para facilitar el drenaje del agua. Una subbase es un estrato de material que se sitúa debajo de la base principal de una construcción o pavimento. El objetivo de esto es brindar soporte, estabilidad y drenaje adicional a toda la estructura. (Alvarez et al., 2019)

- La base suele estar compuesta de materiales granulares como grava, piedra triturada o arena gruesa. Estos materiales deben poseer una alta resistencia a la

tracción y resiliencia para poder soportar la carga del tráfico y dispersarla eficientemente en el suelo subyacente.

- El espesor de la subbase depende del diseño del pavimento y de los requisitos específicos del proyecto. La finalidad de su tamaño es potenciar el refuerzo estructural y potenciar la estabilidad del pavimento.
- Compactación: La subbase sufre una meticulosa compactación durante el proceso constructivo para garantizar su densidad y resistencia. Optimizar la compactación es crucial para reducir la deformación y una mayor compactación causada por el tráfico.
- Drenaje: La subbase tiene la doble función de ofrecer refuerzo estructural y permitir un drenaje eficaz del agua de la superficie de la carretera. El material debe poseer suficiente permeabilidad para facilitar el drenaje del agua hacia la subrasante, evitando así la acumulación de humedad que pueda comprometer la integridad de la estructura del pavimento.
- Refuerzo: En determinados casos se puede reforzar la subbase y mejorar su capacidad de ofrecer soporte y drenaje integrando materiales adicionales o geosintéticos. La estabilización del suelo puede requerir la implementación de geotextiles, geomallas u otros procedimientos similares.

En resumen, la subbase es un elemento crucial del pavimento flexible que ofrece refuerzo adicional, mejora la estabilidad del pavimento y permite un drenaje eficiente del agua de la superficie de la carretera. Garantizar la durabilidad y funcionalidad a largo plazo del pavimento requiere un diseño y construcción adecuados.

2.2.1.3 Comportamiento mecánico del pavimento flexible

El comportamiento mecánico del pavimento flexible pertenece a la manera en que esta estructura vial reacciona a la influencia de las cargas de tráfico y otros factores ambientales. Esto abarca la manera en que se distribuyen las cargas, la capacidad del

pavimento para soportar la deformación y su resistencia a la fatiga. Esencialmente, el comportamiento mecánico del pavimento flexible se refiere a cómo interactúa y se comporta esta superficie de la carretera cuando se somete a condiciones normales de carga y uso. (Zhang et al., 2021)

Distribución de cargas

Dispersar eficientemente las cargas es crucial para mantener la estabilidad y longevidad del pavimento, ya que evita la acumulación de tensiones que pueden provocar deformaciones tempranas o roturas estructurales en la vía. (García, 2023)

Resistencia a la deformación

La resistencia a la deformación en el hormigón flexible se refiere a la capacidad del pavimento para soportar deformaciones persistentes o hundimientos resultantes de cargas de tráfico frecuentes y condiciones climáticas fluctuantes. La resistencia especificada es esencial para preservar la estabilidad estructural y la eficacia operativa de pavimentos flexibles, como el hormigón asfáltico, durante un período prolongado. La alta resistencia a la fluencia del pavimento garantiza su capacidad para soportar las cargas del tráfico sin deformaciones excesivas, evitando así la aparición de baches, fisuras o cualquier otra forma de deterioro prematuro. Por tanto, la capacidad de soportar la deformación es una característica crucial y muy deseada en el diseño y construcción de pavimentos flexibles para garantizar su longevidad y buena funcionalidad. (Farfan Gonzales & Huaquía Díaz, 2021)

Fatiga del pavimento

La fatiga del pavimento es la degradación gradual de la superficie de la carretera causada por la aplicación repetida de fuerzas dinámicas, como los vehículos que pasan sobre ella. Esta degradación es un fenómeno continuo y progresivo, que se caracteriza



principalmente por la aparición de fisuras superficiales, fisuras por fatiga y una disminución de la solidez estructural del pavimento. (Ruiz, 2021)

La fatiga del pavimento es causada por los ciclos de carga repetitivos que sufre la estructura de la carretera durante un período de tiempo. Los ciclos de carga repetitivos inducen tensiones cíclicas en el pavimento, lo que lleva al desarrollo y propagación de fracturas en la capa de rodadura y otras capas del pavimento. Con el tiempo, estas fisuras pueden expandirse y proliferar, presentando un peligro para la resiliencia y longevidad del pavimento.

Varios factores, como el volumen de tráfico, la velocidad de los vehículos, la calidad del material y las condiciones climáticas, pueden afectar potencialmente la velocidad a la que se deteriora el pavimento. La fatiga es la principal causa del deterioro de los pavimentos flexibles y es crucial controlarla eficazmente para prolongar la vida útil y garantizar la eficiencia de la infraestructura vial.

2.2.1.4 Materiales utilizados en el pavimento flexible

Los materiales utilizados en el pavimento flexible son los constituyentes empleados en la construcción de los distintos niveles de la estructura vial flexible. El proceso de construcción de pavimento implica el uso de asfalto o mezcla asfáltica para la capa superior, mientras que las capas media e inferior consisten en agregados de piedra como grava y piedra triturada. Además, se incluyen geosintéticos, componentes estabilizadores y aditivos para mejorar las características y el desempeño del pavimento. Los materiales se eligen y utilizan cuidadosamente para garantizar la naturaleza duradera, resistente y adaptable del pavimento durante toda su vida útil. (Baque Solis, 2020)

Asfalto

Los materiales utilizados en el pavimento flexible son los componentes utilizados para construir las diferentes capas de la estructura vial flexible. Los materiales utilizados

en la construcción de pavimentos comprenden asfalto o mezcla asfáltica para la capa superior, agregados pétreos como grava y piedra triturada para las capas media e inferior, además de geosintéticos, componentes estabilizadores y aditivos para aumentar las características y desempeño del pavimento. acera. La selección y utilización de materiales se realiza meticulosamente para asegurar la durabilidad, longevidad y flexibilidad del pavimento durante toda su existencia. (Bobadilla Peña et al., 2022)

Agregados pétreos

Los áridos pétreos, independientemente de su origen (natural o manufacturado), son minerales inorgánicos que desempeñan un papel crucial en la fabricación de hormigón y otros materiales de construcción. Estos materiales son esenciales en la industria de la construcción y se utilizan en diversas aplicaciones, como la fabricación de hormigón para edificios, carreteras y proyectos de excavación. (Montero et al., 2022)

Los agregados de piedra suelen estar compuestos de grava, arena, piedra triturada, escoria y grava. La elección y aplicación de estos materiales se basa en sus características físicas, químicas y mecánicas, así como en los requerimientos específicos del proyecto constructivo. Los áridos pétreos deben ajustarse a rigurosos estándares de calidad y requisitos técnicos exactos para garantizar la durabilidad y robustez de las estructuras construidas con ellos.

2.2.1.5 Diseño y construcción de pavimento flexible

La creación de pavimentos flexibles implica desarrollar un plan detallado para colocar capas de materiales flexibles, como asfalto u hormigón asfáltico, sobre una base adecuada. Este enfoque considera varios factores, como el tráfico proyectado, las condiciones meteorológicas locales, la composición del suelo y los requisitos de durabilidad y protección. La construcción de estos pavimentos implica la colocación y compresión cuidadosa e intencionada de capas de materiales, siguiendo normas y



requisitos técnicos particulares. Esto garantiza la estabilidad, longevidad y posicionamiento preciso del pavimento. (Vega & Cahuana, 2021)

El diseño y construcción de pavimentos flexibles es una tarea compleja que requiere una selección meticulosa de materiales y técnicas de construcción precisas para lograr un pavimento de durabilidad y longevidad excepcionales. A continuación, se muestra una explicación detallada de este procedimiento: Los pavimentos flexibles se diseñan de acuerdo con estándares técnicos y de ingeniería, teniendo en cuenta factores como el tráfico previsto, las características del suelo, las condiciones climáticas y las cargas de diseño. El diseño de pavimentos flexibles se realiza mediante el empleo de técnicas y modelos de análisis estructural, que facilitan el cálculo del espesor y composición de cada capa del pavimento, así como la distribución de materiales y características constructivas. El proceso de elección de materiales para la construcción de pavimentos flexibles implica el uso de muchos elementos, incluidas capas de base, subbases, subrasantes, capas de rodadura y capas de sellado o tratamientos superficiales. Los materiales utilizados deben cumplir estándares científicos específicos con respecto a la distribución del tamaño de las partículas, la durabilidad, la vida útil y la capacidad de mejorar el drenaje. La preparación de la subrasante implica las actividades de nivelación y compactación del suelo existente antes de comenzar la construcción del pavimento. Este proceso se lleva a cabo con el fin de establecer una base robusta y duradera para el pavimento. La construcción de las capas de base y subbase implica el uso de materiales granulares, como grava, piedra triturada o material de cantera triturado. Las capas se disponen y compactan metódicamente para alcanzar la densidad necesaria y una sólida capacidad de carga. La instalación de la capa de rodadura implica establecer con precisión el posicionamiento preciso de la capa superior del pavimento. Esta capa está diseñada específicamente para soportar altos niveles de actividad del pie y proporcionar una superficie para correr estable y agradable. La capa puede estar compuesta de asfalto, hormigón asfáltico o sustancias comparables. La compactación es una etapa esencial en el proceso de construcción donde cada capa del pavimento se tritura para lograr la densidad y resistencia estructural ideales. La



compactación se logra empleando maquinaria especializada, como compactadores de rodillos vibratorios, compactadores de placa o compactadores neumáticos. El aseguramiento de la calidad (QA) implica la realización de pruebas en diferentes fases de la construcción para garantizar que los materiales y las técnicas de construcción cumplan con los requisitos de diseño especificados. Este trabajo consiste en evaluar la densidad, durabilidad y uniformidad del pavimento. En resumen, el proceso de diseño y construcción de pavimentos flexibles es un procedimiento complejo que implica la selección meticulosa de materiales, la preparación minuciosa del sitio y la aplicación de técnicas de construcción precisas para garantizar la creación de un pavimento de alta calidad con una larga vida útil.

Métodos de diseño

Hay múltiples métodos disponibles para construir pavimentos flexibles, cada uno con sus propios procedimientos y criterios para determinar las características apropiadas del pavimento. Los métodos comúnmente utilizados incluyen:

- El Instituto Indio de Investigación de Carreteras (IRC) ha ideado el método del Índice de servicio en carreteras (IRC) para garantizar un alto nivel de servicio durante un período de tiempo designado. La técnica emplea muchas variables, incluido el recuento de tráfico, la calidad del suelo, las condiciones climáticas y otras, para determinar el espesor de diferentes capas de pavimento.
- El método AASHTO, ideado por la Asociación Estadounidense de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte, tiene en cuenta muchos elementos como los patrones de tráfico, la composición del suelo y las condiciones climáticas. Sin embargo, emplea una estrategia más prudente en comparación con la técnica IRC. Realiza evaluaciones exhaustivas de varios factores de diseño, como la resistencia al desgaste, la integridad estructural contra la fatiga del material y la capacidad para soportar la presión del suelo, para determinar el espesor más adecuado para las capas de pavimento.



- El Método M-E (Mecánico-Empírico) es una metodología que combina principios mecánicos y datos empíricos para determinar el espesor de las capas de pavimento. Los modelos empleados se derivan de un análisis matemático y estadístico integral de datos obtenidos de experimentos de campo y de laboratorio. El método M-E se utiliza comúnmente en proyectos de investigación y diseño de pavimentos avanzados.
- El Método del Espesor Mínimo del Pavimento (MMP) es una metodología empleada para determinar el espesor mínimo del pavimento requerido para garantizar su integridad estructural y longevidad. Es beneficioso en situaciones que exigen soluciones de diseño rápidas y rentables; sin embargo, puede no ser tan preciso como otros métodos más complejos.

Estos ejemplos ilustran una gama limitada de técnicas de diseño de pavimentos flexibles que se utilizan con frecuencia en escenarios del mundo real. Cada metodología tiene sus propias ventajas y limitaciones, y la selección del enfoque más apropiado depende de factores como la disponibilidad de datos, los objetivos del proyecto y las condiciones individuales del sitio.

Proceso constructivo

El proceso de construcción de pavimento flexible implica una serie de operaciones y actividades necesarias para la instalación y desarrollo de un sistema de pavimento flexible. Esta estructura frecuentemente consta de numerosas capas de materiales que están diseñados específicamente para soportar cargas y ofrecer una superficie de rodadura estable y duradera. Esta metodología tiene varias etapas, que pueden diferir según los requisitos del proyecto y las circunstancias del sitio. (Garzón Reina & Hernández Méndez, 2018)



- La preparación del terreno comprende las tareas de excavación y nivelación del terreno, así como la eliminación de plantas, rocas u otras obstrucciones que puedan impedir la construcción del pavimento.
- La subrasante es la capa de suelo, ya sea presente de forma natural o excavada, que se prepara y se coloca debajo del pavimento. Luego se coloca y compacta la base, que consta de materiales como grava, piedra triturada o suelo estabilizado, para establecer una superficie estable y consistente para el pavimento.
- La instalación de capas de pavimento implica la colocación de capas flexibles, incluyendo la base granular, la subbase, la capa asfáltica y la capa de rodadura. Cada capa se coloca estratégicamente según las especificaciones de diseño y se compacta cuidadosamente para garantizar la resistencia y vida útil prolongada del pavimento.
- Compactación y acabado: Después de la colocación de todas las capas de pavimento, se realiza una operación de compactación para mejorar la densidad y resistencia del pavimento. A continuación, se lleva a cabo la etapa final del procedimiento de terminación, que puede implicar la acción de alisar la superficie y agregar los tratamientos de sellado o acabado superficial necesarios.
- El control de calidad implica la realización de inspecciones y pruebas en diversas etapas del proceso de construcción para garantizar que el pavimento cumpla con los requisitos de diseño especificados y las normas de construcción pertinentes.

La construcción de pavimento flexible implica un proceso paso a paso que comienza con la preparación del sitio y termina con la colocación y finalización del pavimento. El objetivo principal es crear una superficie segura y duradera para la circulación de vehículos y personas.

2.2.2 Pavimento con geomallas multiaxiales

Un pavimento de geomalla multiaxial es una forma específica de pavimento que incorpora geomallas hechas de fibras sintéticas colocadas en muchas orientaciones para mejorar las propiedades mecánicas del pavimento. Estas geomallas multiaxiales se colocan dentro de capas de material de pavimentación, como una base o subbase granular, para mejorar la resistencia a la deformación, distribuir equitativamente las cargas y promover la estabilidad del pavimento. Este tipo específico de pavimento se usa comúnmente en proyectos de ingeniería civil y construcción de carreteras para mejorar la durabilidad y vida útil del pavimento, especialmente en áreas con suelos inestables o volúmenes de tráfico pesado. (Cuicapuza Taipe, 2022)

2.2.2.1 Introducción al pavimento con geomallas multiaxiales

Para comprender la introducción al pavimento de geomalla multiaxial, es esencial comprender la idea fundamental de utilizar estas estructuras de refuerzo en el diseño de pavimentos para mejorar su rendimiento y longevidad. Las geomallas multiaxiales son geo sintéticos compuestos de fibras sintéticas estrechamente entrelazadas en muchas direcciones, lo que proporciona una resistencia significativa tanto en la orientación longitudinal como en la transversal. (Díaz Cepeda, 2021)

Esta novedosa metodología en ingeniería de pavimentos tiene como objetivo abordar las dificultades relacionadas con la capacidad portante del suelo, la distribución de tensiones y la resistencia a la deformación, particularmente en regiones con suelos menos estables o expuestos a cargas sustanciales.

La utilización de geomallas multiaxiales en el diseño de pavimentos facilita la dispersión uniforme de las cargas del tráfico a través de la estructura del pavimento, mitigando así la probabilidad de deformaciones y mejorando su durabilidad. Además, estas geomallas tienen el poder de mejorar la capacidad de carga del suelo subyacente, proporcionar estabilidad al suelo y reducir la aparición de grietas y fisuras en la superficie del pavimento.

Desarrollo y aplicaciones en ingeniería vial

La utilización de geomallas multiaxiales en ingeniería vial implica el análisis, planificación e implementación de estas estructuras de refuerzo en la construcción de carreteras y pavimentos con el objetivo de mejorar su efectividad y longevidad. Las geomallas multiaxiales son geo sintéticos formados por fibras sintéticas densamente entrelazadas en varias direcciones, lo que les proporciona una resistencia excepcional y la capacidad de distribuir uniformemente las tensiones del tráfico a lo largo de la estructura del pavimento. (Espinoza Pocomucha, 2021)

La ingeniería de carreteras utiliza geomallas multiaxiales para varios propósitos, tales como:

- El refuerzo de la subrasante implica la inserción de geomallas multiaxiales entre capas de suelo para mejorar la capacidad de carga de la subrasante y estabilizar el suelo. Este método es particularmente ventajoso en regiones con suelos menos confiables o en situaciones en las que se esperan pesos significativos.
- Capacidad de carga mejorada: las geomallas multiaxiales optimizan la distribución de las cargas del tráfico, lo que resulta en una mayor capacidad de los pavimentos para soportar mayores cargas. Esto permite el desarrollo de estructuras más ágiles manteniendo su funcionalidad.

2.2.2.2 Propiedades y características de las geomallas multiaxiales

Las geomallas multiaxiales son geo sintéticos diseñados con el propósito específico de proporcionar refuerzo y estabilización en diversas aplicaciones geotécnicas y de ingeniería civil. A continuación, se detallan sus atributos y cualidades, La mayoría de las geomallas multiaxiales están compuestas principalmente de fibras sintéticas, como polipropileno, poliéster o polietileno de alta densidad. El proceso de producción implica entrelazar estas fibras en múltiples orientaciones (longitudinal, transversal y diagonal) para formar una estructura tridimensional resistente. (Justiniano Cancha, 2022)



Una característica notable de las geomallas multiaxiales es su notable flexibilidad en todas las direcciones. Gracias a su adaptabilidad, pueden adaptarse a las características únicas del terreno y distribuir uniformemente el peso por toda la estructura del suelo o pavimento.

- Las geomallas multiaxiales exhiben una notable resistencia a la tracción y al desgarramiento, lo que les permite soportar cargas y presiones significativas sin sufrir deformaciones ni fracturas. La resistencia es esencial ya que cumple una función fundamental en la mejora de las aplicaciones geotécnicas y de pavimentos.
- La durabilidad de las geomallas multiaxiales es notable debido a su composición de fibras sintéticas de alta calidad, que proporciona una extraordinaria resistencia a la degradación causada por factores ambientales adversos como la radiación UV, la humedad y los productos químicos del suelo.
- La estabilidad dimensional se refiere a la capacidad de las geomallas multiaxiales para mantener su forma y tamaño originales, incluso cuando se exponen a cargas sustanciales y diferentes condiciones del suelo. La estabilidad dimensional del producto garantiza un rendimiento fiable y constante durante todo su ciclo de vida.
- Comodidad de instalación: las geomallas multiaxiales se pueden ajustar y ensamblar sin esfuerzo en el sitio durante la construcción. Estos materiales poseen una maleabilidad notable y pueden moldearse y esculpirse fácilmente para ajustarse a los parámetros del proyecto. Además, estos paneles se pueden interconectar mediante el uso de soldadura o grapado para formar estructuras más grandes y expansivas, si es necesario.
- Compatibilidad: Las geomallas multiaxiales se pueden utilizar de manera eficiente con una amplia variedad de materiales de construcción, como suelos granulares, geotextiles, geo compuestos y capas de asfalto. Esto los hace adecuados para su uso en una amplia variedad de aplicaciones geotécnicas y de pavimentos.

En resumen, las geomallas multiaxiales son geo sintéticos que tienen una amplia gama de usos y son altamente efectivos debido a su combinación de flexibilidad, resistencia, durabilidad y estabilidad dimensional. Esta característica los convierte en la opción preferida para una amplia gama de aplicaciones de ingeniería civil y geotécnica.

Estructura tridimensional

Una estructura tridimensional es una entidad o sistema físico que posee dimensiones discernibles y cuantificables en términos de largo, ancho y alto. Una estructura tridimensional es una entidad tangible que ocupa un espacio físico y se compone de componentes con distintas medidas en términos de largo, ancho y alto, dando lugar a una forma y volumen distintivos. (Troya Castillo & Alejandra, 2024)

Las estructuras tridimensionales exhiben una amplia gama de formas y disposiciones, que van desde formas geométricas básicas como cubos, esferas y cilindros, hasta intrincados diseños arquitectónicos, sistemas mecánicos y formas biológicas vistas en la naturaleza.

En los ámbitos de la ingeniería y el diseño, una comprensión integral de la configuración tridimensional de un objeto o sistema es crucial para una planificación, análisis y construcción eficientes. Esta capacidad cognitiva permite la visualización y comprensión de las interconexiones entre varios componentes en un entorno tridimensional. El dominio de la medición espacial tridimensional es particularmente crucial en campos como la arquitectura, la ingeniería civil, la ingeniería mecánica y la animación por computadora, donde se trata de cosas y sistemas que poseen mediciones en tres dimensiones espaciales.

Resistencia a la tracción y deformación

La capacidad del pavimento para soportar cargas de tráfico y preservar su integridad estructural a lo largo del tiempo está fuertemente influenciada por sus

características de resistencia a la tracción y deformación. A continuación, se muestran las definiciones exactas de cada elemento individual. (Troya Castillo & Alejandra, 2024)

La deformación del pavimento, a menudo conocida como ahuellamiento, denota las alteraciones duraderas en la forma o composición que ocurren cuando el pavimento está constantemente sujeto a las tensiones inducidas por el movimiento vehicular. Este proceso puede manifestarse como hundimientos, deformaciones plásticas o deformaciones elásticas en las capas del pavimento. La capacidad del pavimento para resistir la deformación es crucial para garantizar su estabilidad y consistencia en el tiempo, reduciendo así la aparición de problemas como baches e irregularidades que puedan poner en riesgo la seguridad y el confort del tránsito vehicular.

Interacción suelo-geomalla

La interacción entre el suelo y la geomalla es un elemento crucial en el diseño e implementación de sistemas de refuerzo geotécnico. Las geomallas se utilizan para mejorar la estabilidad y resiliencia de suelos o estructuras geotécnicas ofreciendo refuerzo. (Kari Benites & Olortegui Herrera, 2019)

- **Transferencia de carga:** La geomalla facilita la propagación de las fuerzas ejercidas sobre la superficie del suelo a lo largo de toda su estructura. Este enfoque promueve la distribución equitativa de cargas y mitiga las tensiones del suelo, disminuyendo así la probabilidad de deformaciones o fallas sustanciales.
- **El confinamiento del suelo** implica el uso de una geomalla para contener o restringir el suelo, mejorando así su capacidad para resistir el desplazamiento lateral. Las geomallas son especialmente ventajosas en suelos granulares debido a su capacidad para proporcionar un mejor confinamiento, lo que resulta en un aumento notable en la resistencia al corte y la estabilidad.



- La geomalla mejora la capacidad del suelo para resistir el deslizamiento al aumentar la fricción entre diferentes capas de suelo y reforzar la resistencia del suelo a las fuerzas cortantes.
- La geomalla puede mitigar la erosión del suelo al mejorar la estabilidad y cohesividad del suelo, particularmente en regiones caracterizadas por pendientes pronunciadas o susceptibles a la erosión hídrica.
- La correlación entre el suelo y la geomalla es compleja y depende de varios elementos, incluidas las características del suelo y la geomalla, las circunstancias de carga y los atributos del sitio. Comprender la interacción entre estos componentes es crucial para desarrollar tácticas de refuerzo eficientes y duraderas.

2.2.2.3 Aplicaciones en pavimentación

Las geomallas se utilizan en pavimentos para mejorar la resistencia y eficacia de la estructura del pavimento al incluir estos geo sintéticos en el proceso de construcción de carreteras y pavimentos. Las geomallas están ubicadas estratégicamente dentro de las distintas capas de pavimento, como la subbase y la base, para dispersar equitativamente el peso del tráfico, minimizar la deformación y mejorar la resistencia al desgaste y al conformado. Fracturas. Esta estrategia mejora la longevidad del pavimento, disminuye los gastos asociados con el mantenimiento continuo y mejora la seguridad y comodidad de los usuarios de la vía. (Chavez Vergara, 2018)

Refuerzo de suelos blandos

El refuerzo de suelo blando es un método utilizado para fortalecer y estabilizar el suelo que tiene una capacidad restringida para soportar peso, generalmente porque es débil y se comprime fácilmente. Esta estrategia se implementa mediante el empleo de técnicas y materiales especializados que están diseñados específicamente para mejorar las propiedades del suelo, como su capacidad para soportar la compresión y soportar

cargas sustanciales. El principal objetivo del refuerzo de suelo blando es establecer una base más robusta y estable que pueda soportar cargas estructurales sin experimentar deformaciones excesivas o asentamientos no deseados. Esta estrategia emplea muchas técnicas, entre ellas la compactación del suelo, la incorporación de elementos estructurales, la inyección de sustancias estabilizadoras y la utilización de geosintéticos como geomallas o geotextiles. Garantizar la estabilidad de suelos inherentemente inestables es crucial en la construcción de infraestructura, como carreteras, trenes, aeropuertos y cimientos de edificios, para garantizar la seguridad y la longevidad de los proyectos en terrenos desafiantes. (Díaz Cepeda, 2021)

Estabilización de terraplenes

La estabilización de terraplenes es un método utilizado en la construcción de carreteras, ferrocarriles, presas y otros proyectos de ingeniería civil para mejorar la resistencia y estabilidad de los terraplenes. Estos terraplenes son montículos de tierra creados artificialmente y construidos para ofrecer soporte estructural o actuar como plataformas para el tránsito. (Angulo Roldan & Zavaleta Papa, 2021)

La mejora del suelo es un proceso que emplea varios métodos y sustancias para mejorar las características del suelo, como su capacidad de carga y resistencia a la erosión. El objetivo es reducir los casos de sedimentación excesiva, deslizamientos de tierra o fallas estructurales. Las técnicas típicas para estabilizar terraplenes implican compactar el suelo, emplear materiales granulares, implementar sistemas de drenaje para controlar la humedad y utilizar geo sintéticos como geotextiles o geomallas para mejorar la estabilidad del suelo.

Uso en capas de pavimento

La colocación de capas de pavimento es un proceso metódico que implica la colocación y explotación de múltiples capas de materiales designados sobre una base de

suelo adecuadamente preparada. El objetivo es crear una superficie de rodadura resistente y duradera para carreteras, calles o cualquier otra infraestructura de transporte. Cada estrato de pavimento tiene una función específica en términos de ofrecer refuerzo estructural, reducir la deformación, ayudar al drenaje del agua y mejorar el confort de conducción. La disposición habitual de las capas sigue un orden secuencial, comenzando desde abajo y avanzando hacia arriba. (Zambrano Mesa et al., 2020)

- La subbase es una capa que se sitúa directamente encima de la subrasante. Consiste en materiales granulares o sólidos y proporciona integridad estructural adicional mientras distribuye uniformemente el peso del tráfico.
- La base es una capa ubicada justo encima de la subbase. Por lo general, se compone de materiales granulares densos y de alta calidad. La función principal de la base es soportar la carga del tráfico y establecer una superficie firme y uniforme para la capa superior.
- El estrato superior del pavimento, conocido como capa de desgaste, está formado por materiales asfálticos (para pavimentos flexibles) u hormigón (para pavimentos rígidos). El principal objetivo de la superficie es resistir el contacto directo con los automóviles y proporcionar una experiencia de conducción suave y segura. Durable.

2.2.2.4 Diseño y construcción de pavimento con geomallas multiaxiales

La utilización de geomallas multiaxiales en ingeniería civil implica emplearlas para mejorar la longevidad y resiliencia de pavimentos rígidos y flexibles durante las fases de diseño y construcción. La construcción del pavimento incorpora una geomalla multiaxial, que es una red compleja de materiales sintéticos interconectados en múltiples direcciones. Este método se emplea para estabilizar el suelo debajo de la carretera, distribuir uniformemente la carga de los vehículos y evitar la deformación y fractura del pavimento.



- Evaluación del sitio y análisis del suelo: Se realiza una evaluación integral del lugar donde se construirá el pavimento. Esto implica evaluar las propiedades del suelo, incluida su composición, densidad, capacidad de carga e identificar cualquier factor geotécnico adverso que pueda afectar la estabilidad del pavimento.
- Este diseño implica la identificación de la forma y características de la geomalla multiaxial, así como la selección de materiales de pavimentación adecuados (como asfalto u hormigón) y su correspondiente espesor.
- Antes de instalar la geomalla, se prepara la superficie del suelo quitando cualquier material suelto, compactando el suelo debajo y nivelando la base para crear una plataforma estable y consistente para el pavimento.
- Para instalar la geomalla multiaxial es imprescindible colocarla encima de la base preparada y fijarla de forma segura mediante anclajes o grapas. La geomalla funciona como una capa de refuerzo que dispersa uniformemente las cargas del tráfico por todo el pavimento, disminuyendo así la probabilidad de deformaciones y grietas.
- El procedimiento de aplicación del pavimento implica la instalación de una geomalla, la cual posteriormente se recubre con el material de pavimento. La elección entre asfalto y hormigón está determinada por la necesidad de flexibilidad o rigidez del pavimento, respectivamente. El material se distribuye y comprime uniformemente para crear una superficie elegante y consistente.
- Compactación y acabado: Finalmente se tritura el pavimento para garantizar la suficiente densidad y resistencia. Para mejorar la durabilidad y resistencia del pavimento frente a condiciones climáticas severas, es posible aplicar capas adicionales de selladores o revestimientos protectores.

La utilización de geomallas multiaxiales en el diseño y construcción de pavimentos tiene numerosos beneficios, como una mayor resistencia a la fatiga y la deformación, una

distribución equitativa de las cargas de los vehículos, una vida útil prolongada del pavimento y menores gastos de mantenimiento a largo plazo. Una explicación o descripción concisa de un concepto o término.

Consideraciones de diseño

Al diseñar y construir pavimentos con geomallas multiaxiales, es esencial considerar varios factores para garantizar el rendimiento óptimo y la longevidad del pavimento. (Vega & Cahuana, 2021)

- Realizar un examen exhaustivo del suelo y de los parámetros del sitio es crucial para evaluar con precisión el lugar donde se construirá el pavimento. Se trata de evaluar la capacidad del suelo para soportar peso, la existencia de agua subterránea, la expansión del suelo, la presencia de arcilla que se expande u otros elementos geológicos que puedan impactar la durabilidad del pavimento.
- Elegir la geomalla adecuada es crucial. Es importante seleccionar una geomalla multiaxial que tenga las cualidades mecánicas exactas que coincidan con las condiciones del sitio y las demandas de carga del pavimento. Esto implica evaluar las características de la geomalla, como su resistencia a la tracción, rigidez, alargamiento y durabilidad.
- El diseño estructural del pavimento debe realizarse utilizando enfoques de ingeniería adecuados, considerando la capacidad de carga de tráfico prevista, el tipo y espesor del material de pavimentación y la distribución de carga sobre la geomalla.
- El pavimento debe tener el espesor suficiente para soportar la carga del tráfico y distribuirla eficazmente por toda la geomalla. Es importante tener en cuenta el tipo y peso específico de los vehículos que utilizarán la vía, así como las características climáticas y de drenaje predominantes en la zona.

- Antes de instalar la geomalla, es fundamental preparar adecuadamente la base del pavimento. Estas actividades pueden implicar comprimir el suelo, alisar la superficie y eliminar restos o plantas sueltas.
- Para garantizar la estabilidad de la base del pavimento, es fundamental fijar correctamente la geomalla multiaxial mediante anclajes o grapas adecuadas. Esto garantiza que la geomalla permanezca posicionada de forma segura tanto durante la construcción como durante el uso del pavimento.
- Es fundamental asegurar que la geomalla sea compatible y se adhiera exitosamente al material de pavimentación elegido, como asfalto u hormigón, para lograr una adecuada integración estructural.
- El control y monitoreo de calidad son esenciales durante el proceso de construcción para verificar que el pavimento esté construido de acuerdo con las especificaciones de diseño y cumpla con los estándares de calidad y seguridad requeridos.

Al incorporar estos componentes en el diseño y construcción de pavimentos de geomallas multiaxiales, se puede mejorar enormemente la durabilidad, vida útil y eficiencia del pavimento, lo que lleva a un sistema de transporte más seguro y confiable.

Proceso constructivo

El proceso de construcción de pavimentos utilizando geomallas multiaxiales involucra una serie de pasos, comenzando con la preparación del sitio y terminando con la finalización del pavimento. (Qiao et al., 2020)

- La preparación del sitio implica la limpieza de basura y garantizar la nivelación del terreno en el área designada para la construcción del pavimento. El procedimiento implica la eliminación de impedimentos y sustancias no deseadas, seguido de una



excavación si es necesario, para producir una base robusta y estable para la construcción.

- Se realiza un estudio geotécnico para evaluar las cualidades y propiedades específicas del suelo. Estos datos se emplean para generar un diseño de pavimento inicial, que abarca la elección de materiales y características fundamentales.
- Se desarrolla un diseño estructural integral del pavimento, incorporando los resultados de la investigación del suelo y el diseño inicial. Esto implica examinar los distintos atributos de la geomalla multiaxial, incluido su tipo y tamaño, y al mismo tiempo evaluar el espesor y la composición del material de pavimentación.
- Adquisición de materiales: Se obtienen los materiales necesarios para la construcción del pavimento, incluida la geomalla multiaxial, los materiales de pavimentación (como asfalto u hormigón) y los equipos y herramientas adecuados.
- La instalación de la geomalla multiaxial consiste en posicionarla sobre la superficie previamente preparada y fijarla mediante anclajes o grapas. Verifica que la geomalla esté colocada y nivelada con precisión para garantizar un soporte uniforme para el pavimento.
- La utilización del material de pavimentación implica el proceso de distribuirlo y comprimirlo sobre la geomalla mediante técnicas adecuadas. Esto puede requerir la disposición de capas fundamentales y subyacentes, junto con la instalación del pavimento final.
- Compactación y acabado: Una vez aplicado el material de pavimentación se procede a la compactación para asegurar una superficie uniforme y duradera. Según sea necesario, se pueden aplicar terapias adicionales, como selladores o revestimientos protectores.
- Pruebas y control de calidad: Se realizan pruebas de calidad en cada etapa de la construcción para garantizar que el pavimento cumpla con los estándares y especificaciones de diseño. Esto puede implicar realizar pruebas para determinar

la densidad, resistencia y adhesividad del pavimento, además de examinarlo visualmente para detectar posibles imperfecciones.

- Puesta en marcha y mantenimiento: Una vez finalizada la fase de construcción, el pavimento queda listo para su puesta en servicio. Se establece un programa de mantenimiento continuo para asegurar la durabilidad y eficiencia del pavimento a largo plazo, que puede incluir reparaciones menores, sellado de grietas y refuerzo periódico con geomalla.

El uso de geomallas multiaxiales en la construcción garantiza el desarrollo de pavimentos robustos y duraderos, mejorando así la seguridad y confiabilidad de la infraestructura vial.

2.2.2.5 Ventajas y desventajas del pavimento con geomallas multiaxiales

El pavimento de geomalla multiaxial ofrece multitud de beneficios. Mejora la resiliencia y estabilidad del pavimento de la carretera, distribuye uniformemente la carga de los vehículos, permite reducir el espesor de la carretera, extiende la vida útil de la carretera y se adapta a diversas condiciones del suelo. Las desventajas de utilizar pavimento de geomalla multiaxial incluyen costos iniciales más altos, la necesidad de un diseño y ejecución especializados, la posibilidad de mantenimiento regular y la vulnerabilidad a las malas condiciones climáticas. (Díaz Cepeda, 2021)

Beneficios en términos de durabilidad y resistencia

- Longevidad mejorada: las geomallas multiaxiales facilitan la distribución uniforme de la carga del tráfico a través del pavimento, minimizando así la acumulación de tensión y daños en el material. Como resultado, esto conduce a una mayor resistencia y a una menor probabilidad de agrietamiento inducido por fatiga durante un período de tiempo.



- Al incorporar geomallas multiaxiales al pavimento, es factible disminuir la deformación permanente, también conocida como deformación plástica o deformación acumulativa, resultante del tránsito repetido. Esto contribuye a la preservación de la durabilidad y consistencia del pavimento durante un período prolongado.
- La integración de geomallas multiaxiales en el pavimento mejora su capacidad para soportar las tensiones ejercidas por los vehículos y las variaciones en las condiciones del suelo, mejorando así su integridad estructural. Como resultado, esto conduce a una mayor durabilidad y estabilidad del pavimento, disminuyendo así la probabilidad de hundimientos desiguales o deformaciones no deseadas.
- Reducción de la contracción térmica y del agrietamiento por contracción: las geomallas multiaxiales tienen la capacidad de atenuar los impactos de la contracción y expansión térmica del pavimento, reduciendo así la incidencia de la contracción térmica y las fracturas por contracción. Esto es particularmente ventajoso en regiones caracterizadas por fluctuaciones climáticas sustanciales y erráticas.
- El uso de geomallas multiaxiales para reforzar el pavimento mejora su durabilidad y, por tanto, aumenta su vida útil. Esto puede dar como resultado importantes reducciones de costos a largo plazo en términos de mantenimiento y reparaciones, así como una mejora general en la calidad y seguridad de la infraestructura vial.

Limitaciones y desafíos técnicos

- Un inconveniente de los pavimentos de geomallas multiaxiales es su mayor costo inicial, que excede los gastos asociados con los procesos de pavimentación ordinarios. Esto puede dificultar su viabilidad en proyectos con recursos financieros limitados.



- Requisitos de diseño especializado: la incorporación de geomallas multiaxiales en el diseño de pavimentos requiere un conocimiento profundo y experiencia práctica en ingeniería geotécnica y de pavimentos. Esto tiene la capacidad de aumentar la complejidad de la tarea y requiere la participación de expertos competentes.
- El mantenimiento regular es esencial para garantizar el mejor rendimiento posible de los pavimentos de geomallas multiaxiales, a pesar de su vida útil más larga en comparación con los pavimentos típicos. Estas actividades implican la realización de reparaciones menores, reparación de fracturas y refuerzo mediante geomalla.
- Las condiciones climáticas severas podrían aumentar la susceptibilidad de las geomallas multiaxiales a una degradación prematura o una eficacia disminuida. Esto es particularmente cierto en áreas caracterizadas por temperaturas extraordinariamente altas o bajas. Esto puede tener un impacto sustancial en la longevidad y eficacia del pavimento durante un período prolongado.
- Al evaluar la idoneidad de una geomalla multiaxial para la construcción de pavimentos, es crucial considerar su compatibilidad con diversos materiales. Es fundamental asegurar que la geomalla y el material de pavimentación, como asfalto, hormigón o cualquier otro material utilizado en el pavimento, sean compatibles. La incompatibilidad puede potencialmente socavar la integridad estructural del pavimento.
- Para la instalación de pavimentos mediante geomallas multiaxiales es necesaria una evaluación integral de la calidad y un riguroso proceso de control de la construcción. Es crucial asegurar que la construcción cumpla con los parámetros de diseño y mantenga la integridad del pavimento. Esto podría suponer un obstáculo en obras complejas o en proyectos de gran escala.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Capa asfáltica

La capa asfáltica es un constituyente del pavimento constituido por una mezcla de áridos y asfalto bituminoso. Las carreteras y calles se construyen con una base sólida para proporcionar un pavimento duradero y resistente. Esta capa presenta una notable flexibilidad y resistencia ante los esfuerzos ejercidos por los vehículos, así como capacidad para soportar condiciones climáticas adversas. La tecnología de superposición de asfalto se utiliza comúnmente en pavimentos flexibles y desempeña un papel crucial en la protección y prolongación de la vida útil de la infraestructura vial. (Mego Vásquez, 2023)

2.3.2 Capa de rodadura

La capa de rodadura es la capa superior de un pavimento que interactúa directamente con el tráfico vehicular. Esta capa está diseñada específicamente para soportar el peso de las ruedas del vehículo y proporcionar una superficie de rodadura estable y agradable para los usuarios de la carretera. La capa de rodadura suele consistir en materiales resilientes, como asfalto, hormigón u otros materiales diseñados específicamente para superficies de carreteras. Además, tiene el potencial de integrar partículas diminutas para mejorar la adherencia y aumentar la tracción. La capa de rodadura es esencial para la funcionalidad y seguridad del pavimento, ya que protege las capas subyacentes de la estructura del pavimento y proporciona una tracción adecuada a los neumáticos de los automóviles. (Lubo Gómez & Martínez Giraldo, 2019)

2.3.3 Geomallas

Las geomallas son construcciones geotécnicas tridimensionales compuestas de polímeros duraderos, que son materiales sintéticos. Estas construcciones consisten en una intrincada red de hilos entrelazados que están alineados en diferentes orientaciones, lo que da como resultado cualidades de resistencia y estabilidad. Las geomallas se utilizan

principalmente en ingeniería civil para mejorar la resistencia del suelo, reforzar la estabilidad de taludes y muros de contención y fortalecer los pavimentos proporcionando soporte adicional a las capas de suelo o pavimento. Esta estrategia mejora la capacidad de soportar cargas sustanciales, disminuye la deformación y prolonga la vida útil de las construcciones geotécnicas. (Vásquez Agip, 2020)

2.3.4 Multiaxiales

Las geomallas multiaxiales son formaciones geotécnicas intrincadas compuestas de filamentos sintéticos entrelazados en diferentes orientaciones. La forma distintiva de estas geomallas les confiere extraordinarias propiedades mecánicas que superan las de las geomallas uniaxiales convencionales. Las geomallas se emplean para mejorar y salvaguardar suelos, estructuras de contención y pavimentos. Proporcionan soporte adicional en varias orientaciones, mejorando la capacidad de soportar peso, resistir tensiones y aumentar la vida útil de las estructuras geotécnicas. (Foti et al., 2023)

2.3.5 Pavimentos

Los pavimentos son superficies artificiales que se superponen a la tierra natural de una carretera, calle o cualquier otro lugar por donde circulan los automóviles. Estas superficies están diseñadas específicamente para soportar el peso y el movimiento de los automóviles y, al mismo tiempo, ofrecen un entorno seguro y agradable para caminar para las personas. Los pavimentos se construyen con diversos materiales, incluido asfalto, hormigón, adoquines u otros materiales designados. La construcción de estas estructuras implica la incorporación de varios niveles, comprendiendo una base primaria, una base secundaria y un estrato concluyente. Los pavimentos se diseñan y construyen cuidadosamente, considerando variables como el volumen de tráfico, las condiciones climáticas y la calidad del suelo, para garantizar su durabilidad y funcionalidad a largo plazo. (Zambrano Mesa et al., 2020)



2.3.6 Pavimentos flexibles

Los pavimentos flexibles son un tipo especializado de superficie de carretera comúnmente empleado en autopistas y otras rutas de tráfico. Su composición consiste principalmente en múltiples capas de materiales flexibles, como asfalto, que se colocan sobre una base de tierra compactada. La existencia de estas capas flexibles permite que el pavimento cambie de forma cuando se expone al peso de los vehículos, distribuyendo así las fuerzas uniformemente por toda la estructura del pavimento y adaptándose a cualquier anomalía en el suelo debajo. Los pavimentos flexibles son muy valorados por su capacidad para absorber el impacto del tráfico y adaptarse a pequeños cambios del terreno, lo que los hace ideales para zonas con suelos expansivos o cambios importantes de temperatura. (Tello-Cifuentes et al., 2021)



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación

El diseño no experimental, también conocido como diseño observacional o diseño correlacional, es una metodología de investigación en la que el investigador se abstiene deliberadamente de manipular variables independientes. En cambio, las variables se observan y documentan en su condición original, después de lo cual se analizan sus correlaciones o relaciones. Esta metodología de diseño se utiliza para investigar fenómenos en su entorno nativo, sin ningún tipo de interferencia. (Antaurco Vega, 2019)

El presente trabajo de investigación vendrá a ser de diseño **no experimental** por que estará centrada en contestar problemáticas físicas de la población, por ende, esta investigación buscara identificar las distintas problemáticas y saber cuáles serán los motivos.

3.2 Métodos de la investigación

El método de investigación experimental implica la manipulación de variables bajo condiciones controladas para observar sus efectos en otros elementos del estudio. En el ámbito de la ingeniería civil, este método permite evaluar cómo distintas técnicas de construcción o materiales impactan el rendimiento de las infraestructuras (Torres &



Ramírez, 2019). A través de este enfoque, se busca obtener resultados cuantificables y repetibles, que faciliten la comprensión de las relaciones entre las variables manipuladas.

El método de investigación empleado en este estudio será de tipo experimental. Se llevará a cabo un análisis controlado comparando pavimentos flexibles con y sin el uso de geomallas multiaxiales. Este enfoque permitirá manipular variables específicas relacionadas con el tipo de pavimento y evaluar su comportamiento bajo condiciones similares. A través de la recolección de datos obtenidos en campo y laboratorio, se podrán medir parámetros como la deformación, la capacidad portante y la durabilidad de los pavimentos. Este método es esencial para determinar los beneficios estructurales y de rendimiento que las geomallas multiaxiales ofrecen en la carretera de estudio.

3.3 Tipo de la investigación

La investigación cuantitativa se enfoca en la recolección y análisis de datos numéricos con el fin de establecer relaciones estadísticas entre las variables estudiadas. Este tipo de investigación es ampliamente utilizado en proyectos que requieren mediciones precisas y objetivas para obtener resultados verificables, como los estudios en el área de infraestructura vial (Gómez & Fernández, 2020).

El tipo de investigación que se llevará a cabo es cuantitativo, dado que se trabajará con datos medibles y observables, tales como los índices de deformación, la resistencia a la fatiga y la vida útil del pavimento. El uso de instrumentos de medición estandarizados permitirá recopilar datos numéricos que serán analizados estadísticamente para comparar el comportamiento de los pavimentos flexibles con y sin la incorporación de geomallas. Este enfoque cuantitativo es adecuado para obtener resultados objetivos y verificables, que sustenten la comparación técnica.

3.4 Nivel de la investigación

La investigación explicativa tiene como objetivo principal determinar las causas detrás de un fenómeno específico, buscando no solo describirlo, sino también comprender el "por qué" y "cómo" ocurre. Este nivel de investigación es particularmente útil en proyectos que pretenden establecer relaciones de causalidad entre variables técnicas, como es el caso de la interacción entre el uso de geomallas y el comportamiento de pavimentos (López & Medina, 2021).

El nivel de investigación de este estudio es explicativo, ya que no solo se pretende describir las diferencias entre pavimentos flexibles, sino también explicar las causas subyacentes que hacen que el uso de geomallas multiaxiales mejore o modifique las características estructurales del pavimento. El análisis busca establecer relaciones de causa y efecto, identificando cómo el uso de geomallas impacta en el desempeño del pavimento, y proporcionando una base sólida para la recomendación de su uso en futuros proyectos de infraestructura.

3.5 Población y muestra de la investigación

3.5.1 Población

La población de un estudio se refiere al conjunto total de elementos o individuos que comparten ciertas características relevantes para la investigación. En el contexto de las investigaciones geotécnicas o de pavimentación, la población generalmente se refiere a las carreteras o sectores específicos que serán objeto de análisis (Martínez & Vargas, 2018). Esta delimitación permite obtener datos representativos del contexto estudiado.

La población de estudio abarca los pavimentos flexibles implementados en la carretera Jantha Huencalla, en el distrito de Platería. Este sector fue seleccionado por las características geográficas y de tránsito que presenta, las cuales son representativas para evaluar la eficacia de las geomallas en pavimentos sometidos a diferentes condiciones de



carga y clima. La elección de esta carretera permitirá obtener resultados aplicables a otras vías de similar naturaleza y entorno.

3.5.2 Muestra

La muestra es una parte representativa de la población, seleccionada cuidadosamente para reflejar las características del grupo total. En investigaciones de pavimentación, las muestras suelen ser segmentos o tramos de carretera que cumplen con ciertos criterios homogéneos, lo que permite obtener resultados que puedan generalizarse a toda la infraestructura (Herrera & Cruz, 2017).

La muestra estará compuesta por varios tramos de pavimento flexible, tanto con la inclusión de geomallas multiaxiales como sin ellas, dentro de la carretera Jantha Huencalla. Los tramos serán seleccionados de manera estratégica, abarcando sectores con características homogéneas en términos de carga vehicular y condiciones ambientales, lo que garantizará que los datos obtenidos sean representativos y comparables. Además, se tomarán muestras de distintos puntos del pavimento para realizar pruebas de resistencia, deformación y fatiga en laboratorio.

3.6 Técnicas e instrumentos de investigación

3.6.1 Técnicas de recolección de datos

La selección de una técnica adecuada depende del tipo de estudio y del tipo de datos que se necesitan, ya que un método incorrecto puede comprometer la validez y la fiabilidad de los resultados obtenidos. En el ámbito de la ingeniería, estas técnicas suelen incluir la recolección de datos experimentales en campo y laboratorio para garantizar la precisión y representatividad de los resultados (Pérez & Morales, 2020).

La técnica empleada fue:

- Observación
- Realización de ensayos en laboratorio



- Diversas técnicas de observación documental
- Codificación de calicatas
- Codificación de vehículos

3.6.2 Instrumentos de recolección de datos investigación

Los instrumentos de recopilación de datos de investigación son las herramientas o técnicas utilizadas para recoger información relevante en un estudio científico o de investigación. Estos instrumentos consisten en muchos enfoques de recogida de datos, como encuestas, cuestionarios, entrevistas estructuradas o semiestructuradas, observaciones, pruebas y otros métodos. El objetivo principal es obtener datos fiables y precisos para abordar las preguntas de la investigación y alcanzar los objetivos del estudio. (Mendoza & Avila, 2020)

Los instrumentos para este estudio son:

- Artículos y libros
- Fotografías
- Normativa AASHTO
- Fichas técnicas
- Libros de pavimentos MTC
- Lista de conteo vehicular
- Lista de control
- Control de especímenes

3.7 Validación y confiabilidad del instrumento

3.7.1 Validación de los instrumentos

La validación de instrumentos es un proceso fundamental dentro de cualquier investigación, ya que asegura que los métodos y herramientas utilizados para recopilar datos sean confiables, precisos y adecuados para el contexto del estudio. Este procedimiento evalúa si el instrumento mide lo que realmente pretende medir y si los



resultados que genera son consistentes y replicables a lo largo del tiempo. En investigaciones cuantitativas, la validación puede involucrar pruebas estadísticas para determinar la validez de contenido, que examina si los ítems cubren completamente el fenómeno en cuestión; la validez de constructo, que verifica si el instrumento refleja el concepto teórico que se pretende medir; y la validez criterial, que compara los resultados del instrumento con otros ya validados para comprobar su eficacia.

Además, la validación también implica la verificación de la confiabilidad del instrumento, es decir, su capacidad para producir resultados consistentes cuando se aplica repetidamente bajo condiciones similares. Esto se puede evaluar mediante el uso de pruebas de consistencia interna, como el coeficiente de Cronbach, o pruebas de estabilidad, como la prueba-reprueba.

En el ámbito de la ingeniería o las ciencias aplicadas, este proceso es crucial, ya que la precisión de los datos obtenidos influye directamente en la toma de decisiones técnicas y en la validez de los hallazgos. Un instrumento no validado puede llevar a conclusiones erróneas y comprometer el éxito de un proyecto de investigación (González & Martínez, 2019).

3.7.2 Confiabilidad de instrumentos

Se refiere al requisito de que los resultados derivados de una muestra específica utilizando un dispositivo de medición designado muestren coherencia en múltiples repeticiones. (Andrade Ruiz, 2019)

3.8 Plan de recolección y procesamiento de datos

3.8.1 Procedimiento del desarrollo de plan de investigación

✿ Búsqueda de información

La búsqueda de información es un proceso sistemático mediante el cual se recopilan datos y conocimientos de diversas fuentes con el fin de satisfacer una necesidad específica de información o de resolver un problema de investigación. Este proceso involucra identificar, seleccionar y evaluar fuentes confiables, que pueden incluir artículos científicos, libros, bases de datos especializadas, reportes técnicos, entre otros recursos. Para asegurar la calidad de la información obtenida, es fundamental utilizar herramientas y plataformas que proporcionen acceso a fuentes validadas y académicamente aceptadas.

La búsqueda de información se realiza a través de estrategias de consulta que incluyen el uso de palabras clave, operadores booleanos, filtros de búsqueda y la revisión crítica del material encontrado. Es un paso esencial en cualquier investigación, ya que establece el fundamento teórico y el contexto necesario para desarrollar un análisis riguroso y bien sustentado. Además, permite identificar brechas en el conocimiento, sobre las cuales se pueden desarrollar nuevas hipótesis o enfoques de estudio.

En áreas como la ingeniería o las ciencias aplicadas, el acceso a fuentes actualizadas y relevantes es crucial para mantenerse al tanto de los avances tecnológicos y metodológicos. La búsqueda eficiente y exhaustiva de información garantiza que la investigación esté basada en datos precisos y actuales (López & García, 2021).

3.8.2 Etapa de campo

A continuación, se detallan los protocolos de campo preliminares del estudio:

a. Observación

Se llevó a cabo un examen exhaustivo para examinar y verificar adecuadamente el estado existente de la carretera. Además, la tarea implica determinar la posición exacta en la que se contabilizaron los vehículos. Este enfoque se basa en un análisis exhaustivo de nuestra área específica de interés, a saber, las carreteras asfaltadas.

El segundo es un formulario de informe que se utilizará para analizar los datos recopilados. Además, solicitamos asesoramiento a empresas de renombre, como TRIAX,



que nos proporcionaron datos exhaustivos sobre los atributos, requisitos previos, proyectos anteriores y ventajas específicas de los distintos sistemas de geomallas. Además, empleamos el proceso tradicional de la AASHTO para el diseño de pavimentos. Desarrollaremos una ilustración de la aplicación en tres etapas consecutivas, tal y como se define a continuación:

- Se calculará según metodología AASHTO
- Medir el nuevo espesor de capas empleando mallas multiaxiales triax
- Cuantificar la disminución de espesor del pavimento

b. Instrumentos

En nuestro trabajo de investigación tendremos que hacer uso de las siguientes métodos guías e instrumentos.

Guía de observación directa

Esta tecnología se seleccionó por su capacidad para recoger datos vitales y, al mismo tiempo, permitir la observación y la recogida de información para la enumeración de vehículos. Esto agilizaría el análisis del tráfico de vehículos y el cálculo de la tasa media anual de automóviles.

Instrumentos que utilizamos

Cuestionario no estructurado y ficha de resumen

- **Una encuesta no estructurada** es una herramienta utilizada para recopilar información, consistente en un conjunto de preguntas abiertas o algo abiertas. Se permite a los participantes ofrecer respuestas sin limitaciones predeterminadas sobre las opciones o el formato de sus respuestas. Esto facilita un examen exhaustivo de los temas, ya que los individuos tienen la capacidad de articular sus puntos de vista, encuentros y opiniones de forma amplia e intrincada.



- **Una ficha de síntesis** es un documento conciso que reúne y combina información pertinente sobre un tema determinado. El material puede contener información crucial, datos específicos relevantes, referencias significativas o versiones condensadas de publicaciones más extensas. Las fichas de síntesis son instrumentos muy útiles para organizar y presentar eficazmente la información de forma breve y sencilla, facilitando su rápida comprensión y la consulta sin esfuerzo.

Formato MTC (clasificación vehicular)

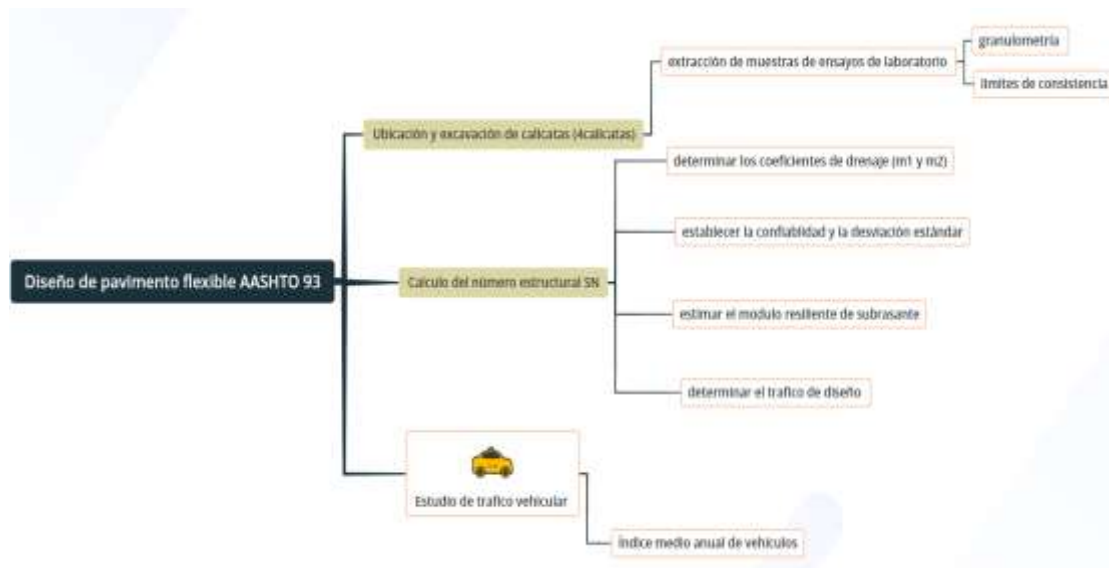
El Formato MTC, abreviatura de Ministerio de Transportes y Comunicaciones, es un documento empleado para la categorización de automóviles en algunos países, particularmente en Perú. El sistema ofrece datos completos sobre los vehículos matriculados, abarcando detalles como el fabricante, el modelo, el año de fabricación y el tipo de combustible, junto con otra información relevante. Las autoridades de tráfico utilizan este formato para garantizar un registro actualizado de los vehículos en circulación y a efectos de regulación e inspección.

3.8.3 Análisis de información

El procedimiento de análisis de la información es una metodología metódica y exhaustiva empleada para evaluar y comprender los datos recogidos en un estudio o investigación. Esta metodología consta de múltiples etapas, que abarcan la organización de los datos, el uso de técnicas estadísticas o cualitativas pertinentes, la identificación de patrones o tendencias.

Figura 1

Mapa conceptual del procedimiento experimental



Estudio de tráfico vehicular

La investigación comenzó con la recogida de datos, lo que implicó la instalación de una estación de estudio o recuento en un lugar designado de la ruta, elegido en función de su índice de seguridad. Posteriormente, iniciamos el proceso de documentación de las diversas categorías y cantidades de automóviles que circulaban en ambas direcciones. Registramos diligentemente el momento preciso en que cada vehículo pasaba por la estación designada.

Figura 2

Formato de conteo vehicular



**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA		KM 021+000 al 046+000				ESTACION		PLATERIA	
SENTIDO		JANTHA	E ←	HUENCALLA	S →	CODIGO DE LA ESTACION		PLATERIA	
UBICACION		PLATERIA				DIA Y FECHA		10	NOVIEMBRE 2023
DIA		LUNES							

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			BUS		CAMION				SEMI TRAYLER				TRAYLER		
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
00-01		2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02		1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03		3	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04		4	2	2	0	3	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	0	1	1
04-05		4	0	3	0	2	0	0	0	3	1	0	1	1	1	1	1	1	1
05-06		5	2	5	1	3	1	1	0	2	1	1	1	1	0	0	0	0	0
06-07		6	3	2	2	1	2	2	1	2	0	1	2	2	1	1	1	2	1
07-08		6	4	3	0	4	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
08-09		10	3	5	1	5	0	1	2	2	1	0	1	0	1	0	1	1	0
09-10		12	5	4	3	2	2	2	1	3	0	0	2	0	1	0	1	2	0
10-11		9	3	6	1	3	0	0	0	4	0	1	0	1	2	1	1	2	1
11-12		10	5	3	0	4	1	2	0	3	0	1	1	2	0	2	0	1	2
12-13		9	4	2	0	1	0	2	0	5	1	1	2	0	1	1	0	1	2
13-14		8	2	8	1	3	2	0	0	2	1	0	2	1	1	1	0	0	0
14-15		12	2	8	2	2	1	0	1	3	1	0	2	1	2	2	1	2	3
15-16		8	3	4	0	3	1	0	1	2	0	1	2	1	0	1	3	2	0
16-17		10	2	6	0	1	0	2	0	4	1	1	0	0	1	2	0	0	2
17-18		7	1	4	0	3	0	1	0	2	1	0	2	0	2	0	0	0	1
18-19		6	3	3	0	2	0	2	0	1	2	0	0	1	0	1	0	1	0
19-20		5	4	2	2	5	1	1	0	1	1	1	2	0	2	0	1	0	0
20-21		4	4	7	0	3	0	2	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0
21-22		3	5	6	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	2	0	0
22-23		5	3	5	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24		2	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARCIAL:		151	61	96	15	54	11	18	7	43	13	10	21	13	17	15	13	18	13
ENCUESTADOR:						JEFE DE BRIGADA:				ING. RESPONS.:				SUPERV. MTC:					

Estudio de suelos

El análisis granulométrico, que consiste en tamizar el suelo para identificar su tipo, puede revelar las distribuciones, proporciones y tamaños de los constituyentes del suelo. Tanto la SUCS como la AASHTO han clasificado este suelo como SP y A-3, respectivamente, basándose en pruebas de laboratorio que verificaron que se trata de un suelo arcilloso. Los resultados se ilustran gráficamente en las curvas de distribución granulométrica que se describen. Estas curvas miden el porcentaje de paso en el eje y el diámetro de las partículas en el eje x.



administrando 25 impactos con un pistón metálico en una trayectoria circular. Este procedimiento logró eficazmente el nivel de compactación deseado. Posteriormente, el ensayo Proctor se pesó junto con su porcentaje de humedad asociado, lo que permitió calcular su contenido de humedad.

CBR

CBR es el acrónimo de "California Bearing Ratio". Es una métrica utilizada en ingeniería civil e ingeniería geotécnica para evaluar la capacidad de carga comparativa de un suelo. El CBR se determina comparando la resistencia del suelo a la penetración con la de un material de referencia, normalmente roca triturada. Es un factor esencial para determinar el diseño y evaluar la capacidad del suelo para soportar cargas de tráfico en la construcción de pavimentos.

Diseño de pavimento flexible método AASHTO

El enfoque de la AASHTO para la construcción de pavimentos adaptables implica la evaluación meticulosa de numerosos procesos y escenarios. Este enfoque utiliza un sistema de ecuaciones y variables que tienen en cuenta parámetros como la carga de tráfico, las propiedades del suelo, las características del material de pavimentación y otros elementos relacionados con el comportamiento del firme. En el párrafo siguiente se ofrece un breve resumen del proceso general de construcción de firmes flexibles utilizando la metodología de la AASHTO:

- La evaluación del tráfico implica la valoración del volumen y los atributos del tráfico que utilizará la ruta, abarcando la cantidad y las categorías de vehículos, las cargas por eje y la distribución temporal del tráfico.
- La caracterización del suelo implica la realización de pruebas de laboratorio para evaluar las cualidades mecánicas del suelo, como su resistencia al corte y su



capacidad portante. Estas características son esenciales para el diseño de los pavimentos.

- La elección de los materiales para la subbase, la base y la superficie del firme se basa en sus cualidades y en su capacidad para soportar las cargas de tráfico previstas.
- Para determinar los espesores, es necesario emplear las fórmulas y factores especificados por la AASHTO. Estas fórmulas se utilizan para determinar el espesor requerido para cada estrato del pavimento. Esta estimación garantiza que el pavimento tiene la capacidad de soportar el peso del tráfico y proporcionar una duración de uso suficiente.
- Validación del drenaje: La evaluación afirma que el sistema de drenaje del pavimento es adecuado para mitigar los problemas causados por la humedad y prolongar la vida útil del pavimento.
- El pavimento se somete a un examen estructural para confirmar que cumple las normas de resistencia y durabilidad establecidas por la AASHTO.
- Se realiza una evaluación económica para determinar la solución de pavimentación más rentable que cumpla los requisitos de diseño y durabilidad.

esta investigación ofrece un análisis exhaustivo y meticuloso del procedimiento de creación de pavimentos flexibles mediante la técnica AASHTO. El planteamiento puede diferir en función de los atributos distintivos del proyecto y de las normas aplicables en la región local.

3.8.4 Etapa de gabinete

La etapa de gabinete es una fase fundamental en el proceso de investigación que consiste en la recopilación, análisis y procesamiento de información y datos en un entorno controlado, generalmente una oficina o laboratorio, lejos del campo o lugar de



experimentación directa. Durante esta etapa, el investigador organiza los datos obtenidos en fases anteriores, como los levantamientos de campo o las pruebas experimentales, para interpretarlos con mayor profundidad y elaborar conclusiones sólidas.

En esta fase se utilizan herramientas tecnológicas y software especializado que permiten analizar de manera más eficiente la información, como programas de análisis estadístico, modelado o simulación. Asimismo, la etapa de gabinete también incluye la revisión bibliográfica y la búsqueda de información complementaria que puede enriquecer el marco teórico o comparativo del estudio.

El trabajo de gabinete es crucial para integrar los datos obtenidos, compararlos con estudios previos, y formular hipótesis o modelos que sirvan para validar o refutar los resultados obtenidos en el campo. Esta etapa asegura que el análisis se realice de forma rigurosa y meticulosa, minimizando errores y proporcionando bases sólidas para la toma de decisiones técnicas o científicas (Ramírez & Sánchez, 2020).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados obtenidos de los ensayos

La zona de estudio estará desarrollada en la zona rural del distrito de Platería en los kilómetros: 021+000 al 046+000 entre los centros poblados Jantha y el centro poblado de Huencalla.

Las características de los suelos estudiados en nuestro proyecto fueron sometidos a los ensayos ya mencionados con anterioridad en el capítulo III.

4.1.1 Propiedades de los suelos del tramo estudiado

a. Propiedades físicas y mecánicas de la carretera

a.1. Porcentaje de humedad

Tabla 2

Contenido de humedad

Calicata	Muestra	Profundidad	% de Humedad
C. 1	C1 / M-1		27.1
C. 2	C2 / M-2	0.00 / 1.50	25.2
C. 3	C3 / M-3		23.2
		Promedio	25.17

La tabla presentada ofrece un análisis detallado del contenido de humedad en tres calicatas (C.1, C.2, C.3), con valores medidos a diferentes profundidades. Cada calicata

tiene una muestra asociada, designada como C1/M1, C2/M2 y C3/M3, respectivamente, representando la ubicación y la muestra específica de cada calicata.

En la calicata 1 (C.1), con una muestra C1/M1, el porcentaje de humedad registrado es del 27.1%, lo que indica un nivel relativamente alto de humedad en comparación con las otras calicatas. Esta medición se realizó en un rango de profundidad comprendido entre la superficie y 1.50 metros.

La calicata 2 (C.2), con la muestra C2/M2, muestra un contenido de humedad del 25.2%, ligeramente inferior al de la calicata 1. Esta calicata también fue medida en un rango de profundidad similar, entre 0.00 y 1.50 metros. Esta variación en la humedad puede reflejar diferencias en la composición del suelo o en la capacidad de retención de agua en esa área específica.

La calicata 3 (C.3), cuya muestra es C3/M3, presenta el porcentaje más bajo de humedad, con un 23.2%, lo que sugiere una menor capacidad de retención de agua o posibles diferencias en la compactación o permeabilidad del suelo. Esta información es crucial para entender cómo se distribuye la humedad en los suelos estudiados.

Figura 4

Porcentajes de humedad de las calicatas



La imagen muestra un gráfico que representa los porcentajes de humedad obtenidos de las muestras de tres calicatas, junto con el promedio general. Cada barra representa un porcentaje de humedad asociado a una muestra específica. La calicata 1 (C3/M1) tiene el porcentaje más alto, registrando un 27.10% de humedad, lo que indica que esta muestra retiene mayor cantidad de agua en comparación con las demás.

La calicata 2 (C2/M2) muestra un porcentaje de 25.2%, que es ligeramente inferior al de la primera calicata, sugiriendo una capacidad de retención de agua intermedia. En contraste, la calicata 3 (C3/M3) tiene el porcentaje más bajo, con un 23.2%, lo que indica una menor retención de humedad en esa muestra.

Por último, se presenta el promedio general de las tres calicatas, el cual es de 25.17%, un valor representado por una barra amarilla en el gráfico. Este promedio proporciona una visión global de los niveles de humedad en el área de estudio y es útil para establecer comparaciones entre las diferentes muestras.

El gráfico permite visualizar de manera clara las variaciones en el contenido de humedad entre las calicatas, destacando las diferencias significativas en la retención de agua de cada una. Estos datos son esenciales para realizar análisis geotécnicos y estudios de suelo, en especial en proyectos de construcción donde la humedad del suelo es un factor crítico.

La figura nos enseña los porcentajes de humedad de las 3 calicatas realizadas a lo largo del estudio teniendo por consiguiente una humedad media de 25.17% de humedad en las muestras.

a.2. Granulometría de las muestras

Figura 5

Granulometría que pasa de la calicata 1

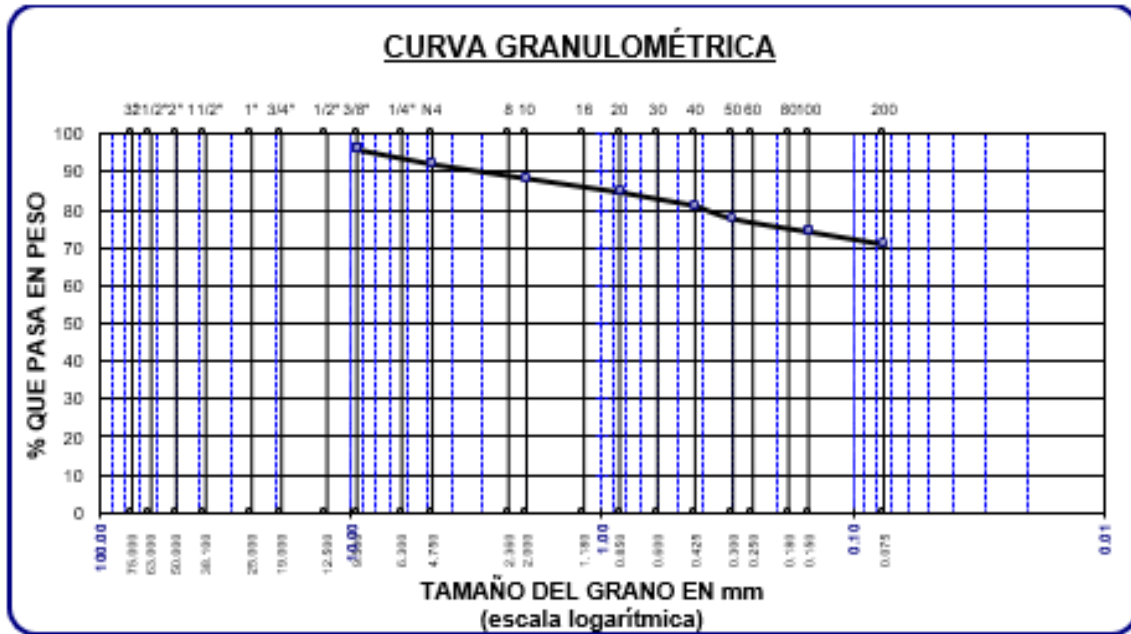


Figura 6

Granulometría que pasa de la calicata 2

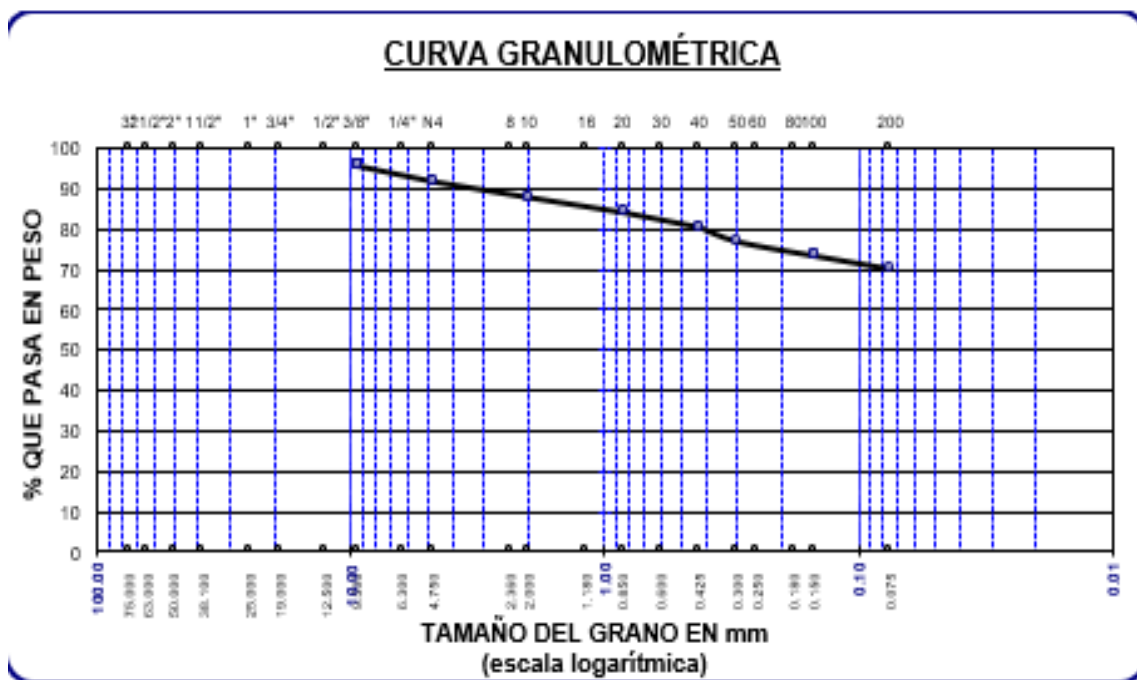
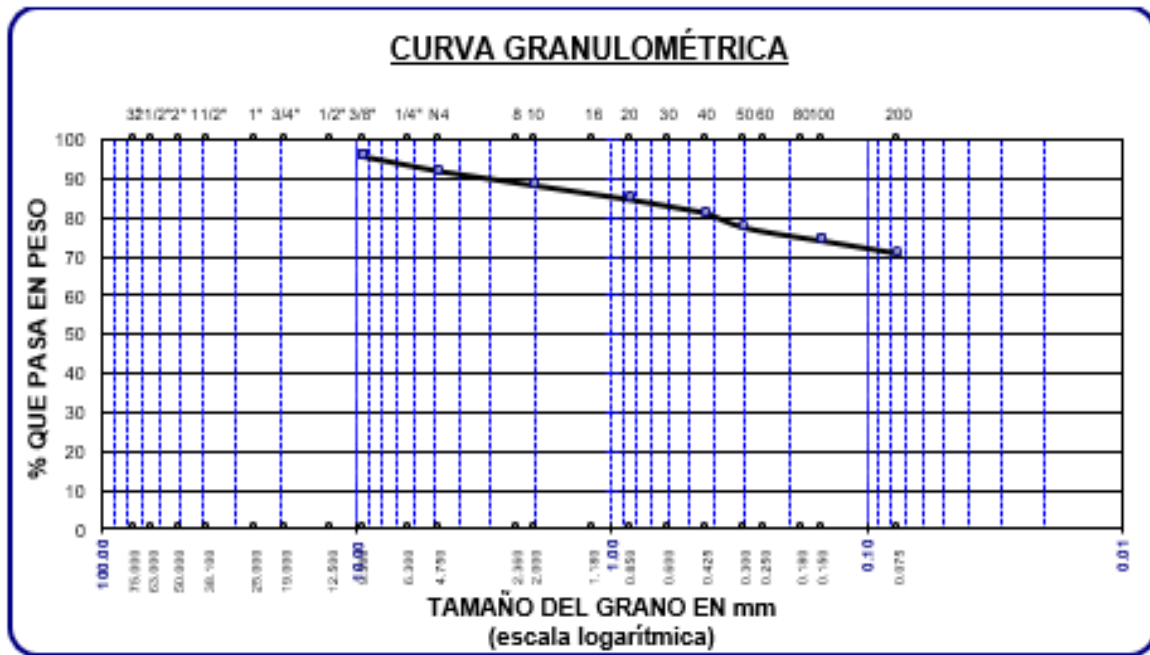


Figura 7

Granulometría que pasa de la calicata 3



a.3. Clasificación de los suelos

Tabla 3

Contenido de humedad

CLASIFICACIÓN		
AASHTO	SUCS	descripción
A-6	CH	AAP
A-6	CH	AAP
A-6	CH	AAP

El Sistema de Clasificación de Suelos de la AASHTO fue desarrollado por la Asociación Estadounidense de Funcionarios de Carreteras y Transportes (AASHTO). Funciona como una guía para clasificar suelos y mezclas de suelos y áridos, especialmente para la construcción de carreteras.

a.4. Ensayo Proctor grado de compactación

Tabla 4

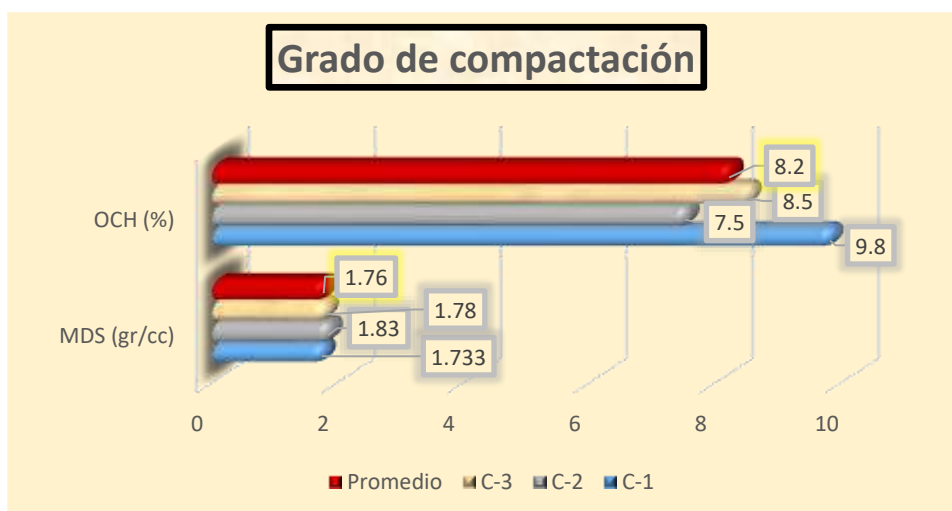
Grado de compactación de las distintas calicatas realizadas en el estudio C1/C2/C3

Grado de Compactación – Suelo de Subrasante		
Calicata	MDS (gr/cc)	OCH (%)
C.1	1.733	9.8
C.2	1.830	7.50
C.3	1.78	8.5
Promedio	1.76	8.2

- La calicata 1 de prueba tiene una densidad seca media (MDS) de 1.73 gramos por centímetro cúbico y una compactación e hidratación óptimas (OCH) de 9.8%.
- La calicata 2 de prueba tiene una densidad seca media (MDS) de 1,83 gramos por centímetro cúbico y un contenido de carbono orgánico (OCH) de 7.50%.
- La calicata de prueba tiene una densidad seca media (MDS) de 1.78 gramos por centímetro cúbico y un contenido de carbono orgánico (OCH) de 8.5%.
- Media: La densidad media de la hilera media es de 1,76 gramos por centímetro cúbico y el contenido en carbono orgánico es de 8,20%.

Figura 8

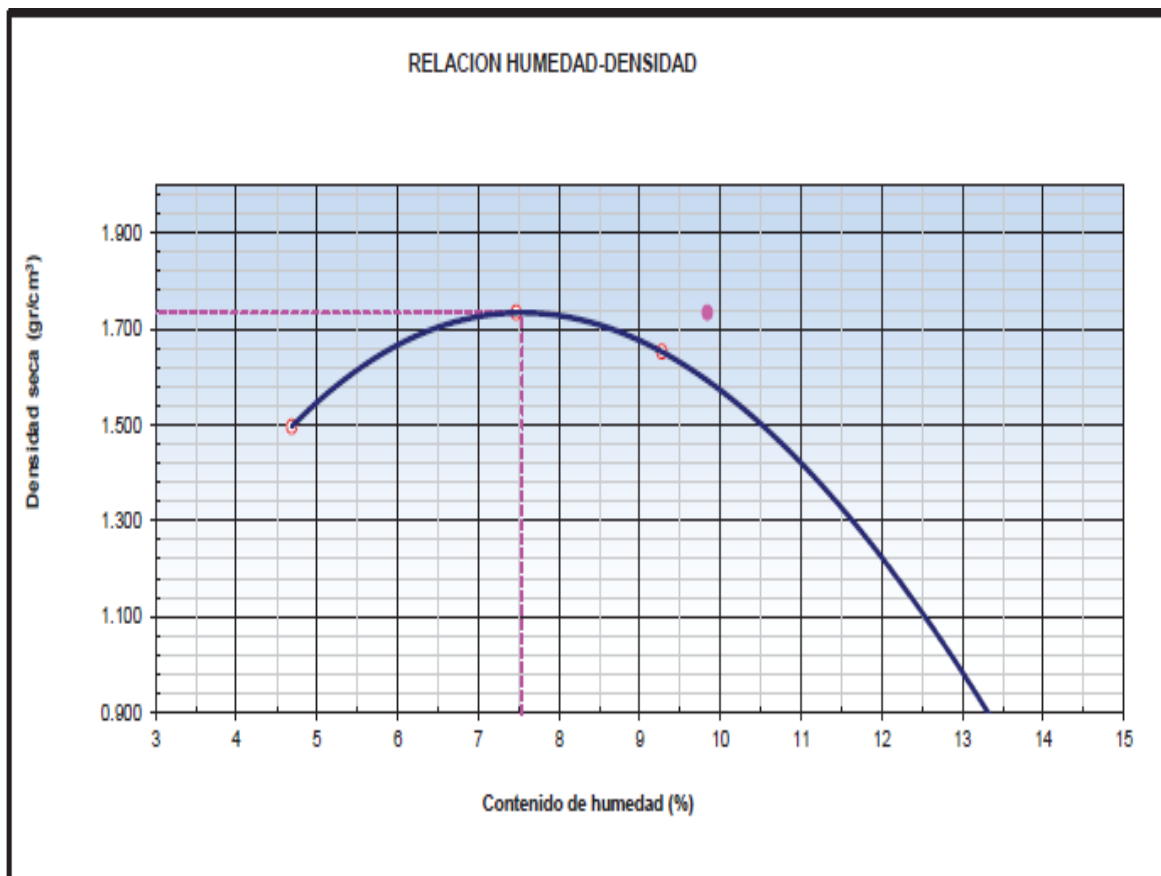
Grados de compactación de las distintas calicatas



Los grados de compactacion promedio de las distintas muestras elaboradas fueron los siguientes: la maxima densidad seca promedio de la muestra fue de 1.76gr/cc, la humedad optima promedio fue de 8.20%.

Figura 9

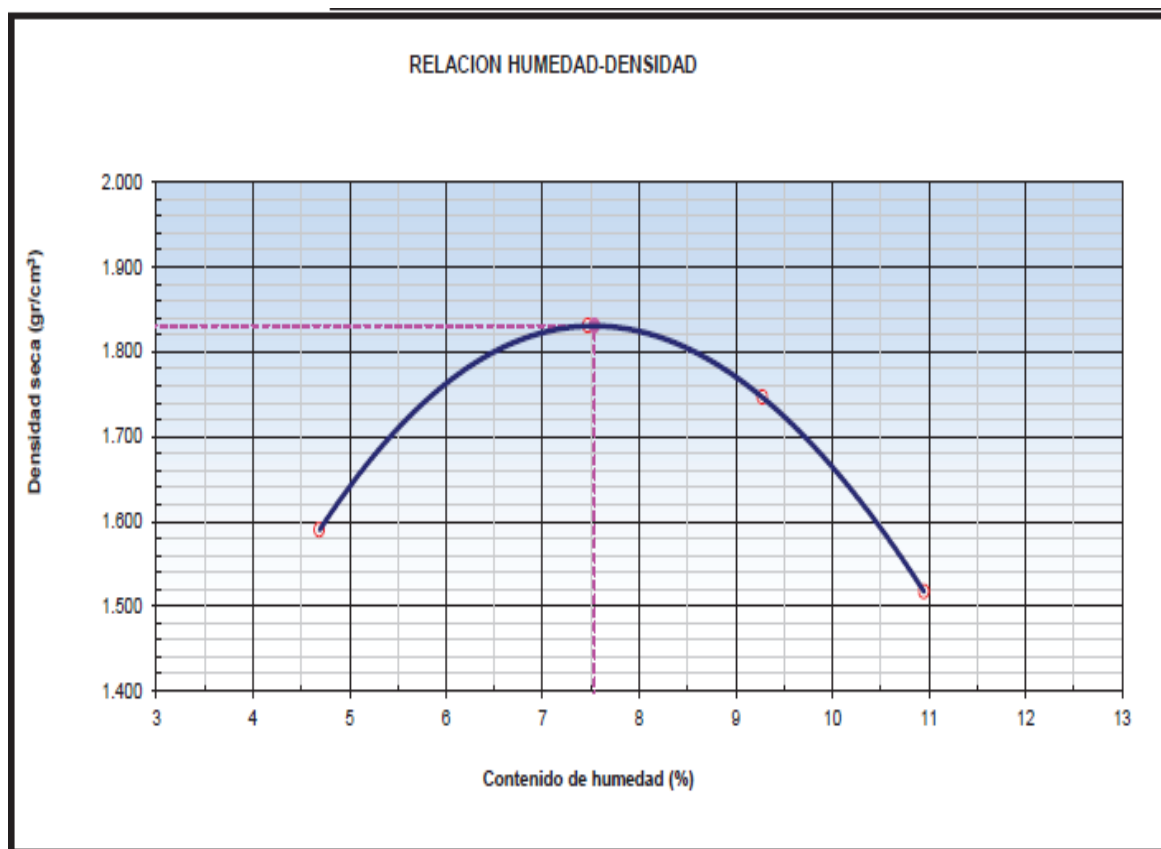
Compactaciones máximas registradas en la muestra 1 de la calicata 1



La gráfica ilustra la **relación entre el contenido de humedad** expresado en porcentaje (%) y la **densidad seca** en g/cm³, correspondiente a la muestra 1 de la calicata 1. En el eje horizontal se representa el contenido de humedad, mientras que en el eje vertical se muestra la densidad seca. A medida que el contenido de humedad aumenta, la densidad seca incrementa hasta alcanzar un punto máximo, el cual indica la **máxima compactación** obtenida en la muestra. Después de este punto, la densidad seca disminuye a medida que el contenido de humedad sigue aumentando. Este comportamiento es característico de suelos que alcanzan una **densidad óptima** en un contenido específico de humedad, más allá del cual la humedad adicional reduce la capacidad del suelo para compactarse. La curva parabólica refleja este cambio de comportamiento con claridad.

Figura 10

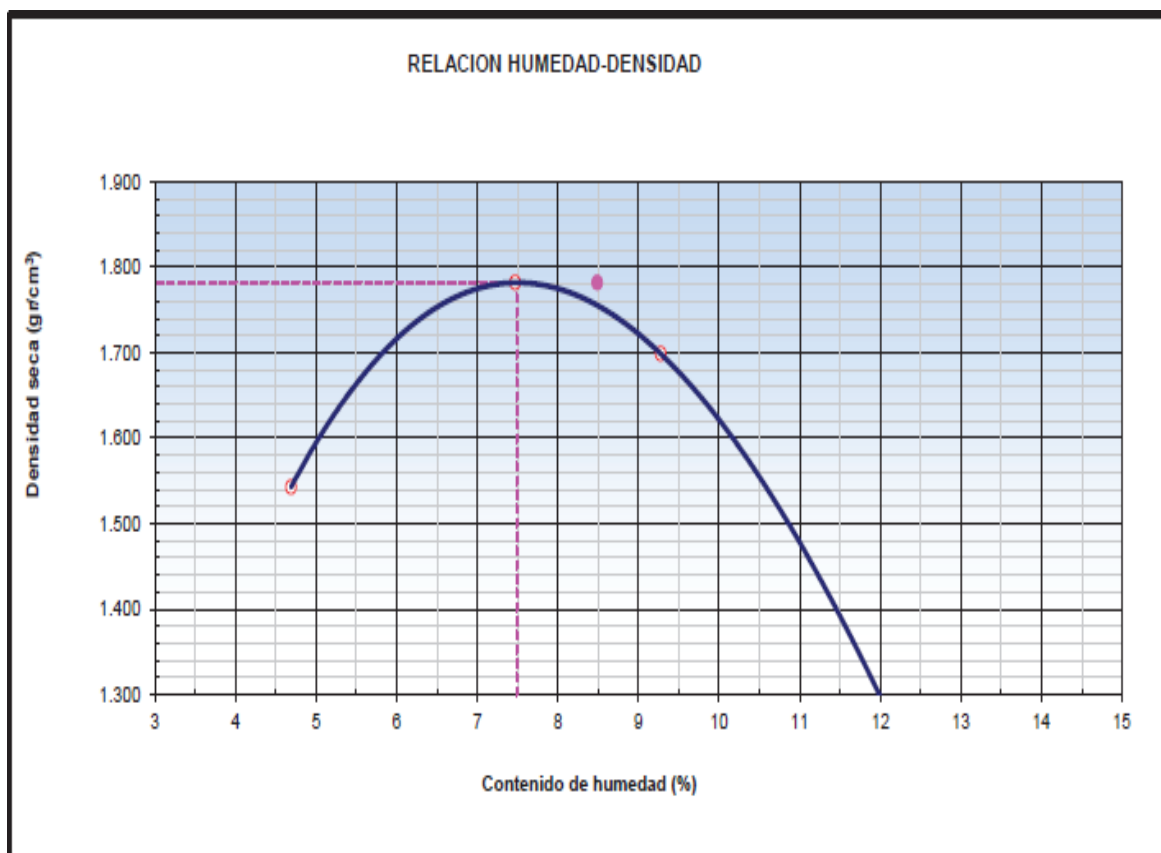
Compactaciones máximas registradas en la muestra 2 de la calicata 2



La gráfica ilustra la **relación entre el contenido de humedad** expresado en porcentaje (%) y la **densidad seca** en g/cm^3 , correspondiente a la muestra 2 de la calicata 2. En el eje horizontal se representa el contenido de humedad, mientras que en el eje vertical se muestra la densidad seca. A medida que el contenido de humedad aumenta, la densidad seca incrementa hasta alcanzar un punto máximo, el cual indica la **máxima compactación** obtenida en la muestra. Después de este punto, la densidad seca disminuye a medida que el contenido de humedad sigue aumentando. Este comportamiento es característico de suelos que alcanzan una **densidad óptima** en un contenido específico de humedad, más allá del cual la humedad adicional reduce la capacidad del suelo para compactarse. La curva parabólica refleja este cambio de comportamiento con claridad.

Figura 11

Compactaciones máximas registradas en la muestra 3 de la calicata 3



La gráfica ilustra la **relación entre el contenido de humedad** expresado en porcentaje (%) y la **densidad seca** en g/cm³, correspondiente a la muestra 3 de la calicata 3. En el eje horizontal se representa el contenido de humedad, mientras que en el eje vertical se muestra la densidad seca. A medida que el contenido de humedad aumenta, la densidad seca incrementa hasta alcanzar un punto máximo, el cual indica la **máxima compactación** obtenida en la muestra. Después de este punto, la densidad seca disminuye a medida que el contenido de humedad sigue aumentando. Este comportamiento es característico de suelos que alcanzan una **densidad óptima** en un contenido específico de humedad, más allá del cual la humedad adicional reduce la capacidad del suelo para compactarse. La curva parabólica refleja este cambio de comportamiento con claridad.

a.5. Capacidad de soporte CBR

Tabla 5

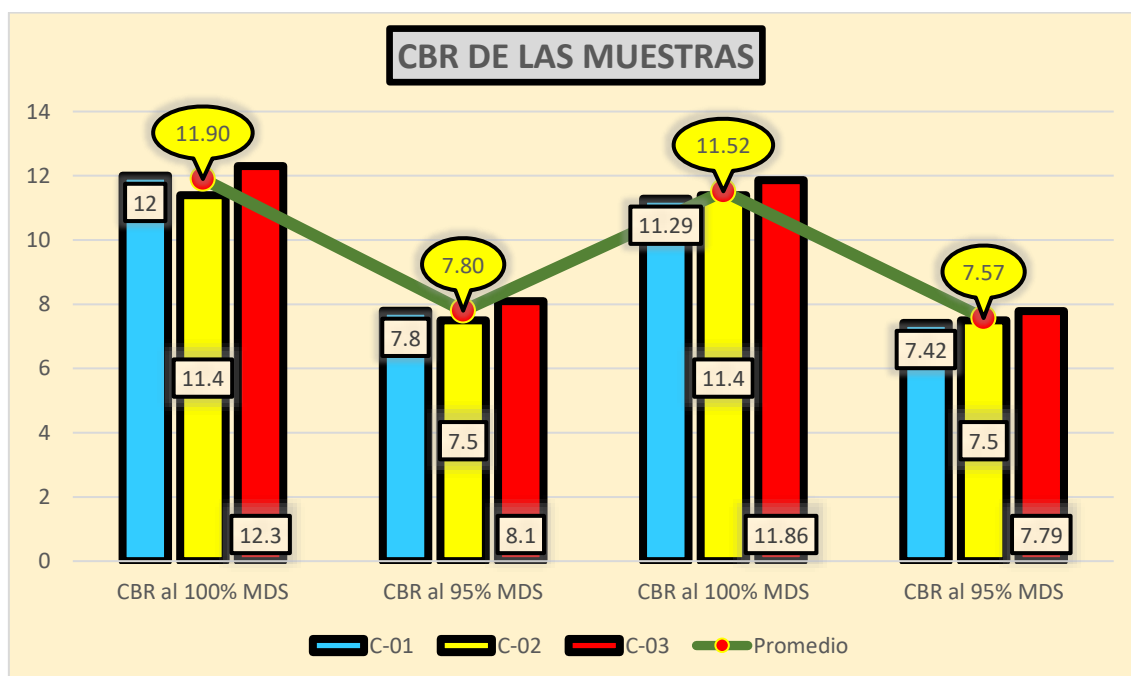
CBR de las calicatas

Calicata	CBR – Especímenes de Subrasante			
	pavimento flexible		pavimento con geomallas	
	CBR al 100% MDS	CBR al 95% MDS	CBR al 100% MDS	CBR al 95% MDS
C-01	12.0	7.8	11.29	7.42
C-02	11.40	7.5	11.40	7.50
C-03	12.30	8.1	11.86	7.79
Promedio	11.9	7.8	11.52	7.57

La tabla relata de manera detallada las distintas capacidades de soporte de las distintas calicatas realizadas a lo largo de la vía a la que corresponde el estudio realizado.

Figura 12

Capacidad de soporte de las distintas muestras C1/C2/C3



La grafica presentada a continuación nos relata de manera dinámica las porcentajes de CBR de las distintas calicatas. Las primeras 6 muestras corresponden a un pavimento flexible y las posteriores 6 son correspondientes a un pavimento flexible.



Después de realizar la clasificación de los suelos, primero se realizó un estudio de tráfico vehicular como lo indica el reglamento del MTC, los análisis se realizaron en la vía carrozable entre el centro poblado de Jantha y Huencalla el IMDA de acuerdo al estudio realizado en el tramo 021+000 al km 046+000 de los centros poblados ya mencionados fueron de 3000 – 6200.

a.6. CBR obtenidos de acuerdo a sus progresivas

Tabla 6

Porcentajes de los CBR

Calicatas	Progresivas	% CBR
C -1	021+000	12.0
C -2	035+000	11.40
C -3	046+000	12.30

La tabla nos muestra las progresivas de donde se tomaron las muestras para las calicatas realizados para nuestro estudio.



4.1.2 Determinación del diseño del pavimento a realizar en el zona

Figura 13

Conteo vehicular realizado en la zona de estudio

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				TOTAL	
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
06:00	←																				13	
07:00	→	4	1	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	11
07:00	←	7	6	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
08:00	→	6	6	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	17
08:00	←	6	4	1	0	3	1	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
09:00	→	6	1	4	0	3	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	20
09:00	←	6	0	6	0	6	1	0	0	2	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	23
10:00	→	18	0	6	0	4	1	2	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	37
10:00	←	8	0	3	0	2	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
11:00	→	8	0	2	0	4	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
11:00	←	8	4	2	0	5	0	0	0	3	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25
12:00	→	9	2	0	0	2	1	0	0	2	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	18
12:00	←	4	1	0	1	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
13:00	→	2	1	0	1	4	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
13:00	←	6	0	1	1	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
14:00	→	8	0	2	2	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
14:00	←	8	0	3	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14
15:00	→	7	1	3	1	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
15:00	←	7	2	2	0	3	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17
16:00	→	6	3	1	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
16:00	←	6	4	4	2	3	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
17:00	→	6	4	0	0	2	0	1	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
17:00	←	1	3	0	1	0	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
18:00	→	1	2	0	1	0	2	0	0	3	2	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	13
18:00	←	1	7	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
19:00	→	1	5	0	0	2	7	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
PARCIAL:		152	60	48	10	61	15	8	0	49	16	11	1	4	0	1	0	0	0	0	1	437
PORCENTAJE:		34.8%	13.7%	11.0%	2.3%	14.0%	3.4%	1.8%	0.0%	11.2%	3.7%	2.5%	0.2%	0.9%	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.2%	100.0%



La tabla muestra un conteo vehicular detallado realizado en la zona de estudio, donde se registraron distintos tipos de vehículos en intervalos de una hora, desde las 06:00 hasta las 18:30. Se incluyen categorías como autos, station wagons, camionetas, microbuses, buses, y camiones de diversas configuraciones, diferenciados por el número de ejes, como 2 ejes, 3 ejes, así como semitrailers y trailers con diversas combinaciones de ejes (2+1, 2+3, 3+2, entre otros).

Cada fila indica el número de vehículos que pasó en una hora específica, mientras que la última columna a la derecha proporciona el total de vehículos observados en cada intervalo horario. La fila inferior presenta los totales parciales para cada tipo de vehículo y su respectivo porcentaje dentro del total general. De este modo, se obtiene una visión clara del flujo de tráfico por tipo de vehículo a lo largo del día.

El mayor tráfico se observa en las primeras horas de la mañana y al finalizar la tarde, lo que podría corresponder a horas punta o de mayor actividad. Este conteo vehicular es crucial para estudios de tránsito y planificación vial, ya que permite identificar patrones de circulación y distribución de diferentes tipos de vehículos.

Después de realizar el conteo vehicular, este nos permitirá el índice medio diario semanal. Para el IMDS se logró un conteo la suma de vehículos totales por día y se divide en el total de días de la semana.

$$ESAL = \sum (IMD_{pi} * Fca * Fd * Fvp_i * \%Veh. * 365)$$

a.1. Taza de crecimiento poblacional

Tabla 7

Taza de crecimiento poblacional de la zona de estudio

DEPARTAMENTO	TASA DE CRECIMIENTO DE LA POBLACION POR DEPARTAMENTO			
	AÑOS			
	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015
PERU	1.70	1.60	1.50	1.30
SIERRA				
Ancash	1.00	0.90	0.80	0.70
Apurímac	0.90	1.00	1.00	1.00
Arequipa	1.80	1.70	1.50	1.30
Ayacucho	0.10	0.30	0.40	0.40
Cajamarca	1.20	1.20	1.10	0.90
Cusco	1.20	1.20	1.10	1.00
Huancavelica	0.90	1.00	0.90	0.90
Huanuco	2.00	1.80	1.70	1.60
Junín	1.20	1.20	1.00	0.90
Pasco	0.40	0.60	0.50	0.40
Puno	1.20	1.20	1.10	1.00

La tabla presentada muestra la tasa de crecimiento poblacional por departamento en Perú, con un enfoque en la región Sierra, a lo largo de cuatro periodos: 1995-2000, 2000-2005, 2005-2010 y 2010-2015. La columna "Perú" indica el crecimiento promedio nacional, que ha disminuido de manera constante, comenzando con un 1.70% en el periodo de 1995-2000 y reduciéndose a 1.30% entre 2010-2015.

Cada departamento de la Sierra está listado debajo de "Perú", mostrando las variaciones en su crecimiento. Huánuco destaca con tasas relativamente altas, alcanzando un 2.00% entre 1995-2000, disminuyendo gradualmente hasta 1.60% en 2010-2015. Otros departamentos como Cusco y Junín muestran una tendencia similar, con ligeras fluctuaciones a lo largo de los periodos.

Es notable que algunas áreas, como Ayacucho y Pasco, presentan tasas de crecimiento más bajas, alcanzando niveles tan bajos como 0.10% en algunos periodos. Estas cifras reflejan las dinámicas poblacionales de la región y ofrecen información clave para la planificación demográfica y la asignación de recursos. En general, se observa una tendencia a la desaceleración del crecimiento poblacional en la Sierra durante los últimos periodos evaluados.

a.2. Taza de crecimiento de crecimiento de vehículos ligeros y pesados

Tabla 8

Taza de crecimiento vehicular poblacional de la zona de estudio

taza de crecimiento de vehículos ligeros	
SIERRA	TC
Ancash	0.62%
Apurímac	0.59%
Arequipa	1.07%
Ayacucho	1.07%
Cajamarca	0.57%
Cusco	0.75%
Huancavelica	0.83%
Huanuco	0.91%
Junín	0.77%
Pasco	0.91%
Puno	1.04%

La primera tabla muestra la tasa de crecimiento de vehículos ligeros en la región Sierra, segmentada por departamentos. Este tipo de vehículos incluye autos, camionetas y otros vehículos de menor tamaño utilizados principalmente para transporte personal o pequeñas cargas. Los datos reflejan cómo ha crecido el parque vehicular en diferentes zonas. Puno registra la tasa de crecimiento más alta con un 1.04%, lo que indica un incremento significativo en la adquisición y uso de vehículos ligeros. Le siguen Arequipa y Ayacucho, ambos con un 1.07%, lo que sugiere que estas áreas también experimentan un aumento considerable en la compra y utilización de estos vehículos.

Por otro lado, algunos departamentos presentan tasas más bajas, como Apurímac con un 0.59% y Cajamarca con 0.57%, lo que podría deberse a factores como menor crecimiento poblacional, limitaciones económicas o menor desarrollo en infraestructura vial. Esta información es crucial para la planificación del transporte y las políticas públicas, ya que permite anticipar la demanda de infraestructura y servicios relacionados con el tráfico vehicular. Además, estas variaciones en la tasa de crecimiento de vehículos ligeros entre los departamentos pueden reflejar diferencias en las dinámicas de desarrollo económico, expansión urbana y facilidades para la adquisición de vehículos.

Tabla 9*Taza de crecimiento vehicular poblacional de la zona de estudio*

tasa de crecimiento de vehículos pesados	
SIERRA	TC
Ancash	1.05%
Apurímac	6.65%
Arequipa	3.37%
Ayacucho	3.60%
Cajamarca	1.29%
Cusco	4.43%
Huancavelica	2.33%
Huanuco	3.85%
Junín	3.90%
Pasco	2.83%
Puno	3.47%

La tabla detalla la tasa de crecimiento de vehículos pesados en la región Sierra, con datos específicos para cada departamento. Este tipo de vehículos incluye camiones, trailers y vehículos de carga que son fundamentales para el transporte de mercancías y materiales, especialmente en sectores industriales y comerciales. La tasa de crecimiento más alta se registra en Apurímac, con un notable 6.65%, lo que indica un importante aumento en el uso de vehículos de gran capacidad en la región. Este crecimiento puede estar vinculado a un aumento en actividades económicas como la minería, agricultura o comercio en gran escala.

Otros departamentos que presentan tasas elevadas son Junín con 3.90% y Puno con 3.47%, lo cual sugiere que estas áreas también experimentan un crecimiento considerable en el transporte pesado, probablemente asociado a sus roles como centros de distribución regionales o a un aumento en la producción agrícola y minera. En contraste, departamentos como Ancash y Cajamarca registran tasas más modestas de 1.05% y 1.29%, respectivamente. Estos datos son esenciales para la planificación de la infraestructura vial y logística, ya que el aumento en vehículos pesados implica una mayor demanda de mantenimiento y mejora de las carreteras, así como de sistemas de transporte más eficientes y seguros.

El método de progresión geométrica se empleó especialmente para calcular el crecimiento del tráfico de turismos.

n: Años del periodo de diseño

r: Tasa anual del crecimiento vehicular

$$Fca = \frac{(1 + r)^n - 1}{r}$$

Tasa de crecimiento poblacional(r1) = 1.04%

Fca1= 34.996

Tasa de crecimiento poblacional(r2) = 3.47%

Fca2 = 51.369

Tabla 10

Representación de la tasa de factor de crecimiento de la zona

Unidad de medida	%	años
Factor	R	N
Datos	0.641	30
FCA	32.477	

La tabla presentada muestra la representación del factor de crecimiento en la zona analizada a lo largo de un periodo de 30 años. Los datos incluyen el Factor R, que es 0.641, indicando la tasa de crecimiento porcentual anual en la región bajo estudio. Este valor refleja el aumento sostenido en diversos indicadores, como la población o el crecimiento de la infraestructura en el área geográfica. Además, se muestra el FCA (Factor de Crecimiento Anualizado), con un valor de 32.477, lo que sugiere un incremento acumulado considerable a lo largo del periodo de análisis.

Este tipo de evaluación es esencial para planificar el desarrollo a largo plazo en términos de recursos, infraestructura y servicios, permitiendo prever el impacto que dicho crecimiento podría tener en la demanda de transporte, sanidad, educación y otros

servicios públicos. El FCA permite estimar cómo ha evolucionado el área en función de sus variables clave y, de este modo, proyectar necesidades futuras de manera más precisa. Esta representación facilita la toma de decisiones basadas en datos empíricos, asegurando que los recursos se distribuyan eficientemente y que las políticas de crecimiento sean adecuadas para la expansión proyectada en la zona estudiada.

En la tabla se presenta un factor de crecimiento que se tomó para la elaboración y posterior diseño del análisis, el cual fue de 32.477.

a.3. Coeficiente de reparto direccional y de carril

Tabla 11

Coeficiente de reparto

Coeficiente de reparto	
Número de calzadas:	1 calzada
Número de sentidos:	2 sentidos
Número de carriles:	1 carriles
Factor de dirección (FD):	0.50
Factor de carril (FC):	1.00
Factor ponderado $Fd*Fc$	0.50

La tabla presentada describe el coeficiente de reparto, que es un factor clave en el diseño vial y distribución de cargas en la infraestructura de carreteras. El análisis considera los siguientes parámetros: un número de calzadas de 1, con 2 sentidos de circulación y un único carril por sentido. El Factor de Dirección (FD) asignado es de 0.50, lo que indica una distribución equitativa del tráfico en ambos sentidos de la vía. Por otro lado, el Factor de Carril (FC) es de 1.00, reflejando que todo el tráfico vehicular utiliza un único carril por cada sentido.

El factor ponderado resultante, producto de la multiplicación del FD y el FC, es 0.50, lo que implica que la carga o el flujo vehicular está repartido de manera equitativa entre los dos sentidos de la vía. Este valor es fundamental para el diseño estructural de

pavimentos, ya que permite estimar la cantidad de tráfico que debe soportar cada carril y, por lo tanto, determinar el tipo de refuerzo o material necesario para asegurar la durabilidad y eficiencia de la infraestructura vial bajo condiciones de tráfico reales.

a.4. Cálculo equivalente

Las cargas de vehículos por eje y tipo de vehículo se calcularon utilizando la siguiente tabla después de establecer el factor de carril y la dirección.

Tabla 12

Cuadro de carga por ejes equivalentes

Eje(s)	Neumático	Gráfico			Kilos
		Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	
Simple	2				7,000
Simple	4				11,000
Doble	6				16,000
Doble	8				18,000
Triple	10				23,000
Triple	12				25,000

$$\log\left(\frac{1}{fEE}\right) = 4.79 * \log(L_x + L_2) + 4.33 * \log(L_2) + \frac{G_t}{B_x} - \frac{G_t}{B_{18}}$$

$$G_t = \log\left(\frac{4.2}{4.2} - \frac{p_t}{1.5}\right)$$

Tabla 13

Relación del factor de equivalencia

TIPO DE EJE	EJE EQUIVALENTE
Eje Simple de Ruedas Simples	$EE = (P/6.6)^4$
Eje Simple de Ruedas Dobles	$EE = (P/8.2)^4$
Eje tandem (1 Eje Ruedas Dobles + 1 Eje Ruedas Simples)	$EE = (P/8.214.8)^4$
Eje Tandem (2 Ejes de Ruedas Dobles)	$EE = (P/15.1)^4$
Eje Tridem (2 Ejes Ruedas Dobles + 1 Eje Ruedas Simples)	$E(P/20.7)^{3.9}$
Eje Tridem (3 Ejes Ruedas Dobles)	$E = (P/21.8)^{43.9}$

La tabla muestra la relación del factor de equivalencia para distintos tipos de ejes vehiculares, una herramienta esencial en el diseño y evaluación de pavimentos. Este factor permite estimar el impacto que diferentes configuraciones de ejes tienen sobre la estructura del pavimento, basado en la carga que estos aplican.

Para los ejes simples, ya sea con ruedas simples o ruedas dobles, el factor de equivalencia varía, siendo mayor en los ejes con ruedas dobles debido a la mejor distribución de la carga. Los ejes tandem y ejes tridem (configuraciones con múltiples ejes y ruedas) también tienen su propio factor de equivalencia, que se incrementa en función del número de ejes y ruedas involucrados. Un eje tandem, que combina un eje con ruedas dobles y otro con ruedas simples, tendrá un factor distinto al de un tandem con dos ejes de ruedas dobles, lo que refleja su diferente impacto sobre el pavimento.

De manera similar, los ejes tridem, que incluyen configuraciones de dos o tres ejes con combinaciones de ruedas simples o dobles, también tienen factores más altos debido a la mayor capacidad de carga. Estos factores son fundamentales para estimar el desgaste y la resistencia del pavimento, permitiendo un diseño eficiente que prolongue la vida útil de las carreteras.

a.5. Cálculo de Esal de diseño

En el campo de la ingeniería de carreteras, el número de repeticiones de una carga estándar, generalmente una carga por eje de 18 000 libras (8 165 kg), que experimentará un trozo de pavimento durante su vida útil se calcula utilizando la fórmula de equivalentes de subrasante de AASHTO (ESAL). Para determinar la resistencia necesaria del pavimento, este cálculo se realiza frecuentemente durante el diseño del pavimento.

$$ESALS^i = \left(\sum_{i=1}^m p_i * F_i * P \right) * (TPD) * (FC) * F_d * F_c * 365$$

Tabla 14

Cómputo de repeticiones de ejes equivalentes para diseño

Tipo de Vehículo	IMD	FdxFc	Fp	Fvp	Fca	N	EE 8.2tn
AUTO	155	0.5	1.1	0.001054	33.07	365	1084.483
STATION WAGON	54	0.5	1.1	0.001054	33.07	365	377.8197
PICK UP	48	0.5	1.1	0.016865	33.07	365	5373.436
CAMIONETAS PANEL	10	0.5	1.1	0.016865	33.07	365	1119.466
RURAL Combi	70	0.5	1.1	0.016865	33.07	365	7780.288
MICRO	12	0.5	1.1	0.016865	33.07	365	1287.386
BUS 2 E	8	0.5	1.1	4.503654	33.07	365	224214.1
>=3 E	0	0.5	1.1	2.320526	33.07	365	0
2 E	49	0.5	1.1	4.503654	33.07	365	1449918
CAMION 3 E	16	0.5	1.1	3.28458	33.07	365	337946.7
4 E	11	0.5	1.1	2.77355	33.07	365	202518.8
2S1/2S2	1	0.5	1.1	7.741941	33.07	365	51390.93
SEMI 2S3	4	0.5	1.1	3.253013	33.07	365	86373.87
TRAYLER 3S1/3S2	0	0.5	1.1	5.303794	33.07	365	0
>= 3S3	1	0.5	1.1	8.542081	33.07	365	56702.25
2T2	0	0.5	1.1	10.98023	33.07	365	0
TRAYLER 2T3	0	0.5	1.1	9.761154	33.07	365	0
3T2	0	0.5	1.1	9.761154	33.07	365	0
>=3T3	1	0.5	1.1	8.542081	33.07	365	56702.25
ESAL de diseño							2482789

Después de alcanzar los valores para el cálculo del ESAL el resultado fue de 2482789.

a.6. Diseño de pavimento flexible

Una vez conseguido los datos de ESAL se procederá a realizar el cálculo del diseño para el pavimento flexible:

$$\log(W18) = Zr * So + 9.36 * \log(sn + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)^{nt}}{0.40 + 1^{1094}/(SN + 1)^{5.19}} + 2.32$$
$$* \log(Mr) - 8.07$$

Tabla 15

Categorías de vida útil y análisis del pavimento

Clasificación de la vía	Periodo de análisis
Urbano alto volumen de trafico	30-50
Rural de alto volumen de trafico	20-50
Pavimento de bajo volumen de trafico	15-25
No pavimentado de bajo volumen de trafico	10-20

Para los pavimentos de bajo volumen de tráfico, el periodo de análisis es más corto, situándose entre 15 y 25 años, lo que responde a una menor exigencia de carga vehicular. Finalmente, para las vías no pavimentadas de bajo volumen de tráfico, el periodo estimado es el más reducido, entre 10 y 20 años, debido a la menor resistencia y durabilidad de estas superficies frente a condiciones adversas y desgaste.

Esta clasificación es clave para la planificación y gestión de proyectos viales, ya que permite adaptar el diseño del pavimento y las estrategias de mantenimiento según el tipo de vía y el tráfico esperado, asegurando una vida útil adecuada en función de las características y necesidades de cada vía.

Posteriormente se procedió a corroborar con el método AASHTO93 fue de 2482789.

Tabla 16

Clasificación de volúmenes de tráfico

Categoría	Rango de tráfico pesado expresado en Ee	tipo de tráfico expresado en Ee	
BAJO VOLUMEN	De 150001	A 300000	TP1
	De 300001	A 500000	TP2
	De 500001	A 750000	TP3
	De 750001	A 1000000	TP4
	De 1000001	A 1500000	TP5
	De 1500001	A 3000000	TP6
	De 3000001	A 5000000	TP7
	De 5000001	A 7500000	TP8
	De 7500001	A 10000000	TP9
	De 10000001	A 12500000	TP10
	De 12500001	A 15000000	TP11
	De 15000001	A 20000000	TP12
	De 20000001	A 25000000	TP13
	De 25000001	A 30000000	TP14

La tabla proporciona una clasificación de volúmenes de tráfico pesado expresado en ejes equivalentes (EE), segmentando las vías según el rango de tránsito que soportan y el tipo de tráfico que se manifiesta. Para caminos con bajo volumen de tránsito, cuyo tráfico total oscila entre 1'000,000 y 30'000,000 de EE, se asignan diferentes categorías, numeradas de TP1 a TP14, según el rango de tráfico.

Cada categoría abarca un rango específico de ejes equivalentes. Por ejemplo, la categoría TP1 cubre caminos con un tráfico de 150,001 a 300,000 EE, mientras que la categoría TP2 abarca de 300,001 a 500,000 EE. A medida que se incrementa el volumen de tráfico, se asignan categorías superiores, como TP5 para 1'000,001 a 1'500,000 EE y TP14 para 2'500,001 a 3'000,000 EE.

Esta clasificación es fundamental para determinar las especificaciones del pavimento, los materiales requeridos y las estrategias de mantenimiento, ya que el tipo de tráfico influye directamente en el desgaste y las necesidades de resistencia del camino. El



sistema de categorías permite una planificación más eficiente y la optimización del diseño vial en función del volumen de tráfico proyectado para cada tramo de carretera.

Subrasante:

La subrasante es la capa fundamental en cualquier estructura vial, ya que constituye la base natural sobre la que se asientan las demás capas de un pavimento, como la subbase, la base y la superficie de rodadura. Esta capa es esencial porque transmite las cargas de tráfico hacia el suelo de forma distribuida, evitando deformaciones o fallas prematuras en la carretera. La subrasante se compone generalmente de suelo natural que ha sido compactado o mejorado para garantizar la estabilidad estructural de la vía.

Es crucial que la subrasante posea ciertas características mecánicas, tales como una adecuada capacidad portante, resistencia al corte y a la deformación bajo cargas. Para lograr estas propiedades, el suelo natural que compone esta capa debe ser evaluado y, en muchos casos, mejorado mediante procesos de compactación o con la adición de estabilizadores, como cenizas, cal, cemento u otros materiales. El objetivo principal es reducir su plasticidad y aumentar su capacidad de soportar el tráfico sin perder estabilidad.

La calidad de la subrasante influye directamente en la vida útil de un pavimento. Un suelo mal compactado o inadecuado en su capacidad de carga puede generar asentamientos diferenciales, grietas y deformaciones en la superficie del pavimento. Por ello, es indispensable que se realicen estudios previos al diseño de carreteras, tales como ensayos de capacidad portante, que incluyen el ensayo CBR (California Bearing Ratio), para determinar si la subrasante cumple con los estándares requeridos. Si los resultados no son satisfactorios, será necesario aplicar técnicas de estabilización.

En resumen, la subrasante es una capa clave en la estructura de pavimentos que debe ser cuidadosamente diseñada y preparada. Su calidad y resistencia son determinantes para garantizar la durabilidad y el buen funcionamiento de una carretera.

Categorías de subrasante:**Tabla 17***subrasantes*

CBR de la subrasante	Categoría de la subrasante
CBR menores a 3%	S0
A CBR < 6%	S1
A CBR < 10%	S2
A CBR < 20%	S3
A CBR < 30%	S4
CBR mayores o iguales a 30%	S5

Según la norma y la tabla mostrada a continuación nuestro CBR se encuentra en el S3 con un 12.45%, considerado una subrasante buena.

Confiabilidad

Para la ESAL de diseño, dicho dato es para saber el comportamiento del pavimento de manera idónea de acuerdo a su capacidad estructural para lo cual se tomó las siguientes características:

- Coeficiente de estadístico de la desviación estándar normal (Z_r) = - 1.036

a.7. Criterios en cuanto a los comportamientos**Tabla 18***Índice de servicialidad para un pavimento flexible*

Rango de tráfico pesado expresado en Ee		tipo de tráfico expresado en Ee	Índice de servicialidad inicial (PO)	Índice de servicialidad final (Pf)
De 150001	A 300000	TP1	3.8	2.0
De 300001	A 500000	TP2	3.8	2.0
De 500001	A 750000	TP3	3.8	2.0
De 750001	A 1000000	TP4	3.8	2.0
De 1000001	A 1500000	TP5	4.0	2.5
De 1500001	A 3000000	TP6	4.0	2.5
De 3000001	A 5000000	TP7	4.0	2.5
De 5000001	A 7500000	TP8	4.0	2.5
De 7500001	A 10000000	TP9	4.0	2.5
De 10000001	A 12500000	TP10	4.0	2.5
De 12500001	A 15000000	TP11	4.0	2.5
De 15000001	A 20000000	TP12	4.2	3.0
De 20000001	A 25000000	TP13	4.2	3.0

En lo que respecta a su índice de servicialidad final (Pf) fue de 2.5 considerando su tráfico expresado en Ee TP6.

Después se procede a generar el cálculo del módulo de resiliencia (Mr) mediante el ensayo T2T4 de AASHTO, tomando como parámetro principal de CBR.

$$M_R = 2555 * CBR^{0.64}$$

- El módulo resiliente en PSI para un CBR de 12.45% es de 12832.15 PSI

se procede a realizar el reemplazo de datos utilizando la fórmula de coeficientes estructurales.

Tabla 19

Diseño estructural AASHTO-93

AASHTO-93		
SN (Calculado)	1.560	3.902
SN (Requerido)	1.383	3.512
	OK	OK

Luego procederemos a usar la siguiente fórmula para encontrar el coeficiente de estructuras.

$$SN = D_1 * a_1 + D_2 * a_2 * m_2 * D_3 * a_3 * m_3$$

Di=espesor de capas en pulgadas

a1= coeficiente estructural

m2= coeficiente de drenaje

Tabla 20

Calculo de los coeficientes estructurales

Descripción	Coficiente	Valor de coeficiente estructural
carpeta asfáltica en caliente	a1	0.49 plg
base granular	a2	0.21 plg
sub base granular	a3	0.13 plg

La base granular, que se encuentra debajo de la carpeta asfáltica, tiene un coeficiente a2 con un valor de 0.21 plg. Aunque su resistencia es menor que la de la

capa asfáltica, sigue siendo esencial para la estabilidad del pavimento. Finalmente, la sub base granular, situada en la parte más profunda de la estructura, cuenta con un coeficiente a_3 de 0.13 plg, reflejando su rol en la distribución de las cargas hacia las capas inferiores del suelo.

Tabla 21

Calculo de los coeficientes estructurales

calificación	Tiempo de evacuado	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento está expuesto a niveles de humedad			
		<1%	1-5%	5-25%	>25%
excelente	2 horas	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.2
bueno	1 día	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1
regular	1 semana	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.8
pobre	1 mes	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.6
muy pobre	el agua no evacua	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.4

La tabla muestra el cálculo de los coeficientes estructurales en función de la calificación del sistema de drenaje y el tiempo de evacuación del agua en el pavimento. La estructura del pavimento está expuesta a diferentes niveles de humedad, que se clasifican según el porcentaje de tiempo que permanecen con más o menos agua.

Para un sistema de drenaje excelente, el tiempo de evacuación del agua es de aproximadamente 2 horas, y los coeficientes varían desde 1.40-1.35 para condiciones con menos del 1% de exposición a la humedad, hasta 1.20 para situaciones donde el pavimento está más del 25% del tiempo bajo condiciones de alta humedad. En un sistema bueno, con evacuación en 1 día, los coeficientes disminuyen levemente, reflejando una menor capacidad de protección contra el agua acumulada.

Para calificaciones regulares o pobres, con tiempos de evacuación de 1 semana o 1 mes, respectivamente, los coeficientes continúan disminuyendo, especialmente en niveles de humedad más altos, indicando que el pavimento estará más expuesto al daño por humedad. Finalmente, para un sistema muy pobre, donde el agua no evacua, los coeficientes bajan drásticamente a medida que la exposición a la humedad incrementa,

mostrando que estas condiciones son críticas para la integridad estructural del pavimento.

Este análisis es esencial para el diseño de sistemas de drenaje eficientes que minimicen el tiempo en que el pavimento permanece expuesto al agua, prolongando su vida útil.

- BG= 1.24
- SBG= 1.06

a.8. Cálculo de espesores de la capa

Usando las fórmulas aplicadas de acuerdo a la norma AASHTO 93 hallamos los espesores necesarios para la elaboración del pavimento.

Tabla 22

Espesores de pavimento sin geomalla

capa del material	espesores (cm)
Asfalto	20
Base Granular	10
Sub Base Granular	15

Según la tabla las medidas de los espesores serán de 20cm, 5cm y 5cm finalmente.

Figura 14

Espesores del pavimento



Según los datos obtenidos podemos concluir en que $D_1= 20\text{cm}$, $D_2=10\text{cm}$ y finalmente $D_3=15\text{cm}$.

Tabla 23

Resumen de los datos obtenidos para un periodo de 20 años, pavimento sin geomallas

pavimento flexible	Datos
Calculo ESAL	2482789
Variable de tiempo	20 años
Tipo de trafico	Tp6
CBR %	12.45%
Coefficiente de desviación estándar	0.45
Factor de confiabilidad	85%
Probabilidad	-1.036
Índice de servicialidad inicial	4
Índice de servicialidad final	2.5
Modulo resiliente	12832.15

La tabla presenta un resumen de los datos obtenidos para un pavimento flexible sin geomallas, evaluado para un periodo de 20 años. Se destacan diferentes parámetros clave para el análisis del pavimento. El cálculo de ESAL (ejes equivalentes) es de 2,482,789, lo que refleja la cantidad de carga que el pavimento soportará a lo largo del tiempo. El CBR (Capacidad de Soporte California) es de 12.45%, un valor utilizado para evaluar la capacidad de carga del suelo.

El coeficiente de desviación estándar es 0.45, lo que indica la variabilidad en los datos obtenidos, mientras que el factor de confiabilidad es del 85%, lo que sugiere que el diseño tiene un alto nivel de confianza para resistir las condiciones de tráfico previstas. La probabilidad, con un valor de -1.036, es utilizada en los cálculos de confiabilidad y diseño estructural.

En cuanto a los índices de servicialidad, el inicial es 4, mientras que el final es 2.5, lo que refleja la reducción esperada en la calidad del pavimento con el paso del tiempo. Finalmente, el módulo resiliente, que es una medida de la rigidez del pavimento, es de 12,832.15, indicando la capacidad del pavimento para resistir deformaciones bajo cargas repetidas.

4.1.3 Determinación del aporte estructural y las diferencias significativas del uso de geomallas en un pavimento flexible mediante el programa TENSAR

a.1. Diseño de un pavimento flexible con la incorporación de geomalla

Permite reducir el espesor de la base o subbase de áridos hasta en un 50%. Los pavimentos reforzados con geomallas han demostrado una mayor longevidad y una mayor eficacia operativa, tal y como verifican las pruebas de laboratorio realizadas por la AASHTO.

Aumento sustancial del número medio de años que se espera que viva una persona. El proceso de desarrollo de pavimentos estabilizados implica la determinación de los espesores ideales requeridos para satisfacer criterios específicos, incluyendo la carga de tráfico proyectada (ESAL), la fiabilidad, la variabilidad, el comportamiento inicial y final, así como el módulo resiliente y el factor de drenaje.

Figura 15

Datos reemplazados en el aplicativo

The screenshot shows the TENSAR software interface for pavement design. At the top, the design mode is set to 'coche (ESAL)' and the required ESAL value is 2482789. The interface is divided into several sections:

- estabilizado / no estabilizado:** The 'no estabilizado' option is selected.
- HMA capa 1:** Minimum thickness is 140 mm, maximum thickness is 152 mm, and the coefficient is 0.17.
- HMA capa 2:** This section is currently disabled (indicated by a greyed-out radio button).
- HMA capa 3:** This section is also disabled.
- base agregada:** Minimum thickness is 300 mm, maximum thickness is 300 mm, coefficient is 0.054, and the drainage factor is 1.4.
- geomalla:** The selected type is 'Tx8'.
- subbase:** This section is enabled (radio button is selected). Minimum thickness is 330 mm, maximum thickness is 330 mm, coefficient is 0.05, and the drainage factor is 1.4.

La figura muestra una interfaz de diseño estructural de pavimentos basada en el método ESAL (Ejes Equivalentes de Carga), donde se especifica un valor requerido de 2,482,789 ESAL para el diseño en cuestión. El diseño seleccionado corresponde a la



categoría de coche (ESAL), lo que indica que las características de las capas se ajustan a este tipo de tráfico vehicular.

Para la HMA capa 1 (mezcla asfáltica en caliente), se define un espesor mínimo de 140 mm y un espesor máximo de 152 mm, con un coeficiente estructural asignado de 0.17, que refleja la capacidad de esta capa para distribuir las cargas vehiculares.

Las opciones para la HMA capa 2 y HMA capa 3 están desactivadas, lo que indica que no se emplearán en este diseño particular.

En la sección de base agregada, el espesor mínimo y máximo es de 300 mm, con un coeficiente estructural de 0.054. Adicionalmente, se ha seleccionado la inclusión de una geomalla tipo TX8, que contribuye a mejorar la resistencia y durabilidad del pavimento. El factor de drenaje para esta capa es de 1.4, lo que sugiere una capacidad moderada de evacuar el agua retenida en esta capa.

La subbase tiene un espesor fijo de 330 mm, con un coeficiente estructural de 0.05, y al igual que la base agregada, cuenta con un factor de drenaje de 1.4. Esta capa es crucial para la estabilidad general del pavimento, ya que ayuda a distribuir las cargas hacia el suelo natural y mejora la resistencia a la deformación.

Este diseño asegura que las diferentes capas del pavimento estén optimizadas para soportar el volumen de tráfico previsto y las condiciones ambientales del área. Se reemplazarán los datos con los datos alcanzados en el estudio como el ESAL y los valores de coeficientes.

Figura 16

Datos reemplazados para el diseño de sin estabilizar con geomallas

estabilizado		no estabilizado		requeridos	
HMA capa 1					
mín. espesor	200 milímetro	máx. espesor	200 milímetro	Coeficiente 0.17	
<input type="checkbox"/> HMA capa 2					
<input type="checkbox"/> HMA capa 3					
<input checked="" type="checkbox"/> base agregada					
mín. espesor	100 milímetro	máx. espesor	100 milímetro	Coeficiente 1.24	factor de drenaje 1.35
<input checked="" type="checkbox"/> subbase					
mín. espesor	150 milímetro	máx. espesor	150 milímetro	Coeficiente 1.06	factor de drenaje 1.35
Módulo resiliente de la subrasante 88.471 MPa		Estabilizar subrasante No		Geosintético de separación No	

La figura muestra la configuración de un diseño de pavimento estabilizado, ajustado con diferentes capas de materiales y especificaciones técnicas. Para la HMA capa 1 (mezcla asfáltica en caliente), se ha establecido un espesor fijo de 200 mm, con un coeficiente estructural de 0.17, lo que indica su capacidad para distribuir las cargas de tráfico vehicular sobre las capas subyacentes.

Las capas HMA 2 y HMA 3 están desactivadas, por lo que no forman parte de este diseño específico.

En cuanto a la base agregada, se asigna un espesor fijo de 100 mm, con un coeficiente estructural elevado de 1.24, lo que sugiere una alta capacidad de resistencia bajo cargas repetidas. Además, el factor de drenaje para esta capa es de 1.35, lo que implica una capacidad moderada-alta para evacuar el agua, mejorando la durabilidad del pavimento al minimizar la retención de humedad.

Para la subbase, se especifica un espesor de 150 mm, con un coeficiente estructural de 1.06, y al igual que la base agregada, cuenta con un factor de drenaje de 1.35. Esta capa cumple la función de distribuir las cargas hacia las capas más profundas del suelo, reduciendo el riesgo de deformaciones a largo plazo.

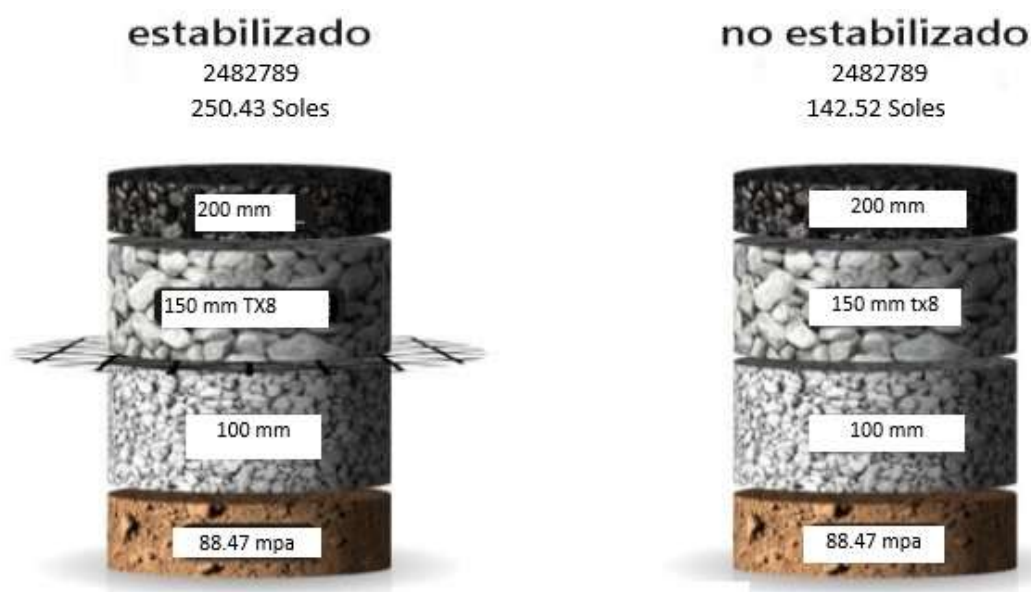
El módulo resiliente de la subrasante se establece en 88.471 MPa, lo que indica la capacidad del material de la subrasante para resistir deformaciones bajo cargas repetitivas. La opción para estabilizar la subrasante no ha sido seleccionada, al igual que la opción de geosintético de separación, lo que sugiere que no se incorporarán capas adicionales de estabilización o separación en este diseño.

Este diseño proporciona una estructura optimizada para soportar las condiciones de tráfico esperadas, asegurando una adecuada distribución de las cargas y un control eficiente de la humedad en las capas del pavimento.

Se procede a realizar el cambio de datos de acuerdo a los datos obtenidos en nuestro estudio de la carretera Jantha-Huencalla.

Figura 17

Pavimento flexible con y sin geomalla con ESAL diseñado



La imagen compara dos configuraciones de pavimento flexible, una con geomalla estabilizada y otra sin estabilización, ambas diseñadas para soportar un ESAL de 2,482,789. La diferencia clave entre los dos pavimentos radica en la inclusión de geomallas en la configuración estabilizada y el costo asociado a cada diseño.

En el pavimento estabilizado, se utiliza una geomalla TX8 de 150 mm, la cual se coloca entre la subbase y la capa de base. El espesor de la capa asfáltica superior es de 200 mm, seguido de una base agregada de 100 mm y una subbase con un módulo resiliente de 88.47 MPa. El costo total de esta configuración es de 250.43 soles, reflejando el uso de materiales adicionales para mejorar la resistencia y durabilidad del pavimento.

Por otro lado, el diseño no estabilizado mantiene las mismas dimensiones en cuanto a espesor de las capas, con una capa asfáltica de 200 mm y una base de 150 mm sin geomalla. Aunque se emplea el mismo tipo de base y subbase, la ausencia de geomalla reduce los costos significativamente, siendo el precio final de 142.52 soles.

Esta comparación ilustra cómo la incorporación de geomallas puede mejorar la capacidad estructural del pavimento y aumentar su vida útil, aunque con un incremento en el costo inicial de construcción.

Después de realizar el cálculo en el aplicativo TENSAR mostro la figura que presentamos de un concreto con geomallas y sin geomallas.

Figura 18

Espesores de las capas ingresadas en el aplicativo

estabilizado	Espesor	coef.	número de serie
HMA capa 1	200mm <input type="text"/> <input type="button" value="-"/> <input type="button" value="+"/> <input type="text"/>	0.49	0.937
Base agregada (TX8)	150mm <input type="text"/> <input type="button" value="-"/> <input type="button" value="+"/> <input type="text"/>	0.21	1.356
subbase	100mm <input type="text"/> <input type="button" value="-"/> <input type="button" value="+"/> <input type="text"/>	0.13	0.909
Número estructural (SN)			3.202

no estabilizado	Espesor	coef.	número de serie
HMA capa 1	200mm <input type="text"/> <input type="button" value="-"/> <input type="button" value="+"/> <input type="text"/>	0.49	0.937
base agregada	150mm <input type="text"/> <input type="button" value="-"/> <input type="button" value="+"/> <input type="text"/>	0.21	0.893
subbase	100mm <input type="text"/> <input type="button" value="-"/> <input type="button" value="+"/> <input type="text"/>	0.13	0.909
Número estructural (SN)			2.739



En esta figura se muestran la adición de los espesores en el software, como también se aprecian los resultados del número estructural en el software tensor.

La diferencia entre con respecto al cálculo estructural 0.463 haciendo la diferencia con y sin geomallas.

La imagen muestra una comparación entre dos configuraciones de pavimento, una estabilizada con geomalla y otra no estabilizada, utilizando el número estructural (SN) como indicador clave para evaluar la capacidad de carga de cada diseño.

En la configuración estabilizada, la HMA capa 1 tiene un espesor de 200 mm con un coeficiente estructural de 0.49 y un número de serie de 0.937. La base agregada, que incluye una geomalla TX8, tiene un espesor de 150 mm, un coeficiente de 0.21 y un número de serie de 1.356. La subbase presenta un espesor de 100 mm, con un coeficiente de 0.13 y un número de serie de 0.909. El número estructural total (SN) para este diseño es de 3.202, lo que indica una mayor capacidad de carga y durabilidad gracias al uso de geomallas.

En el diseño no estabilizado, las características de espesor son las mismas, pero sin el refuerzo de la geomalla. La base agregada presenta un número de serie inferior de 0.893, mientras que la subbase tiene un número de serie de 0.909, similar al diseño estabilizado. El número estructural total (SN) es de 2.739, lo que refleja una menor capacidad estructural en comparación con el diseño estabilizado.

Esta diferencia en el número estructural demuestra cómo la incorporación de geomallas en la base agregada incrementa significativamente la capacidad

estructural del pavimento, mejorando su resistencia a largo plazo bajo cargas pesadas.

Tabla 24*Distintos espesores de los pavimentos con y sin geomallas*

Geomalla	Pavimento sin geomalla	Pavimento de geomallas	Disminución de espesores con la geomalla
Capa inicial	20 cm	15 cm	5 cm
Sub - base	15 cm	11 cm	4 cm
Base	10 cm	10 cm	0 cm

La tabla compara los diferentes espesores de pavimentos con y sin geomallas, así como la reducción de espesores obtenida al utilizar geomallas. En la primera columna, se indican los espesores de las capas del pavimento sin geomalla, donde la capa inicial tiene un espesor de 20 cm, la sub-base tiene 15 cm, y la base mantiene un espesor de 10 cm.

En la segunda columna, correspondiente al pavimento con geomallas, se observa una disminución en los espesores de la capa inicial, que pasa a 15 cm, y de la sub-base, que se reduce a 11 cm. La base mantiene el mismo espesor de 10 cm, lo que indica que la utilización de geomallas no afecta esta capa en particular.

Finalmente, la tercera columna muestra la disminución de espesores al emplear geomallas. La capa inicial reduce su espesor en 5 cm, mientras que la sub-base presenta una disminución de 4 cm. La base no experimenta ninguna reducción, manteniéndose constante.

Este análisis destaca cómo la incorporación de geomallas permite optimizar los espesores del pavimento, reduciendo el material necesario en ciertas capas sin comprometer la integridad estructural. Esto se traduce en un

diseño más eficiente y económico, al tiempo que mejora la resistencia y durabilidad del pavimento.

En la tabla 24 se presenta el impacto del uso de diferentes tipos de geomalla en el análisis del software sobre la reducción del espesor de mejora de la subrasante. La capa superior de la ESAL experimentó una reducción de 5 cm, la subbase experimentó una reducción de 4 cm y no hubo reducción en la base.

Figura 19

Datos para el diseño estabilizado

The screenshot shows a software interface for pavement design. At the top, it indicates the design mode is 'coche (ESAL)' and the required ESAL is 2,482,789. The design is set to 'no estabilizado'. The parameters are as follows:

Layer	Minimum Thickness (mm)	Maximum Thickness (mm)	Structural Coefficient	Drainage Factor
HMA capa 1	140	152	0.17	-
HMA capa 2	-	-	-	-
HMA capa 3	-	-	-	-
base agregada	300	300	0.054	1.4
geomalla	-	-	-	-
subbase	330	330	0.05	1.4

La imagen muestra un diseño de pavimento en una interfaz que utiliza el método ESAL (Ejes Equivalentes de Carga), con un requerimiento de 2,482,789 ESAL. El diseño está configurado para un pavimento no estabilizado para coche (ESAL).

La sección correspondiente a la HMA capa 1 indica un espesor mínimo de 140 mm y un espesor máximo de 152 mm, con un coeficiente estructural de 0.17. Las capas HMA 2 y HMA 3 están desactivadas, lo que implica que no se utilizarán en este diseño.

Para la base agregada, se ha definido un espesor fijo de 300 mm, con un coeficiente estructural de 0.054 y un factor de drenaje de 1.4. Además, se ha seleccionado la inclusión de una geomalla TX8, lo que sugiere un refuerzo adicional

para mejorar la estabilidad de la base y aumentar la capacidad del pavimento para resistir cargas pesadas.

La subbase tiene un espesor de 330 mm, con un coeficiente estructural de 0.05 y un factor de drenaje también de 1.4, lo que sugiere un nivel adecuado de drenaje para evitar la acumulación de humedad en las capas inferiores del pavimento.

Este diseño proporciona una estructura optimizada para soportar las cargas de tráfico previstas, combinando un espesor adecuado de las capas con refuerzos como la geomalla para mejorar la durabilidad y eficiencia del pavimento.

Para el diseño de pavimento flexible con geomalla utilizando el ESAL de acuerdo al diseño calculado, también se presentan los datos para el diseño estabilizado.

Figura 20

Datos para el diseño sin estabilizar

The screenshot shows a software interface for pavement design. It features several sections for inputting parameters:

- estabilizado / no estabilizado**: Radio buttons for selecting the design type.
- HMA capa 1**: Fields for minimum thickness (200 milímetro), maximum thickness (200 milímetro), and coefficient (0.17).
- HMA capa 2**: Disabled section.
- HMA capa 3**: Disabled section.
- base agregada**: Enabled section with fields for minimum thickness (100 milímetro), maximum thickness (100 milímetro), coefficient (1.24), and drainage factor (1.35).
- subbase**: Enabled section with fields for minimum thickness (150 milímetro), maximum thickness (150 milímetro), coefficient (1.06), and drainage factor (1.35).
- Módulo resiliente de la subrasante**: Input field with value 88.471 and unit MPa.
- Estabilizar subrasante**: Dropdown menu set to "No".
- Geosintético de separación**: Dropdown menu set to "No".

Para el diseño del pavimento flexible sin geomallas multiaxial se tendrán los mismos coeficientes.

Figura 21

Pavimento flexible con y sin geomalla con ESAL en el diseño.



La norma ASSTHO 93 establece recomendaciones precisas de espesor para los pavimentos flexibles que no incorporan geomalla multiaxial. No obstante, en el caso de los pavimentos flexibles que incorporan geomalla multiaxial, el espesor de las capas se modifica en función de la Carga por Eje Simple Equivalente (ESAL) utilizada en el diseño de pavimentos flexibles convencionales.

Figura 22

Numero estructural con ESAL

estabilizado	Espesor	coef.	número de serie
HMA capa 1	200 mm	0.49	1.004
Base agregada (TX8)	150 mm	0.21	1.356
subbase	100 mm	0.13	0.909
Número estructural (SN)			3.269

no estabilizado	Espesor	coef.	número de serie
HMA capa 1	150 mm	0.49	1.004
base agregada	110 mm	0.21	0.893
subbase	100 mm	0.13	0.909
Número estructural (SN)			2.806

Para culminar como resultado los distintos espesores de las capas y los coeficientes estructurales fueron 3.269 y 2.806.

CONCLUSIONES

PRIMERO Los resultados indican que la incorporación de geomallas triaxiales como refuerzo en pavimentos flexibles tiene beneficios notables, que incluyen espesor reducido, mayor resistencia y menor vulnerabilidad a la degradación por variables ambientales del suelo. Los hallazgos indican que las geomallas son una opción factible para mejorar las características físicas y mecánicas del pavimento, lo que lleva a una estructura más resistente y robusta.

SEGUNDO El estudio descubrió que la utilización de geomallas triaxiales en el diseño de pavimentos flexibles proporciona ventajas al permitir determinar la capacidad del pavimento para soportar el peso de los vehículos durante toda su vida útil. Además, se afirma que el coeficiente de resistencia del suelo (CBR) es crucial para evaluar y contrastar pavimentos flexibles con y sin geomallas. El estudio encontró que el pavimento flexible, sin refuerzo de geomalla, tiene un valor de Carga Equivalente por Eje Único (ESAL) de 2484289. Se determinó que el pavimento tenía una durabilidad de 20 años y estuvo expuesto a tránsito tipo TP 6. Esto sirve como base para evaluar la influencia de las geomallas tanto en la capacidad del pavimento para soportar peso como en su durabilidad.

TERCERO Para lograr este objetivo, se realizaron estudios de laboratorio para determinar las características del terreno y obtener el número apropiado de relación de rodamiento de California (CBR). Este estudio nos permite evaluar si existe la necesidad de reforzar la capa base o subbase mediante el uso de geosintéticos como geomallas o agregados químicos alternativos. Las geomallas triaxiales han demostrado la capacidad de mejorar las propiedades físicas del suelo, optimizar la distribución de cargas y controlar las deformaciones utilizando



su módulo elástico y su resistencia a tensiones y fuerzas cortantes. El espesor de las capas de pavimento se determina de acuerdo con ciertos lineamientos, como las normas AASHTO – 93 y MTC, durante el proceso de diseño de la estructura. El uso de software especializado como TENSAR permite obtener resultados precisos y minimiza las posibilidades de errores, a diferencia del diseño manual. Esto subraya la importancia de la longevidad del pavimento, que es un factor crucial para establecer el diseño más apropiado.



RECOMENDACIONES

PRIMERO Para garantizar el éxito de futuras investigaciones, se recomienda tener en cuenta los parámetros técnicos del tipo de geomalla específico que se utilizará. Cada categoría tiene un propósito único y es esencial elegir la más beneficiosa en función de la duración esperada del proyecto.

SEGUNDO Las empresas deben priorizar el mantenimiento preventivo periódico de la infraestructura vial una vez finalizada para garantizar que la ruta se mantenga en excelentes condiciones.

TERCERO Para llevar a cabo una investigación exhaustiva sobre la aplicación de geomallas para mejorar la estructura del pavimento, es imperativo que los futuros estudiantes de tesis posean una comprensión completa de los desafíos relacionados con el área de estudio. Para garantizar un resumen lúcido y conciso de los objetivos del proyecto.



REFERENCIAS

Alvarez, A. E., Espinosa, L. V., Ortiz, P. A., Hurtado, M. D., Cotes, L. E., & López, Y. M. (2019). Evaluación de la degradación por compactación de materiales granulares tipo subbase. *Revista EIA*, 16(31), Article 31. <https://doi.org/10.24050/reia.v16i31.746>

Andrade Ruiz, yesica. (2019, noviembre 11). *Registro de Documentos* [Pagina del congreso]. validación de instrumentos. https://www2.congreso.gob.pe/sicr/biblioteca/Biblio_con.nsf/999a45849237d86c052577920082c0c3/96B415B0E5B5C0AA052584AF006B7372

Angulo Roldan, M., & Zavaleta Papa, C. N. (2021). *ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO – MECÁNICAS COMO CAPA DE RODADURA EN LA PROLONGACIÓN NAVARRO CAUPER, DISTRITO SAN JUAN – MAYNAS – IQUITOS, 2019*. <http://repositorio.ucp.edu.pe/handle/UCP/1220>

Antaurco Vega, D. J. (2019). Diseño de concreto permeable para pavimento rígido usando escoria de cobre en el distrito Independencia, Ancash, 2019. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/44401>

Armas Gil, I. J. H. (2018). Evaluación del estado de conservación del pavimento flexible de la carretera Cajabamba—Río Negro, utilizando el método Vizir. *Universidad Nacional de Cajamarca*. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2540>

Baque Solis, B. S. (2020). Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método del PCI de la carretera puerto-aeropuerto (Tramo II), Manta. Provincia de Manabí. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), 203-228.

Bobadilla Peña, J. R., Tigre Acosta, J. J., Tesen Muñoz, F. L., Muñoz Pérez, S. P., Bobadilla Peña, J. R., Tigre Acosta, J. J., Tesen Muñoz, F. L., & Muñoz Pérez, S. P. (2022). Uso de polímeros en asfalto: Una revisión. *Gaceta Técnica*, 23(1), 94-109. <https://doi.org/10.51372/gacetatecnica231.7>



Cahuapaza Condori, C. M. (2020). Incidencia de la geomalla biaxial en el módulo resiliente de la subrasante de diseño para pavimentos flexibles Puno 2020. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64225>

Chaparro Quevedo, A. M., & Hernández Rubio, M. A. (2018). *Estudio de caso (Parte A): Utilización de fresado estabilizado con emulsión catiónica de rompimiento lento como capa de base en la localidad de suba, calle 134 entre Kr 151 a y Kr 152 en el barrio Lisboa, Bogotá D.C.* <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/17777>

Chavez Vergara, A. R. (2018). "Análisis comparativo entre el pavimento flexible y pavimento rígido en el tramo Mullaca a Chavín. Huaraz—2018". *Universidad César Vallejo*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/25965>

Condori Ticona, J. A. (2021). Influencia de la aplicación del refuerzo con geomalla en la capa de mejoramiento en la respuesta estructural de subrasante de pavimentos flexibles para la Urbanización Taparachi de Juliaca. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12491>

Cuicapuza Taipe, J. S. (2022). Implementación de geomallas biaxiales para aumentar la capacidad de carga del pavimento flexible en la calle Miguel Grau Carabayllo – 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/97457>

Díaz Cepeda, E. A. (2021). Uso de Geomallas Multiaxiales Como Refuerzo en Vías sin Pavimentar con Suelos Blandos o Subrasantes Débiles. *instname:Universidad Antonio Nariño*. <http://repositorio.uan.edu.co/handle/123456789/2130>

Espinoza Pocomucha, J. B. (2021). Análisis comparativo de pavimento flexible con y sin geomalla multiaxial, av. Defensores del Morro, Chorrillos – Lima 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/84970>

Farfan Gonzales, F. J., & Huaquía Díaz, J. L. (2021). Propuesta de mejora de la carpeta asfáltica por medio de fibras de basalto y lignina, para el control de deformaciones permanentes en carreteras sometidas a carga vehicular pesada y altas



temperaturas. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).*

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/657377>

Fernandez Vasquez, V. J. (2020). Evaluación de las fallas estructurales del pavimento flexible de la avenida Francisco Vidal, Huacho. *Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.* <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/4002>

Flores Paja, E. D., & Mamani Cutipa, V. (2021). Evaluación experimental de la incorporación de geomallas triaxiales para mejorar la sub rasante de pavimentos flexibles, región puno-2021. *Repositorio Institucional - UCV.* <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66438>

Foti, P., Razavi, N., Fatemi, A., & Berto, F. (2023). Multiaxial fatigue of additively manufactured metallic components: A review of the failure mechanisms and fatigue life prediction methodologies. *Progress in Materials Science*, 137, 101126. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2023.101126>

García, L. A. M. (2023). *Logística del transporte y distribución de carga.* Ecoe Ediciones.

Garzón Reina, A. M., & Hernández Méndez, L. Y. (2018). *Diseño de una cartilla guía ilustrativa del proceso constructivo de un pavimento flexible para bajos volúmenes de tránsito en Girardot y la Región* [Thesis]. <http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/5711>

Gómez-Gómez, A., Vinasco-Isaza, L. E., Lima, N. B. de, Tenório, J. A. S., Gómez-Gómez, A., Vinasco-Isaza, L. E., Lima, N. B. de, & Tenório, J. A. S. (2018). Relación entre el tamaño de partícula y el contenido de las fases cristalinas presentes en una escoria de aluminio. *DYNA*, 85(206), 348-354. <https://doi.org/10.15446/dyna.v85n206.74252>

Hassani, A., Taghipoor, M., & Karimi, M. M. (2020). A state of the art of semi-flexible pavements: Introduction, design, and performance. *Construction and Building Materials*, 253, 119196. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119196>



Hernández, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. McGraw-Hill Interamericana.

Jannat, N., Hussien, A., Abdullah, B., & Cotgrave, A. (2020). Application of agro and non-agro waste materials for unfired earth blocks construction: A review. *Construction and Building Materials*, 254, 119346. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119346>

Justiniano Cancha, H. R. (2022). Modelización numérica y diseño de pavimento flexible con reforzamiento de geomallas biaxiales para la reducción del espesor en el pavimento. *Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo*. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/5426>

Kari Benites, M., & Olortegui Herera, J. R. (2019). Propuesta de diseño de pavimento flexible reforzado con Geomalla en la interfaz subrasante—Subbase utilizando la metodología Giroud – Han, para mejorar el tramo de la carretera(vía). *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626363>

Labajos, O. G., & Núñez, J. H. S. (2020). Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.25127/ucni.v3i1.589>

Lubo Gómez, O. A., & Martínez Giraldo, R. A. (2019). *Asfaltos modificados con cauchos en vías primarias en las ciudades Santa Marta, Barranquilla y Bogotá como alternativa de mejoramiento de la capa de rodadura de los pavimentos flexibles entre los años 2012-2019*. <https://hdl.handle.net/20.500.12494/15630>

Mego Vásquez, Y. (2023). Mezcla asfáltica con adición de residuos de caucho en el diseño de carpeta asfáltica, vía Yauyucan—Ninabamba, Santa Cruz—2023. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/126079>



Mendoza, S. H., & Avila, D. D. (2020). Técnicas e instrumentos de recolección de datos. *Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA*, 9(17), Article 17. <https://doi.org/10.29057/icea.v9i17.6019>

Minerales, T. P. (s. f.). *Abrasivo de sand blast y Minerales*. Total Prodinter Minerales. Recuperado 2 de marzo de 2024, de <https://totalprodinter.com/escoria-de-cobre>

Montero, M. A. D., Pineda, K. D. Q., & Juvinao, D. D. L. (2022). Responsabilidad Ambiental de una mina de agregados pétreos. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.17081/invinno.10.2.5704>

Ojeda, D. P. C. (2020). *Universo, población y muestra*.

Qiao, Y., Dawson, A. R., Parry, T., Flintsch, G., & Wang, W. (2020). Flexible Pavements and Climate Change: A Comprehensive Review and Implications. *Sustainability*, 12(3), Article 3. <https://doi.org/10.3390/su12031057>

Quispe Castillo, E. A. (2022). Diseño de pavimento rígido con fibras de vidrio, Jr. Daniel Alcides Carrión, Jr. José Domingo Choquehuanca, Jr. Progreso, provincia San Román, Puno. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/97103>

Reyes, E. (2022). *Metodología de la Investigación Científica*. Page Publishing Inc.

Ruiz, J. J. L. (2021). *Fatigue Deformations in Asphalt Pavements. Defat application Deformaciones por fatiga en Pavimentos Asfálticos. Programa Defat*.

Sika Perú. (2019). *SikaCem® Acelerante PE*.

Tecnología del Hormigón - Unidad 6: Resistencia a la Compresión by Instituto del cemento y del hormigón - Issuu. (2022, enero 12). https://issuu.com/ich_mkt/docs/unidad_6.pptx

Tello-Cifuentes, L., Aguirre-Sánchez, M., Díaz-Paz, J. P., Hernández, F., Tello-Cifuentes, L., Aguirre-Sánchez, M., Díaz-Paz, J. P., & Hernández, F. (2021). Evaluación



de daños en pavimento flexible usando fotogrametría terrestre y redes neuronales. *TecnoLógicas*, 24(50), 59-71. <https://doi.org/10.22430/22565337.1686>

Troya Castillo, E., & Alejandra, E. M. (2024). *Predicción de la estructura tridimensional de enzimas con actividad degradadora de poliuretano en el año 2023*. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/12672>

Useche, M. C., Artigas, W., Queipo, B., & Perozo, É. (2019). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos*. Universidad de la Guajira. <https://repositoryinst.uniguajira.edu.co/handle/uniguajira/467>

Vásquez Agip, J. K. (2020). Comparación entre el diseño de pavimento rígido y flexible reforzados con geomalla biaxial en la pavimentación de la Av. Perú de la ciudad de Chota—Cajamarca. *Universidad Nacional de Cajamarca*. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3945>

Vega, S. A. D. L. C., & Cahuana, G. A. P. (2021). Diseño de infraestructura vial con pavimento flexible para mejora de transitabilidad de la avenida Industrial, Lurín, Lima. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, 21, Article 21. <https://doi.org/10.36561/ING.21.9>

Vilchez Ruiz, N. W. (2023). Evaluación de las Propiedades Mecánicas de un Suelo para Pavimento Flexible Utilizando Geomallas de Bambú. *Repositorio Institucional - USS*. <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11378>

Zambrano Mesa, I., Tejeda Piusseaut, E., Aaenlle, A. A., Zambrano Mesa, I., Tejeda Piusseaut, E., & Aaenlle, A. A. (2020). Materiales granulares mejorados con emulsión asfáltica catiónica para subbases de pavimentos. *Infraestructura Vial*, 22(39), 29-42. <https://doi.org/10.15517/iv.v22i39.41574>

Zhang, J., Li, C., Ding, L., & Li, J. (2021). Performance evaluation of cement stabilized recycled mixture with recycled concrete aggregate and crushed brick. *Construction and Building Materials*, 296, 123596. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.123596>



ANEXOS



Anexo. Matriz de Consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cómo determinar el análisis comparativo entre un pavimento flexible y un pavimento con geomallas multiaxiales Triaxs 130s, tramo parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar el análisis comparativo entre un pavimento flexible y un pavimento con geomallas multiaxiales Triaxs 130s, tramo parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El análisis comparativo entre un pavimento flexible y un pavimento con geomallas multiaxiales Triaxs 130s, indica que el pavimento con geomallas es mejor que un pavimento convencional en el tramo parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Pavimentos flexibles</p> <p>Dimensiones: Humedad natural Granulometría Límites de consistencia</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>GEOMALLAS MULTIAXIALES</p> <p>Dimensiones: <i>Conteo vehicular</i> <i>Factores de corrección</i> <i>Dimensiones de las capas</i> <i>Fichas técnicas</i></p>	<p>Software e implementos del laboratorio de suelos</p> <p>Ensayos realizados en el laboratorio de suelos.</p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
<p>¿Cómo determinar el diseño y análisis de suelos tramo parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería?</p> <p>¿Cómo determinar el diseño del pavimento flexible de la parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería?</p> <p>¿Cómo determinar en qué medida el uso de geomallas multiaxial Triax TX130S permitirá reducir espesores en capas de pavimento con el pavimento flexible parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería?</p>	<p>Determinar el diseño y análisis de suelos tramo parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería.</p> <p>Determinar el diseño del pavimento flexible de la parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería.</p> <p>Determinar en qué medida el uso de geomallas multiaxial Triax TX130S permitirá reducir espesores en capas de pavimento con el pavimento flexible parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería.</p>	<p>El diseño y análisis de suelos tramo parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería serán óptimos.</p> <p>El diseño del pavimento flexible de la parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería será óptimo.</p> <p>El uso de geomallas multiaxial Triax TX130S permitirá reducir espesores en capas de pavimento con el pavimento flexible parcialidad Jantha a la parcialidad Huencalla distrito de Platería.</p>		



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



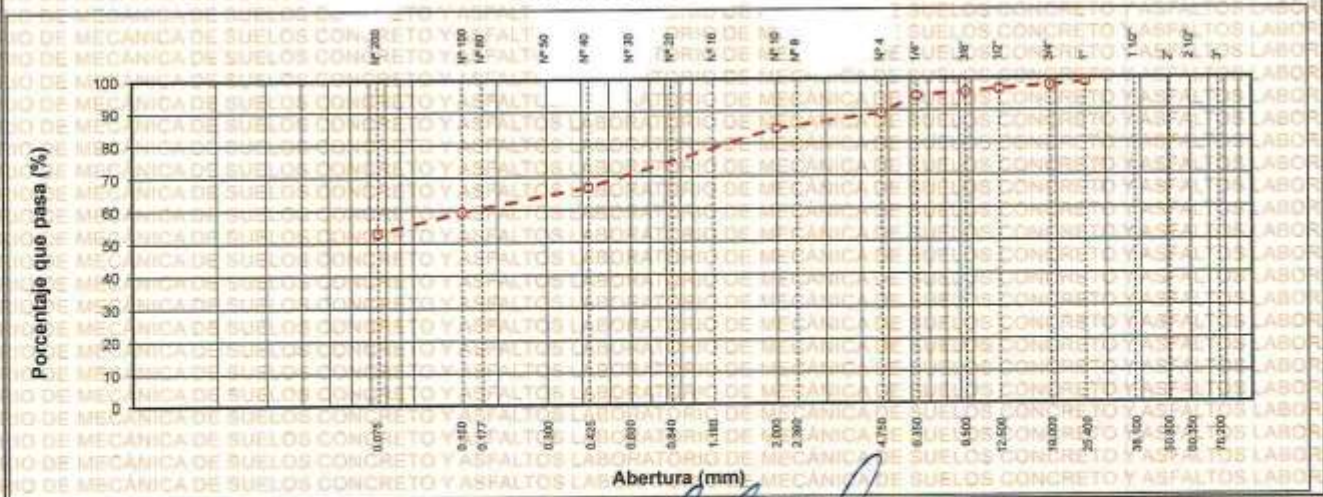
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA-DISTRITO DE PLATERIA		
UBICACIÓN	PROVINCIA PUNO -DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO		
EJECUTOR	Bach. EBER DINO CCOSI CCOSI		
ESTRUCTURA	NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° D1 - M-03		
FECHA	OCTUBRE DEL 2023		
PROCEDENCIA:	SUBRASANTE TRAMO: 00+000	TAMAÑO MÁXIMO:	LADO: Derecho
KM MATERIAL:	SUBRASANTE PROFUNDO: -1.00 m		

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
10"	254.000						Peso inicial seco : 3358.0 gr.
6"	152.400						100.0 gr.
5"	127.000						
4"	101.600						Contenido de Humedad (%): 25.2
3"	76.200						
2 1/2"	60.350	0.0			100.0		
2"	50.800	16.0	0.5	0.5	99.5		Límite Líquido (LL): 32.1
1 1/2"	38.100	30.0	0.9	1.4	98.6	100 100	Límite Plástico (LP): 15.5
1"	25.400	32.0	1.0	2.4	97.6	90 100	Índice Plástico (IP): 16.6
3/4"	19.000	35.0	1.0	3.4	96.8	65 100	Clasificación (SUCS): CL
1/2"	12.500	34.0	1.0	4.4	95.6	45 90	Clasificación (AASHTO): A-8 (6)
3/8"	9.500	37.0	1.1	5.5	94.5		Índice de Consistencia:
1/4"	8.350	180.0	5.4	10.9	89.1		Descripción (AASHTO): MALO
N° 4	4.750	150.0	4.5	15.4	84.6	30 65	Descripción (SUCS):
N° 8	2.360	0.0					Materia Orgánica:
N° 10	2.000	150.0	4.5	19.8	80.2	22 52	Turba:
N° 16	1.190						CU: 0.000 CC: 0.000
N° 20	0.840						OBSERVACIONES:
N° 30	0.600	0.0					Grava > 2": 0.5
N° 40	0.425	450.0	13.4	33.3	66.7	15 35	Grava 2" - N° 4: 14.8
N° 50	0.300	0.0					Arena N° 4 - N° 200: 31.6
N° 80	0.177	0.0					Finos < N° 200: 53.0
N° 100	0.150	250.0	7.4	40.7	59.3		%>3": 0.0%
N° 200	0.075	210.0	6.3	47.0	53.0	5 20	
<N° 200	FONDO	1780.0	53.0	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JERATUNA

BIE: B006-00301888



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



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAJIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA

UBICACIÓN: PROVINCIA PUNO -DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO

EJECUTOR: Bach. EBER DINO COOSI COOSI

ESTRUCTURA : NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 01 - M-01

FECHA : OCTUBRE DEL 2023

PROCEDENCIA: SUBRASANTE

TRAMO: 00+000 KM.

MATERIAL: SUBRASANTE

PROFUNDI: -1.9 m.

TAMAÑO MÁXIMO:

LADO: Derecha

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

N° TARRO		21	33	21
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	87.45	35.12	80.14
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	58.23	59.20	58.43
PESO DE AGUA	(g)	9.22	-24.08	1.71
PESO DEL TARRO	(g)	39.16	38.42	39.64
PESO DEL SUELO SECO	(g)	19.07	20.76	18.79
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	35.00	30.00	28.00
NUMERO DE GOLPES		21	28	33

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

N° TARRO		25	13	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	24.26	24.10	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	22.03	22.06	
PESO DE AGUA	(g)	2.23	2.04	
PESO DEL TARRO	(g)	14.31	12	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	7.72	10.06	
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	15.46	15.60	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



NUMERO DE GOLPES

CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	32.13
LIMITE PLASTICO	15.53
INDICE DE PLASTICIDAD	16.61

OBSERVACIONES



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
Vr. Arnaldo Yana Torres
Dre. 103297

BIE : B006-00301888



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



ASTM D-2216, J. E. Bowles (Experimento N° 1), MTC E 108-2000

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA

UBICACIÓN: PROVINCIA PUNO -DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO

EJECUTOR: Bach. EBER DINO CCOSI CCOSI

ESTRUCTURA : NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N°01 - M-03

FECHA : SETIEMBRE DEL 2023

PROCEDENCIA: SUBRASANTE
TAMAÑO MÁXIMO:

TRAMO: 00+000 KM. **LADO:** Derecho

MATERIAL: SUBRASANTE

PROFUND: -1.9 m.

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara				
Peso Tara + Suelo Humedo	(gr.)	1281.6	1132.8	833.0
Peso Tara + Suelo Seco	(gr.)	1008.7	904.7	675.9
Peso Tara	(gr.)			
Peso Agua	(gr.)	273.0	228.1	157.0
Peso Suelo Seco	(gr.)	1008.7	904.7	675.9
Contenido de Humedad	(gr.)	27.1	25.2	23.2
Promedio (%)		25.168		



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

Mtr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

(ASTM D-1557, MTC-115)

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA

UBICACIÓN : PROVINCIA PUNO - DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO

EJECUTOR : Bach. EBER DINO CCOSI CCOSI

ESTRUCTURA : NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 01 - M-03

FECHA : SETIEMBRE 2023

PROCEDENCIA: SUBRASANTE

TRAMO : 00+000 KM.

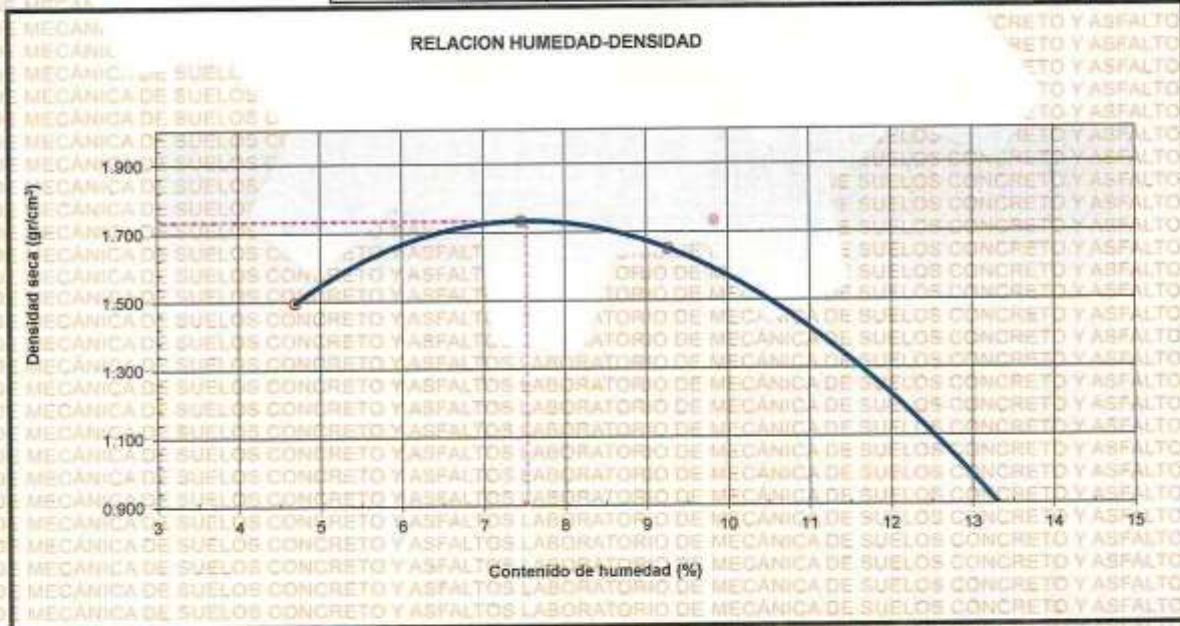
MATERIAL : SUBRASANTE

PROFUNDIDAD : -1.9 m.

TAMAÑO MÁXIMO: Derecho

LADO: Derecho

Número de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	9875	10304	10182	9715	
Peso molde	gr	6350	6350	6350	6350	
Peso suelo húmedo compactado	gr	3325	3954	3832	3385	
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.586	1.863	1.805	1.565	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	273.38	263.15	203.58	430.00	
Peso del suelo seco + tara	gr	261.12	244.86	186.30	264.12	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	12.24	18.29	17.28	165.88	
Peso del suelo seco	gr	261.12	244.86	186.30	264.12	
Contenido de agua	%	4.69	7.47	9.28	62.90	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.496	1.733	1.652	0.974	
	Gravedad Específica (gr/cm ³)		0.000		Densidad máxima (gr/cm ³)	1.73
					Humedad óptima (%)	9.24



Observaciones:

Método Seco.
Pison Manual.
Retenido en la FALSO.
Método de Gravedad Específica MTC E 205 y MTC E 206



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



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



RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.

(ASTM D 1883 - MTC E 132)

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEDMALLAS MULTIAJIALES EN LA CARRETERA JANTHA/HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA

UBICACIÓN : PROVINCIA PUNO - DISTRITO DE PLATERIA, REGION PUNO

EJECUTOR : Sr. EBER DINO CCOSI CCOSI

ESTRUCTURA : NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 01 - M-03

PROCEDENCIA : SUBRASANTE

TRAMO : 00+000 KM.

FECHA : SETIEMBRE DEL 2023

MATERIAL : SUBRASANTE

PROFUND. : -1.9 m

CLASF. (SUCS) : CL
CLASF. (AASHTO) : A-6 (E)

	DENSIDAD MAXIMA		1.733		HUMEDAD ÓPTIMA (%)		9.8	
Molde N°	11		14		21			
Capas N°	5		5		5			
Golpes por capa N°	56		25		12			
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12480	12540	12300	12220	12230			
Peso de molde (g)	7690	8261	7680	8031	7735			
Peso del suelo húmedo (g)	4790	4279	4620	4189	4495			
Volumen del molde (cm³)	2150	2249	2150	2263	2135			
Densidad húmeda (g/cm³)	2.228	1.903	2.149	1.851	2.105			
Tara (N°)	11	15	21	8	7			
Peso suelo húmedo + tara (g)	483.5	514.5	454.3	415.3	496.4			
Peso suelo seco + tara (g)	451.6	480.5	422.6	384.2	461.7			
Peso de tara (g)								
Peso de agua (g)	31.9		31.7		34.6			
Peso de suelo seco (g)	428.9		422.6		461.7			
Contenido de humedad (%)	7.43		7.49		7.50			
Densidad seca (g/cm³)	2.074		1.999		1.959			

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/10/2023	08:00	0	0.49000	0.000	0.00	0.400	0.000	0.00	0.140	0.000	0.0
13/10/2023	08:00	24	1.50000	1.500	1.29	1.100	1.500	0.95	0.810	0.810	0.79
14/10/2023	08:00	48	2.05000	2.050	1.77	1.800	2.050	1.55	0.880	0.880	0.86
15/10/2023	06:00	72	2.06000	2.050	1.77	2.400	2.050	2.07	1.950	1.950	1.93
16/10/2023	08:00	96	2.09000	2.050	1.77	2.420	2.050	2.08	1.980	1.980	1.95

PENETRACION

PENETRACION	STAND.	CARGA	MOLDE N° 11			MOLDE N° 14			MOLDE N° 21								
			Dial (div)	CARGA	CORRECCION	Dial (div)	CARGA	CORRECCION	Dial (div)	CARGA	CORRECCION						
												mm	in	kg/cm2	kg	kg	%
0.000	0.000																
0.835	0.025			0.0			27.5			16.5							
1.270	0.050			96.3			45.0			27.5							
1.905	0.075			123.8			82.5			55.0							
2.540	0.100	70.5		150.0	170.4	12.0	105.0	110.9	7.8	69.0	72.1	5.1					
3.610	0.150			172.5			185.1			103.5							
5.080	0.200	105.7		337.5	338.7	15.9	213.8	205.5	9.7	130.5	131.5	6.2					
6.350	0.250			406.0			241.3			160.3							
7.620	0.300			460.0			270.0			160.5							
10.160	0.400			576.0			315.0			182.3							

Observaciones:

Método seco.
 Sobre carga de Saturación y Penetración anular y ranurada.
 Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza.
 Certificado N° CFM-278-2020



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

00001888

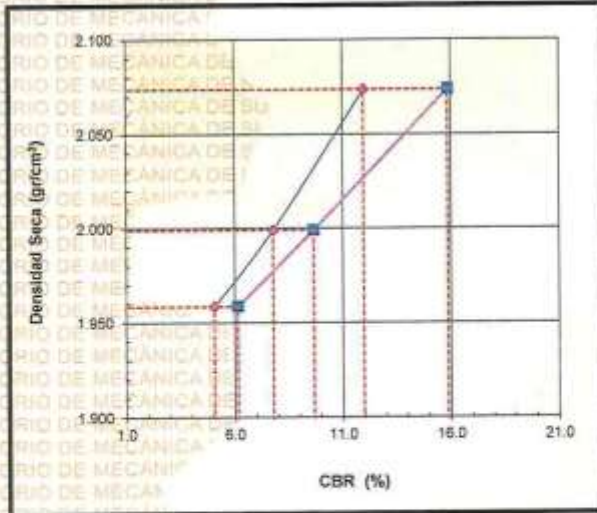


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) Código: F-354

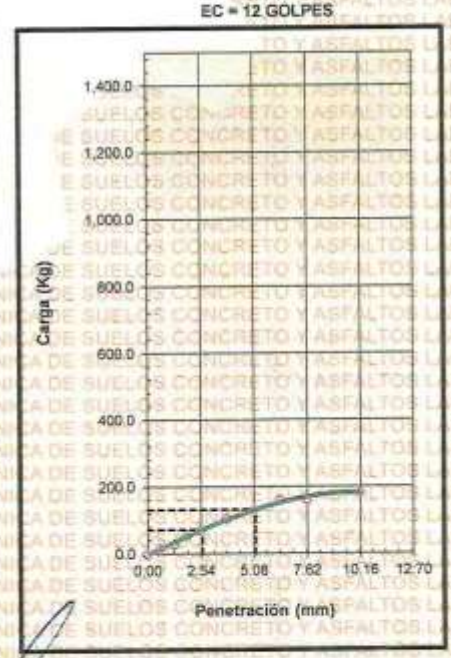
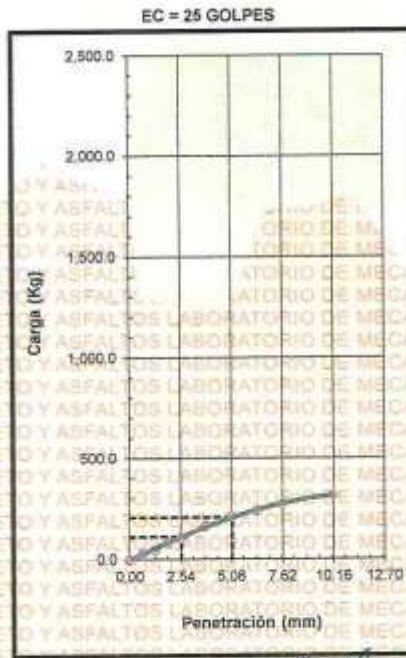
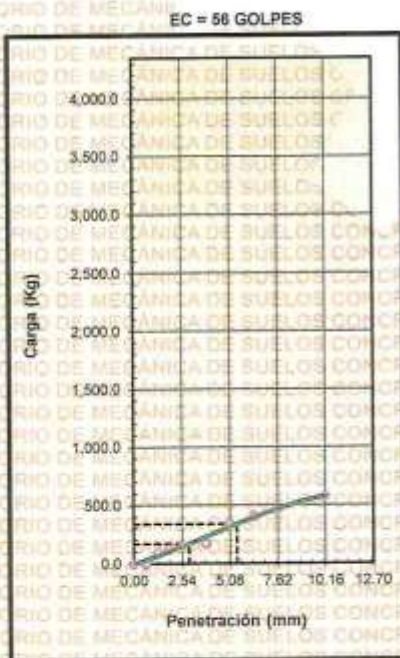
PROYECTO	: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAJIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA	CLASF. (SUCS)	: CL
UBICACIÓN	: PROVINCIA PUNO -DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO	CLASF. (AASHTO)	: A-6 (6)
EJECUTOR	: Bach. EBER DINO CCOSI CCOSI	LADO	: Derecho
ESTRUCTURA	: NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 01 - M-03		
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE		
FECHA	: SETIEMBRE DEL 2023		
TRAMO	: 00+000 KM.		
MATERIAL	: SUBRASANTE		
PROFUND.	: -1.9 m		



METODO DE COMPACTACION	: ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.733
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 9.8
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.647
DENSIDAD INSITU (g/cm³)	:

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	12.0	0.2"	15.9
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	7.8	0.2"	9.7

RESULTADOS CBR a 0.1" = 12.0 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 7.8 (%)



Miguel Armando Yano Cáceres
 CIP: 103257

BIE : 8006-00301888



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



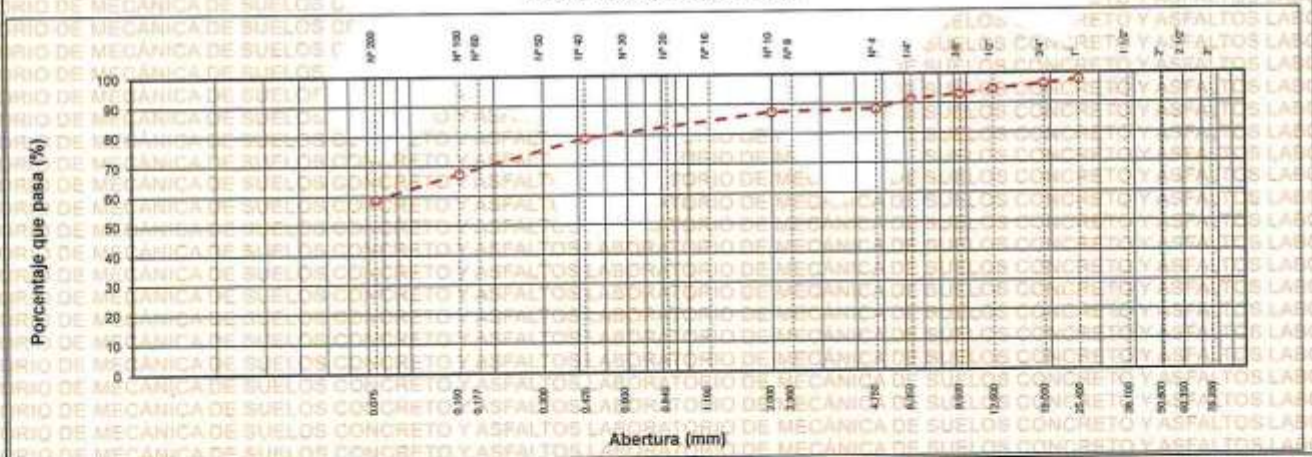
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMANTAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA		
UBICACIÓN	PROVINCIA PUNO - DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO		
EJECUTOR	Bach. EBER DINO COCOSI COCOSI		
ESTRUCTURA	NIVEL DE SUBRASANTE CALCATANA N° 02 - M-03		
FECHA	SEPTIEMBRE DEL 2023		
PROCEDECENCIA:	SUBRASANTE	TAMAÑO MÁXIMO:	25.0 mm
TRAMO:	00+500 KM.	LADO:	IZQUIERO
MATERIAL:	SUBRASANTE		
PROFUND:	-1.85 m.		

TAMIZ	ASHTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
10"	254.000						Peso inicial seco : 2126.0 gr.
6"	152.400						100.0 gr.
5"	127.000						
4"	101.600						Contenido de Humedad (%): 9.6
3"	76.200						
2 1/2"	60.350	0.0			100.0		Limite Líquido (LL): 27.2
2"	50.800	18.0	0.8	0.8	99.2		Limite Plástico (LP): 9.1
1 1/2"	38.100	30.0	1.4	2.3	97.7	100 100	Índice Plástico (IP): 18.1
1"	25.400	32.0	1.5	3.8	96.2	90 100	Clasificación (SUCS): -Cl
3/4"	19.000	35.0	1.6	5.4	94.6	65 100	Clasificación (AASHTO): A-8 (S)
1/2"	12.500	34.0	1.6	7.0	93.0		Índice de Consistencia :
3/8"	9.500	37.0	1.7	8.7	91.3	45 80	Descripción (AASHTO): MALO
1/4"	6.350	65.0	3.1	11.8	88.2		Descripción (SUCS):
N°4	4.750	20.0	0.9	12.7	87.3	30 65	Materia Orgánica :
N°5	2.360	0.0					Turba :
N°10	2.000	45.0	2.1	14.9	85.1	22 52	CU : 0.000 CC : 0.000
N°15	1.190						OBSERVACIONES :
N°20	0.840						Grava > 2" : 0.8
N°30	0.600	0					Grava 2" - N° 4 : 11.9
N°40	0.425	130.0	6.1	21.0	79.0	15 35	Arena N°4 - N° 200 : 29.5
N°50	0.300	0.0					Finos < N° 200 : 58.8
N°80	0.177	0.0					%>3" : 0.0%
N°100	0.150	250.0	11.8	32.7	87.3		
N°200	0.075	180.0	8.5	41.2	58.8	5 20	
< N°200	FONDO	1250.0	58.8	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C. A. S. P. A.
 Ing. EBER DINO COCOSI COCOSI
 CIP: 103257

BIE : B006-00301888



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



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

PROYECTO: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAJIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA

UBICACIÓN: PROVINCIA PUNO - DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO

EJECUTOR: Bach EBER DINO CCOSI CCOSI

ESTRUCTURA: NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 02 - M-02

FECHA: SETIEMBRE DEL 2023 Setiembre del 2023

PROCEDENCIA: SUBRASANTE SUB RAZANTE

TRAMO: 00+500 KM. TAMAÑO MÁXIMO: LADO: IZQUIERO

MATERIAL: SUBRASANTE SUB RAZANTE

PROFUND: -1.85 m. -1.5

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

N° TARRO		11	38	35
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	65.13	66.14	64.53
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	58.23	59.20	58.43
PESO DE AGUA	(g)	6.90	6.94	6.10
PESO DEL TARRO	(g)	40.12	41.50	32.50
PESO DEL SUELO SECO	(g)	18.11	17.70	25.93
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.00	27.00	30.00
NUMERO DE GOLPES		15	27	30

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

N° TARRO		11	14
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	24.26	24.10
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	22.03	22.06
PESO DE AGUA	(g)	2.23	2.04
PESO DEL TARRO	(g)	14.31	12
PESO DEL SUELO SECO	(g)	7.72	10.06
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	9.12	9.17

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	27.21
LIMITE PLASTICO	9.15
INDICE DE PLASTICIDAD	18.02

OBSERVACIONES



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mtr. Anahita Yana Torres
 EIP 103257

BIE : 8006-00301888



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: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA

UBICACIÓN: PROVINCIA PUNO -DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO.

EJECUTOR: Bach.EBER DINO COOSI COOSI

ESTRUCTURA : NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 02 - M-03

FECHA : SETIEMBRE DEL 2023.

PROCEDENCIA: SUBRASANTE **TAMAÑO MÁXIMO:**

TRAMO: 00+500 KM. **LADO:** IZQUIERO

MATERIAL: SUBRASANTE

PROFUND: -1,85 m.

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara				
Peso Tara + Suelo Humedo	(gr.)	1452.5	1283.8	944.0
Peso Tara + Suelo Seco	(gr.)	1308.5	1170.9	871.7
Peso Tara	(gr.)			
Peso Agua	(gr.)	144.1	113.0	72.3
Peso Suelo Seco	(gr.)	1308.5	1170.9	871.7
Contenido de Humedad	(gr.)	11.0	9.6	8.3
Promedio (%)		9.65		


 Mgtr. Arnaldo Tardes Torres
 CIP 109257



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



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA

UBICACIÓN : PROVINCIA PUNO -DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO

EJECUTOR : Bach. EBER DINO CCOSI CCOSI

ESTRUCTURA : NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 02 - M-03

FECHA : SETIEMBRE 2023

PROCEDECENCIA: SUBRASANTE

TAMAÑO MÁXIMO:

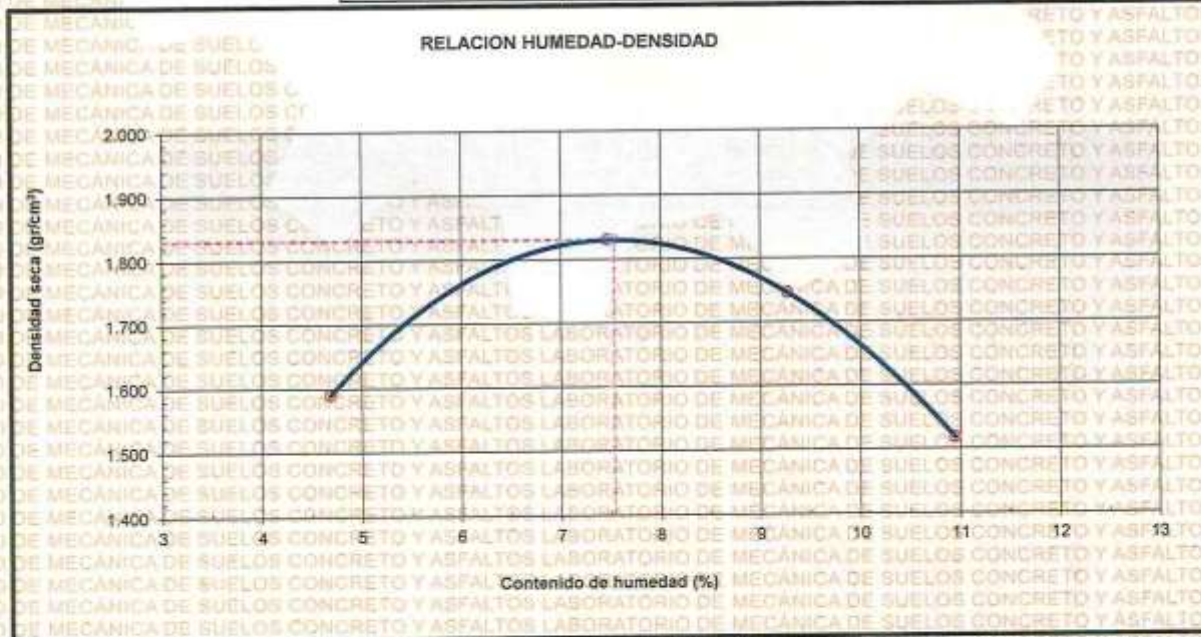
TRAMO : 00+500 KM.

LADO: IZQUIERO

MATERIAL : SUBRASANTE

PROFUND : -1.85 m.

Número de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	9883	10526	10401	9924	
Peso molde	gr	6350	6350	6350	6350	
Peso suelo húmedo compactado	gr	3533	4176	4051	3574	
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.664	1.967	1.908	1.683	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	455.60	438.58	339.30	488.40	
Peso del suelo seco + tara	gr	435.20	408.10	310.50	440.20	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	20.40	30.48	28.80	48.20	
Peso del suelo seco	gr	435.20	408.10	310.50	440.20	
Contenido de agua	%	4.69	7.47	9.28	10.95	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.590	1.830	1.746	1.517	
	Gravedad Específica (gr/cm ³)		0.000	Densidad máxima (gr/cm ³)		1.83
				Humedad óptima (%)		7.54



Observaciones:

Método Seco.
Pison Manual.
Retenido en la FAL 50"



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

[Signature]

Acta Anual de BIE: B006-00301888

Método de Gravedad Específica MTC E 205 y MTC E 206.



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



RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.

(ASTM D-1883 - MTC E 132)

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAJIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENICALLA DISTRITO DE PLATERIA

UBICACIÓN : PROVINCIA PUNO - DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO

EJECUTOR : Bach. EBER DINO CCOSI CCOSI

ESTRUCTURA : NIVEL DE SUBRASANTE - CALICATA N° 02 - M-03

PROCEDENCIA : SUBRASANTE

TRAMO : 00+500 KM

FECHA : SETIEMBRE DEL 2023

MATERIAL : SUBRASANTE

PROFUND. : 1.85 m

SUBRASANTE : -1.6

CLASF. (SUCS) : CL

CLASF. (AASHTO) :

	DENSIDAD MÁXIMA		1.830		HUMEDAD ÓPTIMA (%)		7.5	
Molde N°	11		14		21		21	
Capas N°	5		5		5		5	
Golpes por capa N°	55		25		12		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12355	12415	12177	12098	12108			
Peso de molde (g)	7690	8261	7690	8031	7735			
Peso del suelo húmedo (g)	4665	4154	4497	4067	4373			
Volumen del molde (cm ³)	2150	2249	2150	2263	2135			
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.170	1.847	2.092	1.797	2.048			
Tara (N°)	11	15	21	8	7			
Peso suelo húmedo + tara (g)	493.3	525.0	483.5	423.7	506.4			
Peso suelo seco + tara (g)	460.8	490.2	431.2	392.0	471.1			
Peso de tara (g)								
Peso de agua (g)	32.5		32.3		35.3			
Peso de suelo seco (g)	428.9		431.2		471.1			
Contenido de humedad (%)	7.58		7.49		7.50			
Densidad seca (g/cm ³)	2.017		1.946		1.905			

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%		
12/10/2023	08:00	0								
13/10/2023	08:00	24								
14/10/2023	08:00	48								
15/10/2023	08:00	72								
16/10/2023	08:00	96								

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N° 11			MOLDE N° 14			MOLDE N° 21									
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION									
									mm	in	kg/cm ²	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg
0.000	0.000																
0.635	0.025			54.0			26.4			15.8							
1.270	0.050			82.4			43.2			26.4							
1.905	0.075			118.8			79.2			52.8							
2.540	0.100	70.5		144.0	162.0	11.4	100.8	106.4	7.5	66.2	69.2	4.9					
3.810	0.150			165.6			158.5			99.4							
5.080	0.200	105.7		324.0	319.5	15.0	205.2	198.2	9.3	125.3	126.2	5.9					
6.350	0.250			389.8			231.6			153.8							
7.620	0.300			441.6			259.2			154.1							
10.160	0.400			552.0			302.4			175.0							

Observaciones:

Método seco.
Sobre carga de Saturación y Penetración anular y ranurada.
Prensa de CBR con Indicador de lectura digital y transductor de los datos.
Certificado N° CFM-278-2020



INVESTIGACIÓN DE INVESTIGACIÓN DE INVESTIGACIÓN
FICP - CBR INGENIERÍA CIVIL

BIE : B006-00301888



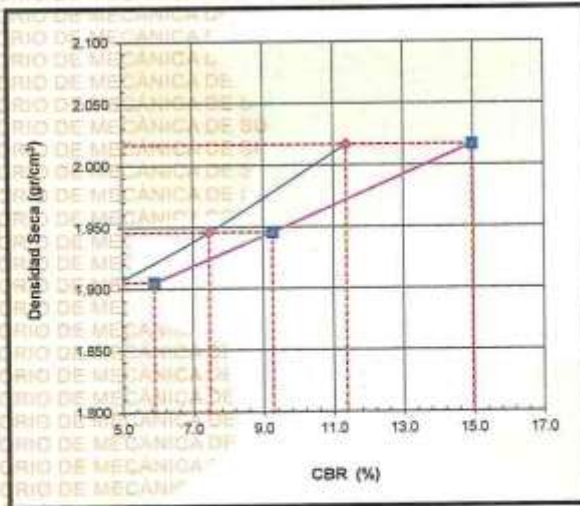
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.

(ASTM D 1883 - MTC E 132) Código: F-354

PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAJIALES EN LA CARRETERA JANTHA		
UBICACIÓN	HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA		
UBICACIÓN	PROVINCIA PUNO - DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO		
EJECUTOR	Bach. EBER DINO CCOSI CCOSI		
ESTRUCTURA	NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 02 - M-03		
PROCEDECENCIA	SUBRASANTE	CLASF. (SUCS)	CL
FECHA	SEPTIEMBRE DEL 2023	CLASF. (AASHTO)	A-6 (8)
TRAMO	00+500 KM.	LADO	IZQUIERO
MATERIAL	SUBRASANTE		
PROFUND.	-1.85 m	SUB RAZANTE	-1.6

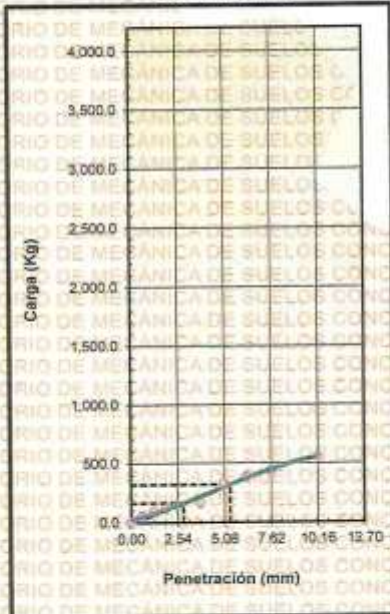


METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.830
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.5
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.739
DENSIDAD INSITU (g/cm³)	:

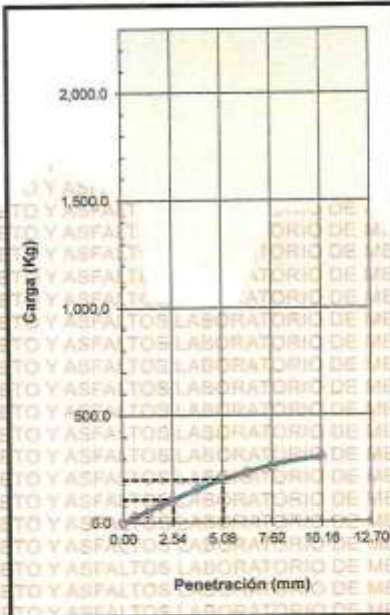
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	11.4	0.2"	15.0
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	7.5	0.2"	9.3

RESULTADOS CBR a 0.1": = 11.4 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 7.5 (%)

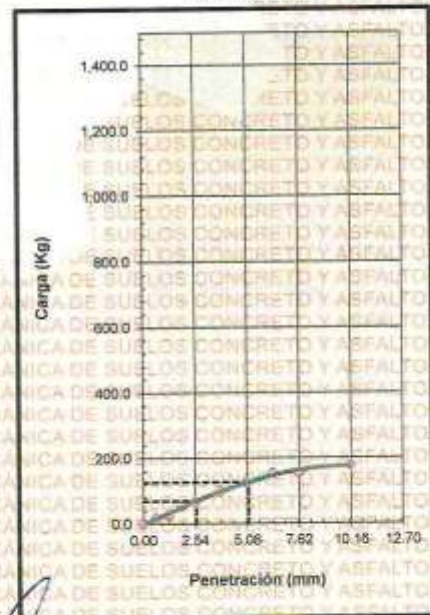
EC = 56 GÓLPE



EC = 25 GÓLPE



EC = 12 GÓLPE



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
Ing. Arnoldo Yana Turres
CIP: 03257

BIE - 0006-00301888



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

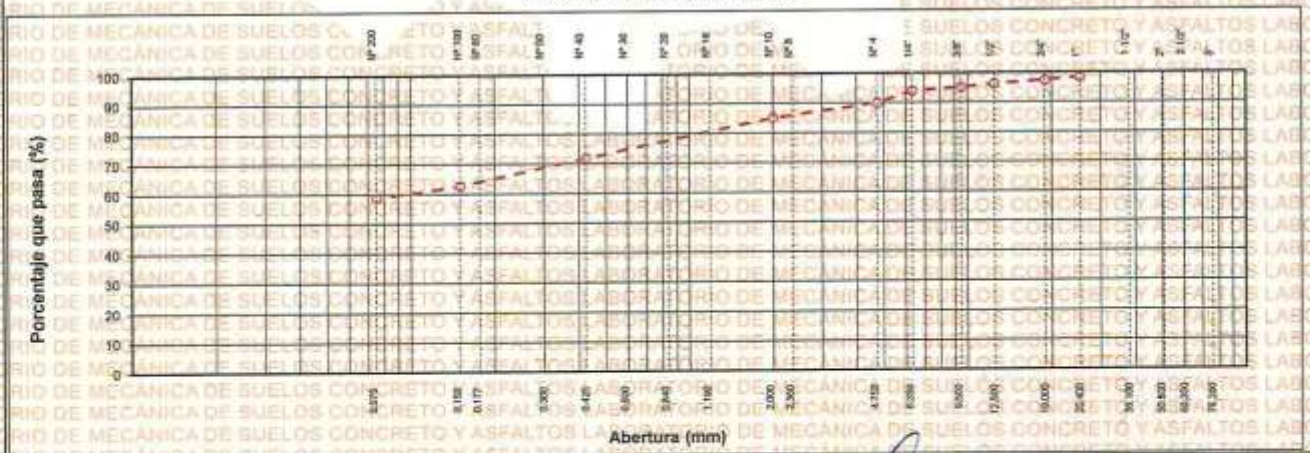


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422 - MTC E107 - MTC E204 - ASTM C136)

PROYECTO:	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAJIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA	TAMAÑO MÁXIMO:	
UBICACIÓN:	PROVINCIA PUNO - DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO	LADO:	Derecho
EJECUTOR:	Bach EBER DINO COOSI COOSI		
ESTRUCTURA:	NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 03 - M-03		
FECHA:	SEPTIEMBRE DEL 2023		
PROCEDENCIA:	SUBRASANTE		
TRAMO:	00+100 KM.		
MATERIAL:	SUBRASANTE		
PROFUND:	-1.55 m.		

TAMIZ	ASIENTO T-27 (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUJELLADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
10"	254.000						Peso inicial seco : 3036.0 gr.
6"	152.400						100.0 gr.
5"	127.000						
4"	101.600						Contenido de Humedad (%): 23.7
3"	76.200	0.0					Limite Líquido (LL): 34.2
2 1/2"	60.300	0.0			100.0		Limite Plástico (LP): 22.7
2"	50.800	18.0	0.6	0.6	99.4	100 100	Indice Plástico (IP): 11.5
1 1/2"	38.100	30.0	1.0	1.6	98.4	65 100	Clasificación (SUCS): CL
1"	25.400	32.0	1.1	2.6	97.4	90 100	Clasificación (AASHTO): A-6(6)
3/4"	19.000	35.0	1.2	3.8	96.2	45 80	Indice de Consistencia:
1/2"	12.500	34.0	1.1	4.9	95.1		Descripción (AASHTO): MALO
3/8"	9.500	37.0	1.2	6.1	93.9		Descripción (SUCS):
1/4"	6.350	120.0	4.0	10.1	89.9		Materia Orgánica:
N° 4	4.750	150.0	4.9	15.0	85.0	30 55	Turba: -
N° 8	2.380	0.0					CU: 0.000 CC: 0.000
N° 10	2.000	280.0	9.2	24.2	75.8	22 52	OBSERVACIONES:
N° 15	1.190						Grava > 2": 0.6
N° 20	0.840						Grava 2" - N° 4: 14.4
N° 30	0.600	0					Arena N° 4 - N° 200: 28.4
N° 40	0.425	120.0	4.0	28.2	71.8	15 35	Finos < N° 200: 58.6
N° 50	0.300	0.0					% > 3": 0.0%
N° 80	0.177	0.0					
N° 100	0.150	280.0	9.2	37.4	62.6		
N° 200	0.075	120.0	4.0	41.4	58.6	5 20	
< N° 200	FONDO	1780.0	58.6	100.0	0.0		


CURVA GRANULOMÉTRICA




LABORATORIO M.S.C.A. DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
E.I.P.R. CAR. HUANCALLA
Dr. Arnoldo Pardo Torres

BIE: B006-00301888





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



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA Nº 40

LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA Nº 40

PROYECTO:	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAJIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA		
UBICACIÓN:	PROVINCIA PUNO - DISTRITO DE PLATERIA REGIÓN PUNO		
EJECUTOR:	Bach EBER DIND CCOSI-CCOSI		
ESTRUCTURA :	CAPA DE NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 03 - M-03		
FECHA :	SEPTIEMBRE DEL 2023		
PROCEIDENCIA:	SUBRASANTE	TAMAÑO MÁXIMO:	Derecho
TRAMO:	00+100 KM.	LADO:	
MATERIAL:	SUBRASANTE		
PROFUND:	-1,55 m.		

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

Nº TARRO		14	11	17
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	85.13	86.14	84.53
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	58.23	59.20	58.43
PESO DE AGUA	(g)	6.90	6.94	6.10
PESO DEL TARRO	(g)	39.16	38.42	38.84
PESO DEL SUELO SECO	(g)	19.07	20.78	18.79
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	36.18	33.40	33.40
NUMERO DE GOLPES		18	25	32

LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

Nº TARRO		11	14	
PESO TARRO + SUELO HUMEDO	(g)	24.26	24.10	
PESO TARRO + SUELO SECO	(g)	22.03	22.08	
PESO DE AGUA	(g)	2.23	2.02	
PESO DEL TARRO	(g)	14.31	12	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	7.72	10.06	0.0
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	22.45	23.01	

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	34.19
LIMITE PLASTICO	22.73
INDICE DE PLASTICIDAD	11.46

OBSERVACIONES


Arnaldo Yana Torres
 CIP: 163257

BIE: B006-00301888



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: ANALISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAJIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA

UBICACIÓN: PROVINCIA PUNO -DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO

EJECUTOR: Bach. EBER DINO CCOSI CCOSI

ESTRUCTURA : NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 03 - M-03

FECHA : SETIEMBRE DEL 2023

PROCEDECENCIA: SUBRASANTE **TAMAÑO MÁXIMO:**

TRAMO: 00+100 KM **LADO:** Derecho

MATERIAL: SUBRASANTE

PROFUND: -1.55 m.

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara				
Peso Tara + Suelo Húmedo	(gr.)	1538.0	1359.4	999.5
Peso Tara + Suelo Seco	(gr.)	1227.5	1099.0	818.8
Peso Tara	(gr.)			
Peso Agua	(gr.)	310.5	260.4	180.7
Peso Suelo Seco	(gr.)	1227.5	1099.0	818.8
Contenido de Humedad	(gr.)	25.3	23.7	22.1
Promedio (%)		23.7		



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL (INGENIERÍA CIVIL)
Ing. Arnaldo Yara Torres
C.I. 1032197

BIE : B006-00301888



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



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA

UBICACIÓN : PROVINCIA PUNO -DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO

EJECUTOR : Bach. EBER DINO CCOSI CCOSI

ESTRUCTURA : NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 03 - M-03

FECHA : SETIEMBRE DEL 2023

PROCEDENCIA: SUBRASANTE

TAMAÑO MÁXIMO: Derecho

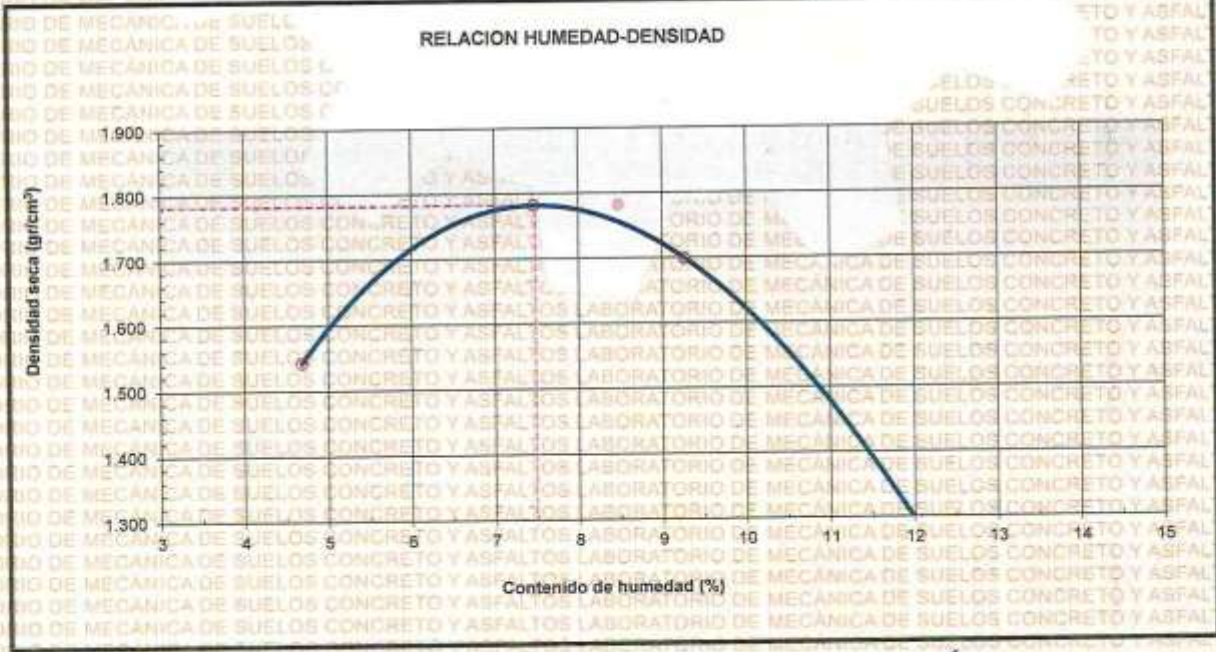
TRAMO : 00+100 KM

LADO: Derecho

MATERIAL : SUBRASANTE

PROFUND : -1.55 m.

Número de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	9779	10415	10291	9819	
Peso molde	gr	6350	6350	6350	6350	
Peso suelo húmedo compactado	gr	3429	4065	3941	3469	
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.615	1.915	1.856	1.634	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	364.48	350.86	271.44	468.40	
Peso del suelo seco + tara	gr	348.16	326.48	248.40	352.16	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	16.32	24.38	23.04	136.24	
Peso del suelo seco	gr	348.16	326.48	248.40	352.16	
Contenido de agua	%	4.69	7.47	9.28	38.69	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.543	1.782	1.699	1.178	
		Gravedad Especifica (gr/cm ³)		Densidad máxima (gr/cm ³)		1.78
		0.000		Humedad óptima (%)		8.49




Observaciones:

Método Seco.
Pison Manual.
Retenido en la FALSO.


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

BIE : B006-00301888





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



RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.

(ASTM D 1883 - MTC E 132)

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAJIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA.

UBICACIÓN : PROVINCIA PUNO - DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO

EJECUTOR : Bach. EBER DINO COOSI COOSI

ESTRUCTURA : NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 03 - M-03

PROCEDENCIA : SUBRASANTE

TRAMO : 00+100 KM.

FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2023

MATERIAL : SUBRASANTE

PROFUND. : ±-1.55 m

CLASF. (SUCS) : CL

CLASF. (AASHTO) : A-6 (6)

	DENSIDAD MÁXIMA		1.782		HUMEDAD ÓPTIMA (%)		8.5	
Molde N°	11		14		21			
Capas N°	5		5		5			
Golpes por capa N°	56		25		12			
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO	
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12355	12415	12177	12098	12108			
Peso de molde (g)	7890	8261	7880	8031	7735			
Peso del suelo húmedo (g)	4665	4154	4497	4067	4373			
Volumen del molde (cm ³)	2150	2249	2150	2263	2135			
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.170	1.847	2.092	1.797	2.048			
Tara (N°)	11	15	21	8	7			
Peso suelo húmedo + tara (g)	463.3	525.0	463.5	423.7	505.4			
Peso suelo seco + tara (g)	480.8	490.2	431.2	392.0	471.1			
Peso de tara (g)								
Peso de agua (g)	32.5		32.3		35.3			
Peso de suelo seco (g)	428.9		431.2		471.1			
Contenido de humedad (%)	7.58		7.49		7.50			
Densidad seca (g/cm ³)	2.017		1.946		1.905			

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/10/2023	08:00	0									
13/10/2023	08:00	24									
14/10/2023	09:00	48									
15/10/2023	09:00	72									
16/10/2023	08:00	96									

NO EXPANSIVO

PENETRACION																	
PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N° 11				MOLDE N° 14				MOLDE N° 21							
		mm	in	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION			
				kg/cm ²	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	
0.000	0.000																
0.635	0.025			58.0				28.6						17.2			
1.270	0.050			100.1				48.8						28.6			
1.905	0.075			128.7				65.8						57.2			
2.540	0.100	70.5		156.0	175.5	12.3		109.2	115.3	8.1				71.8	75.0	5.3	
3.810	0.150			179.4				171.7						107.5			
5.080	0.200	105.7		351.0	346.2	18.2		222.3	214.7	10.1				135.7	136.7	6.4	
6.350	0.250			422.2				250.9						169.7			
7.620	0.300			478.4				280.8						166.9			
10.160	0.400			598.0				327.9						189.5			

Observaciones: Método seco. Sobre carga de Saturación y Penetración. Prensa de CBR con indicador de deformación. Certificado N° CFM-278-2020.

BIE: B006-00301888

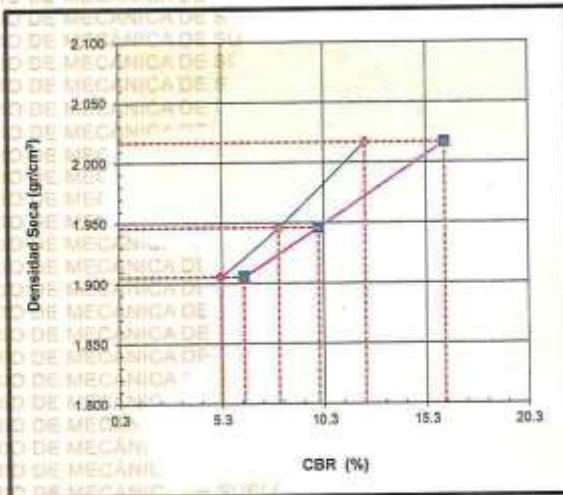


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) Código: F-354

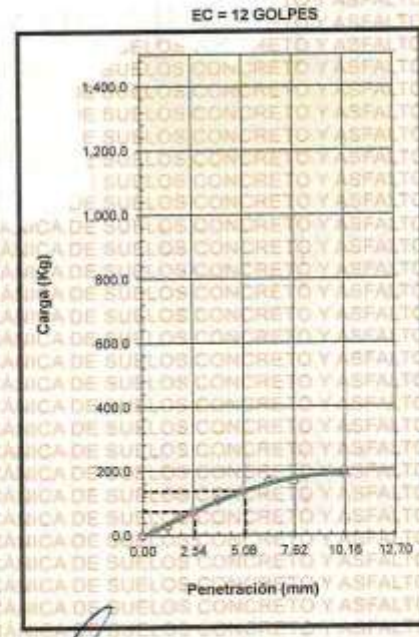
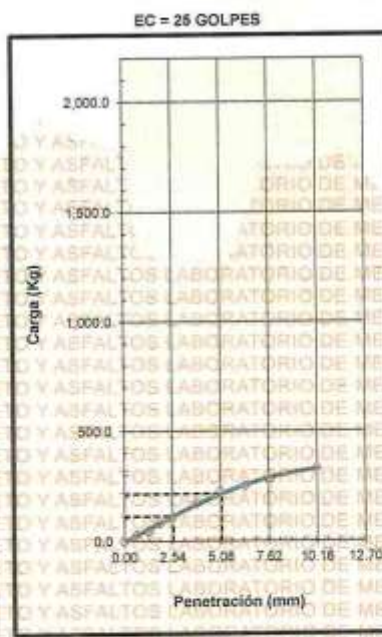
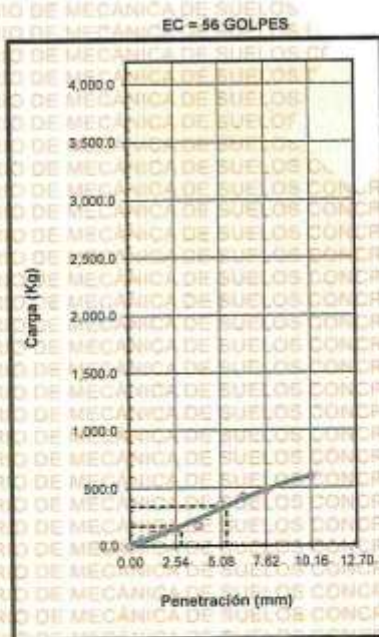
PROYECTO	: ANALISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA		
UBICACIÓN	: HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA		
EJECUTOR	: PROVINCIA PUNO - DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO		
EJECUTOR	: Bach. EBER DINO COOSI COOSI	CLASF. (SUCS)	: CL
ESTRUCTURA	: NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 03 - M-03	CLASF. (AASHTO)	: A-6 (6)
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE	LADO	: Derecho
FECHA	: SEPTIEMBRE DEL 2023		
TRAMO	: 00+100 KM.		
MATERIAL	: SUBRASANTE		
PROFUND.	: -1.55 m		



METODO DE COMPACTACION	: ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.782
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 8.5
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.693
DENSIDAD INSITU (g/cm³)	:

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	12.3	0.2"	16.2
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	8.1	0.2"	10.1

RESULTADOS CBR a 0.1": = 12.34 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 8.11 (%)

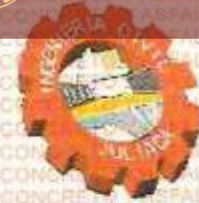


LABORATORIO M.S.C.A. PUNO
 INGENIERIA CIVIL
 RICP - CAR. INGENIERIA CIVIL
 [Signature]

BIE: B006-00301888



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



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA

UBICACIÓN : PROVINCIA PUNO -DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO

EJECUTOR : Bach. EBER DINO CCOSI CCOSI

ESTRUCTURA : NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 01 - M-03

FECHA : SETIEMBRE 2023

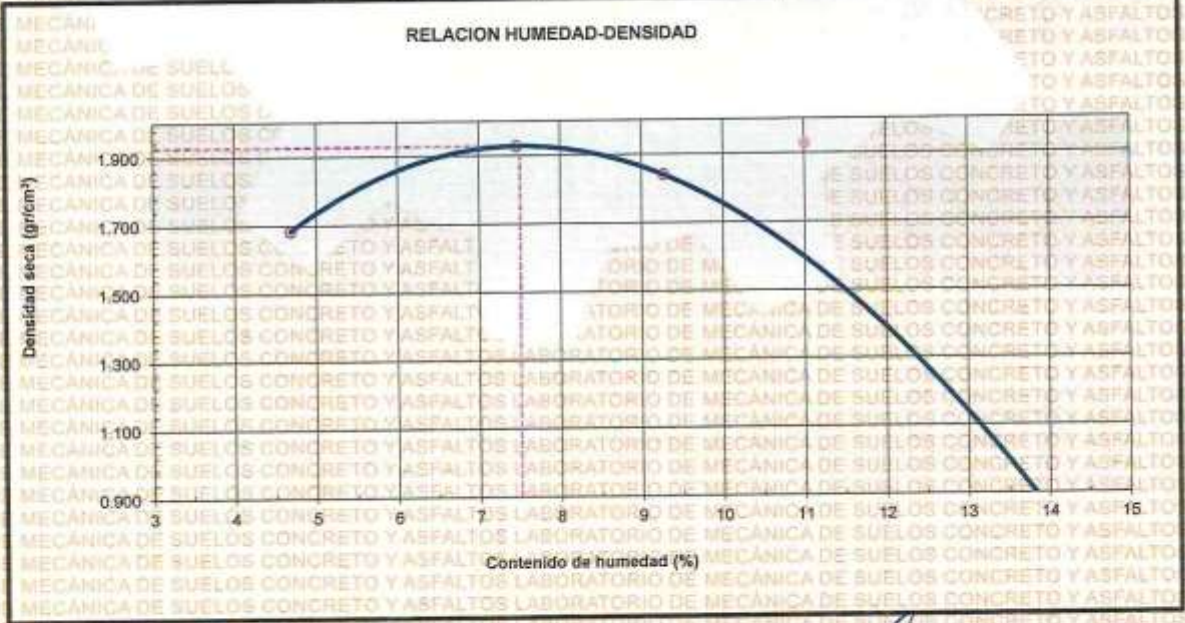
PROCEDENCIA: SUBRASANTE GEOMALLAS MULTIAXIALES INTERMEDIAS EN EL MOLDE **TAMAÑO MÁXIMO:** Derecho

TRAMO : 00+000 KM. **LADO:** Derecho

MATERIAL : SUBRASANTE GEOMALLAS MULTIAXIALES INTERMEDIAS EN EL MOLDE

PROFUND : -1.9 m.

Número de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	10091	10748	10620	10133	
Peso molde	gr	6350	6350	6350	6350	
Peso suelo húmedo compactado	gr	3741	4398	4270	3783	
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.782	2.071	2.011	1.782	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	273.36	263.15	203.58	430.00	
Peso del suelo seco + tara	gr	261.12	244.86	186.30	264.12	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	12.24	18.29	17.28	165.88	
Peso del suelo seco	gr	261.12	244.86	186.30	264.12	
Contenido de agua	%	4.69	7.47	9.28	62.80	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.683	1.927	1.840	1.094	
Gravedad Específica (gr/cm³)		0.000		Densidad máxima (gr/cm³)		1.93
				Humedad óptima (%)		11.01



Observaciones:

Método Seco.
 Pison Manual.
 Retenido en la FALSO.
 Método de Gravedad Específica MTC E-205 y MTC E-206



BIE: B006-00301888



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



RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.

(ASTM D 1883 - MTC E 132)

PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAIXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA	
UBICACIÓN	: PROVINCIA PUNO -DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO	
EJECUTOR	: Bach. EBER DINO CCOSI CCOSI	
ESTRUCTURA	: NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 01 - M-03	
PROCEDENCIA	: SUBRASANTE GEOMALLAS MULTIAIXIALES INTERMEDIAS EN EL MOLDE	CLASF. (SUCS) : CL
TRAMO	: 00+000 KM.	CLASF. (AASHTO) : A-6 (6)
FECHA	: SETIEMBRE DEL 2023	
MATERIAL	: SUBRASANTE GEOMALLAS MULTIAIXIALES INTERMEDIAS EN EL MOLDE	
PROFUND.	: -1.9 m	

	DENSIDAD MAXIMA		1.928		HUMEDAD OPTIMA (%)		11.0	
Molde N°	11	14	21	5	12			
Capas N°	5	5						
Golpes por capa N°	56	25						
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12480	12540	12300	12220	12230			
Peso de molde (g)	7690	8281	7980	8031	7735			
Peso del suelo húmedo (g)	4790	4279	4520	4189	4495			
Volumen del molde (cm ³)	2150	2248	2150	2263	2135			
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.228	1.903	2.149	1.851	2.106			
Tara (N°)	11	15	21	8	7			
Peso suelo húmedo + tara (g)	483.5	514.6	454.3	415.3	496.4			
Peso suelo seco + tara (g)	451.6	480.5	422.5	384.2	481.7			
Peso de tara (g)								
Peso de agua (g)	31.9		31.7		34.6			
Peso de suelo seco (g)	428.9		422.8		451.7			
Contenido de humedad (%)	7.43		7.49		7.50			
Densidad seca (g/cm ³)	2.074		1.999		1.959			

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/10/2023	08:00	0	0.49000	0.000	0.00	0.400	0.000	0.00	0.140	0.000	0.0
13/10/2023	08:00	24	1.50000	1.500	1.29	1.100	1.500	0.95	0.910	0.610	0.79
14/10/2023	08:00	48	2.05000	2.050	1.77	1.600	2.050	1.55	0.880	0.880	0.86
15/10/2023	08:00	72	2.06000	2.050	1.77	2.400	2.050	2.07	1.950	1.950	1.93
16/10/2023	08:00	96	2.09000	2.050	1.77	2.420	2.050	2.08	1.980	1.980	1.95

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N° 11			MOLDE N° 14				MOLDE N° 21									
		mm	in	kg/cm ²	CARGA			CORRECCION			CARGA			CORRECCION				
					Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%		
0.000	0.000																	
0.635	0.025				0.1													
1.270	0.050				231.0													
1.905	0.075				297.0													
2.540	0.100	70.5			360.0	408.9	28.7											
3.810	0.150				414.0													
5.080	0.200	105.7			810.0	813.0	38.1											
6.350	0.250				974.4													
7.620	0.300				1104.0													
10.160	0.400				1380.0													

Observaciones:

Método seco.
Sobre carga de Saturación y Penetración en húmedo y saturado.
Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transceptor de fuerza.
Certificado N° CFM-278-2020

[Firma]
Ing. Arnoldo Yana Torres
CIP 143717

BIE : B006-00301888

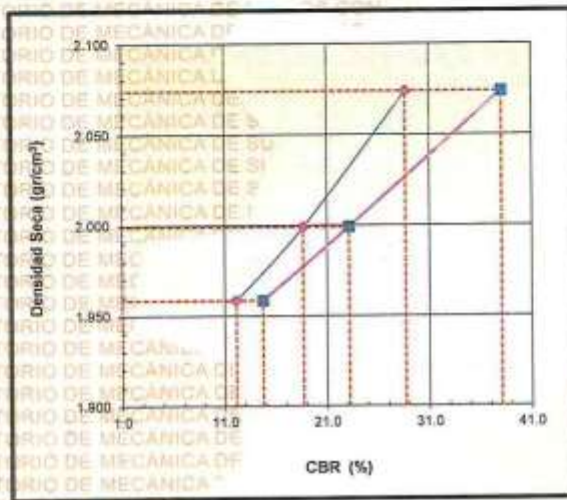


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) Código: F-354

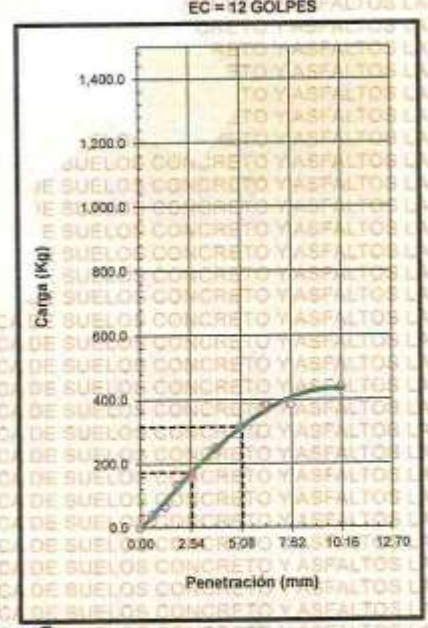
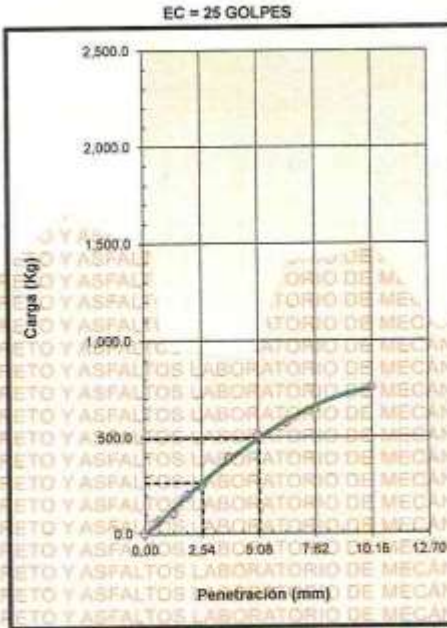
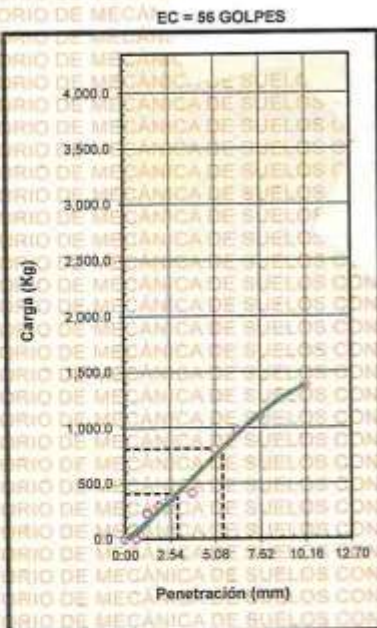
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA		
UBICACIÓN	DISTRITO DE PLATERIA		
EJECUTOR	PROVINCIA PUNO - DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO		
ESTRUCTURA	Bach. EBER DINO CCOSI CCOSI		
PROCEDENCIA	NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 01 - M-03	CLASF. (SUCS)	: CL
FECHA	SUBRASANTE GEOMALLAS MULTIAXIALES INTERMEDIAS EN EL MOLDE	CLASF. (AASHTO)	: A-6 (6)
TRAMO	SETIEMBRE DEL 2023	LADO	: Derecho
MATERIAL	00+000 KM.		
PROFUND.	SUBRASANTE GEOMALLAS MULTIAXIALES INTERMEDIAS EN EL MOLDE		
	-1.9 m		



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.928
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 11.0
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.831
DENSIDAD INSITU (g/cm³) :

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	28.7	0.2"	38.1
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	18.7	0.2"	23.2

RESULTADOS CBR a 0.1" = 28.7 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 18.7 (%)



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 TERCER CARRILLO DE INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C. EBER DINO CCOSI
 Mtro. Arnaldo Yana Torres
 08230257

BIE: B006-00301888



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



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557, MTC-115)

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA

UBICACIÓN : PROVINCIA PUNO -DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO

EJECUTOR : Bach EBER DINO CCOSI CCOSI

ESTRUCTURA : NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 02 - M-03

FECHA : SETIEMBRE DEL 2023

PROCEDENCIA: SUBRASANTE GEOMALLAS MULTIAXIALES INTERMEDIAS EN EL MOLDE

TRAMO : 00+500 KM

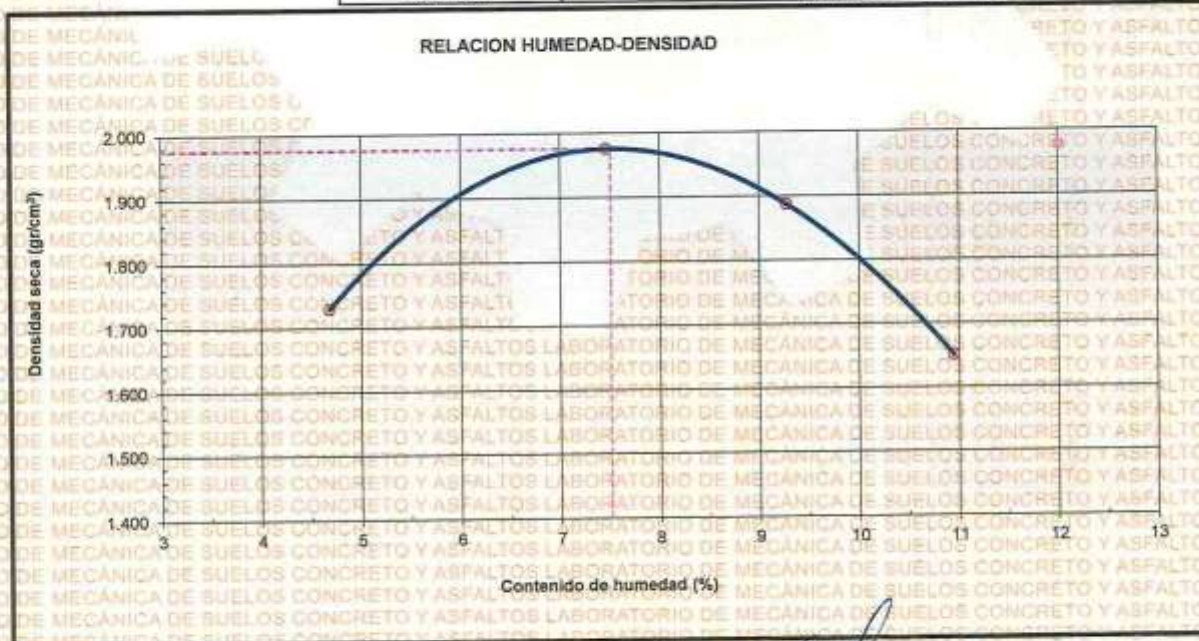
MATERIAL : SUBRASANTE GEOMALLAS MULTIAXIALES INTERMEDIAS EN EL MOLDE

PROFUND : -1.85 m.

TAMAÑO MÁXIMO: 0

LADO: IZQUIERO

Número de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	10195	10858	10729	10237	
Peso molde	gr	6350	6350	6350	6350	
Peso suelo húmedo compactado	gr	3845	4508	4379	3887	
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.811	2.124	2.063	1.831	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	455.60	438.58	339.30	488.40	
Peso del suelo seco + tara	gr	435.20	408.10	310.50	440.20	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	20.40	30.48	28.80	48.20	
Peso del suelo seco	gr	435.20	408.10	310.50	440.20	
Contenido de agua	%	4.69	7.47	9.28	10.95	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.730	1.976	1.888	1.650	
Gravedad Especifica (gr/cm ³)		0.000		Densidad máxima (gr/cm ³)		1.98
				Humedad óptima (%)		12.01



Observaciones:

Método Seco.
Pison Manual.
Retenido en la FALSO.
Método de Gravedad Especifica MTC E 205 y MTC E 206.

EBER DINO CCOSI
 INGENIERO CIVIL
 RUC: 10812301000

BIE: 8006-00301888



RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R.

(ASTM D 1883 - MTC E 132)

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA

UBICACIÓN : PROVINCIA PUNO -DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO

EJECUTOR : Bach. EBER DINO CCOSI CCOSI

ESTRUCTURA : NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 02 - M-03

PROCEDENCIA : SUBRASANTE GEOMALLAS MULTIAXIALES INTERMEDIAS EN EL MOLDE

TRAMO : 00-500 KM.

FECHA : SETIEMBRE DEL 2023

MATERIAL : SUBRASANTE GEOMALLAS MULTIA/SUBRASANTE

PROFUND. : -1.85 m

CLASF. (SUCS) : CL
 CLASF. (AASHTO) :

	DENSIDAD MÁXIMA	1.976	HUMEDAD ÓPTIMA (%)	12.0		
Molde N°	11	14	21			
Capas N°	6	5	5			
Golpes por capa N°	56	26	12			
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12355	12415	12177	12098	12108	
Peso de molde (g)	7690	8261	7690	8031	7735	
Peso del suelo húmedo (g)	4665	4154	4487	4067	4373	
Volumen del molde (cm ³)	2150	2249	2150	2263	2135	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.170	1.847	2.092	1.797	2.048	
Tara (N°)	11	15	21	8	7	
Peso suelo húmedo + tara (g)	493.3	525.0	463.5	423.7	506.4	
Peso suelo seco + tara (g)	460.8	490.2	431.2	392.0	471.1	
Peso de tara (g)						
Peso de agua (g)	32.5		32.3		35.3	
Peso de suelo seco (g)	428.9		431.2		471.1	
Contenido de humedad (%)	7.58		7.49		7.50	
Densidad seca (g/cm ³)	2.017		1.946		1.906	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12/10/2023	09:00	0	0.49000	0.000	0.00	0.400	0.000	0.00	0.140	0.000	0.0
13/10/2023	08:00	24	1.50000	1.500	1.29	1.100	1.500	0.95	0.610	0.810	0.79
14/10/2023	08:00	48	2.05000	2.050	1.77	1.800	2.050	1.55	0.860	0.890	0.86
15/10/2023	08:00	72	2.08000	2.050	1.77	2.400	2.050	2.07	1.950	1.950	1.93
16/10/2023	06:00	96	2.09000	2.050	1.77	2.420	2.050	2.08	1.980	1.980	1.95

PENETRACION

PENETRACION		CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 11			MOLDE N° 14			MOLDE N° 21		
mm	in		CARGA	CORRECCION	%	CARGA	CORRECCION	%	CARGA	CORRECCION	%
0.000	0.000										
0.835	0.025		117.0		57.2				34.3		
1.270	0.050		200.2		93.6				57.2		
1.905	0.075		257.4		171.6				114.4		
2.540	0.100	70.5	312.0	351.0	24.7	218.4	230.6	16.2	143.5	150.0	10.5
3.810	0.150		356.8		343.5				215.3		
5.080	0.200	105.7	702.0	692.3	32.4	444.6	429.4	20.1	271.4	273.5	12.6
6.350	0.250		844.5		501.8				333.3		
7.620	0.300		966.8		561.6				333.8		
10.160	0.400		1196.0		655.2				379.1		

Observaciones:

Método seco.
 Sobre carga de Saturación y Penetración estándar y registrada.
 Prensa de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza.
 Certificado N° CFM-278-2020

[Firma]
 INGENIERO CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

BIE: B006-00301888

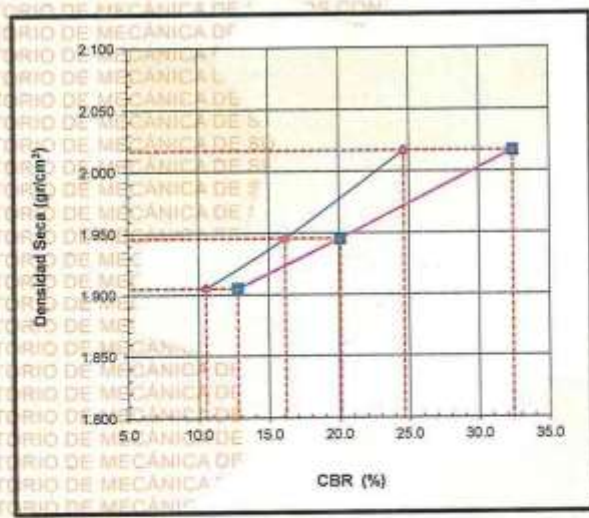


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) Código: F-354

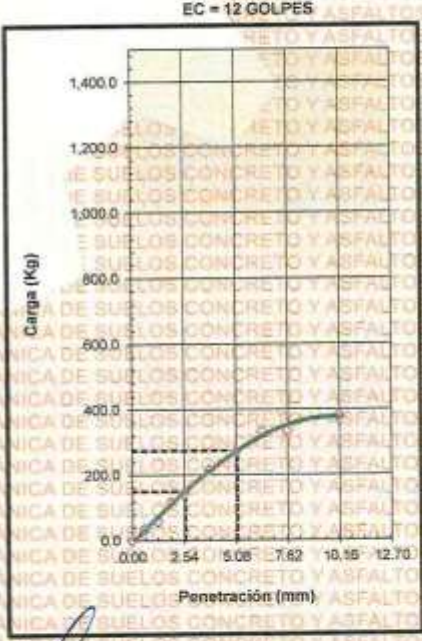
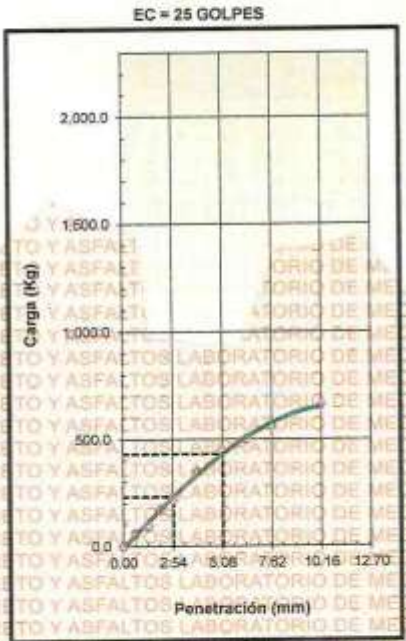
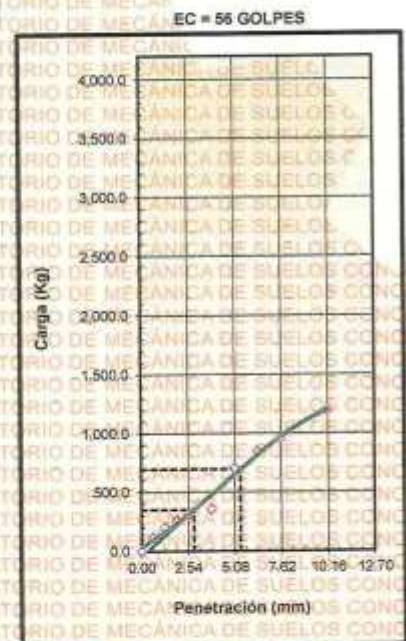
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA		
UBICACIÓN	HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA		
EJECUTOR	PROVINCIA PUNO - DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO		
ESTRUCTURA	Bach EBER DINO CCOSI CCOSI		
PROCEDENCIA	NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 02 - M-03		
FECHA	SUBRASANTE GEOMALLAS MULTIAXIALES INTERMEDIAS EN EL MOL CLASF. (SUCS)		
TRAMO	SETIEMBRE DEL 2023	CLASF. (AASHTO)	: CL
MATERIAL	00+500 KM.	LADO	: IZQUIERO
PROFUND.	SUBRASANTE GEOMALLAS SUB RAZANTE		
	-1.85 m -1.6		



METODO DE COMPACTACION	: ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.976
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 12.0
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.877
DENSIDAD INSITU (g/cm³)	:

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	24.7	0.2"	32.4
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	16.2	0.2"	20.1

RESULTADOS CBR a 0.1": = 24.7 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 16.2 (%)



BIE: B006-00301888



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



ENSAYO PROCTOR MODIFICADO

(ASTM D-1557, MTC-115)

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA

UBICACIÓN : PROVINCIA PUNO - DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO

EJECUTOR : Bach. EBER DINO CCOSI CCOSI

ESTRUCTURA : NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 03 - M-03

FECHA : SETIEMBRE DEL 2023

PROCEDENCIA: SUBRASANTE GEOMALLAS MULTIAXIALES INTERMEDIAS EN EL MOLDE

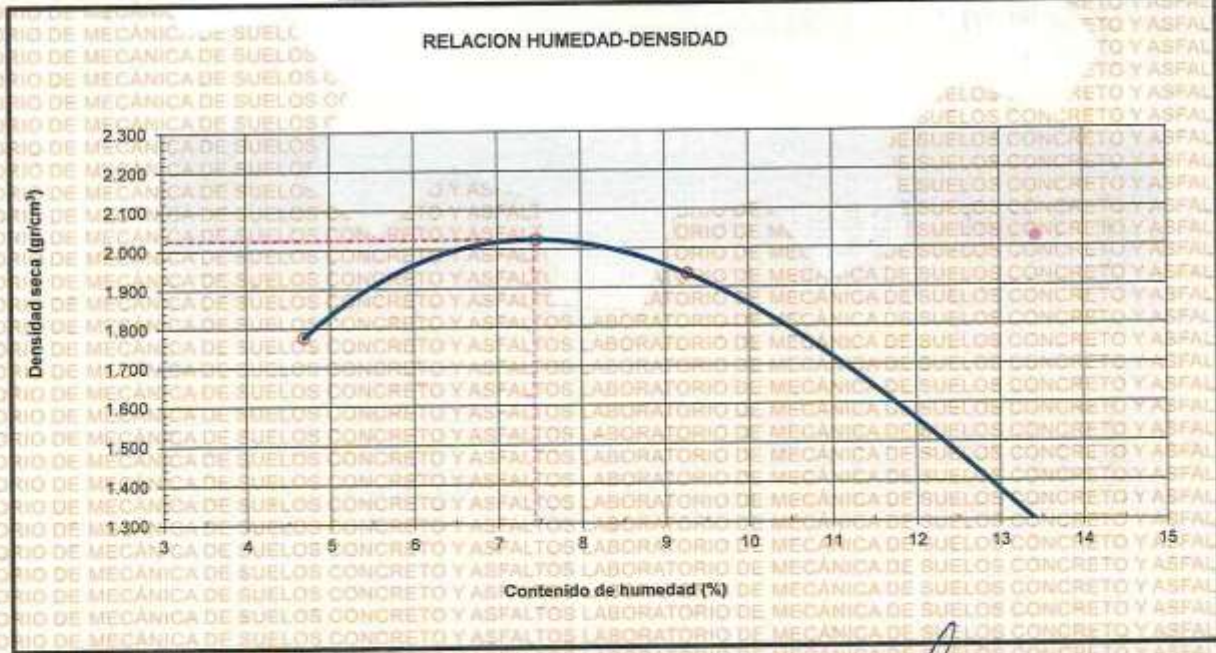
TAMAÑO MÁXIMO: 0

TRAMO : 00+100 KM. **LADO:** Derecho

MATERIAL : SUBRASANTE GEOMALLAS MULTIAXIALES INTERMEDIAS EN EL MOLDE

PROFUND : -1.55 m.

Número de Ensayo		1	2	3	4	5
Peso suelo + molde	gr	10299	10989	10839	10342	
Peso molde	gr	6350	6350	6350	6350	
Peso suelo húmedo compactado	gr	3949	4619	4489	3992	
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123	
Peso volumétrico húmedo	gr	1.860	2.176	2.114	1.880	
Recipiente N°						
Peso del suelo húmedo+tara	gr	400.93	385.95	298.58	488.40	
Peso del suelo seco + tara	gr	382.98	359.13	273.24	387.38	
Tara	gr					
Peso de agua	gr	17.95	26.82	25.34	101.02	
Peso del suelo seco	gr	382.98	359.13	273.24	387.38	
Contenido de agua	%	4.69	7.47	9.28	26.08	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.777	2.025	1.935	1.491	
Gravedad Específica (gr/cm ³)		0.000		Densidad máxima (gr/cm ³)		2.02
				Humedad óptima (%)		13.44



Observaciones:

Método Seco.
Pisón Manual.

[Signature]
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 PUNO - PERÚ

BIE: B006-00301888



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



RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132)

PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA.

UBICACIÓN : PROVINCIA PUNO - DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO

EJECUTOR : Bach. EBER DINO CCOSI CCOSI

ESTRUCTURA : NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 03 - M-03

PROCEDENCIA : SUBRASANTE GEOMALLAS MULTIAXIALES INTERMEDIAS EN EL MOLDE

TRAMO : 00+100 KM.

FECHA : SETIEMBRE DEL 2023

MATERIAL : SUBRASANTE GEOMALLAS MULTIAXIALES INTERMEDIAS EN EL MOLDE

PROFUND. : 1.50 m

CLASIF. (SUCS) : CL

CLASIF. (AASHTO) : A-5 (5)

	DENSIDAD MÁXIMA		2.025		HUMEDAD ÓPTIMA (%)		13.4	
Molde N°	11		14		21			
Capas N°	5		5		5			
Golpes por capa N°	56		25		12			
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO		
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12355	12415	12177	12098	12108			
Peso de molde (g)	7690	8261	7680	8031	7735			
Peso del suelo húmedo (g)	4665	4154	4497	4067	4373			
Volumen del molde (cm ³)	2150	2249	2150	2263	2135			
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.170	1.847	2.092	1.797	2.048			
Tara (N°)	11	15	21	8	7			
Peso suelo húmedo + tara (g)	493.3	525.0	483.5	423.7	506.4			
Peso suelo seco + tara (g)	490.8	490.2	431.2	392.0	471.1			
Peso de tara (g)					35.3			
Peso de agua (g)	32.5		32.3					
Peso de suelo seco (g)	428.9		431.2		471.1			
Contenido de humedad (%)	7.58		7.49		7.50			
Densidad seca (g/cm ³)	2.017		1.946		1.905			

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%				
12/10/2023	06:00	0	0.49000	0.000	0.00	0.400	0.000	0.00	0.140	0.000	0.0			
13/10/2023	05:00	24	1.50000	1.500	1.29	1.100	1.500	0.95	0.810	0.810	0.79			
14/10/2023	08:00	48	2.05000	2.050	1.77	1.800	2.050	1.55	0.880	0.880	0.86			
15/10/2023	05:00	72	2.06000	2.050	1.77	2.400	2.050	2.07	1.950	1.950	1.93			
16/10/2023	08:00	96	2.06000	2.050	1.77	2.420	2.050	2.08	1.980	1.980	1.95			

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N° 11				MOLDE N° 14				MOLDE N° 21				
		mm	in	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	
														kg/cm ²
0.000	0.000													
0.635	0.025			121.5		59.4		35.6						
1.270	0.050			207.9		97.2		59.4						
1.905	0.075			267.3		178.2		118.8						
2.540	0.100	70.5		324.0	354.4	25.6		226.8	239.4	16.6		149.0	156.8	11.0
3.810	0.150			372.6		356.7		223.5				281.9	284.0	13.3
5.080	0.200	105.7		729.0	719.0	33.7		461.7	445.9	20.5		346.1		
6.350	0.250			877.0		521.1		346.1				346.7		
7.620	0.300			993.6		583.2		393.7				393.7		
10.160	0.400			1243.0		680.4								

Observaciones:

Método seco.

Sobre carga de Saturación y Penetración anular y estándar.

Prueba de CBR con indicador de lectura digital y transductor de fuerza.

Certificado N° CFM-278-2020.

Ing. Eber Dino Ccosi

BIE : 8006-00301888

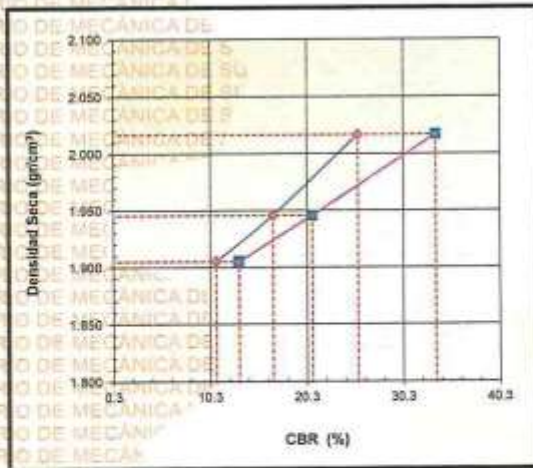


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D 1883 - MTC E 132) Código: F-354

PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA HUENCALLA		
	DISTRITO DE PLATERIA		
UBICACIÓN	PROVINCIA PUNO -DISTRITO DE PLATERIA REGION PUNO		
EJECUTOR	BachEBER DINO COOSI COOSI		
ESTRUCTURA	NIVEL DE SUBRASANTE CALICATA N° 03 - M-03		
PROCEDENCIA	SUBRASANTE GEOMALLAS MULTIAXIALES INTERMEDIAS EN EL MOLDE	CLASF. (SUCS)	CL
FECHA	SETIEMBRE DEL 2023		
TRAMO	00+100 KM.		
MATERIAL	SUBRASANTE GEOMALLAS MULTIAXIALES INTERMEDIAS EN EL MOLDE	CLASF. (AASHTO)	A-6 (6)
PROFUND.	-1.55 m	LADO	Derecho

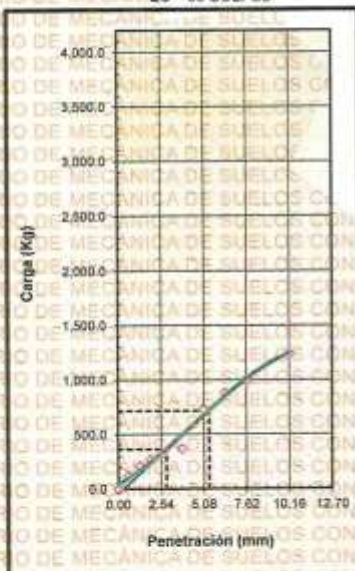


METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557		
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	2.025		
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.4		
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.923		
DENSIDAD INSITU (g/cm³)			

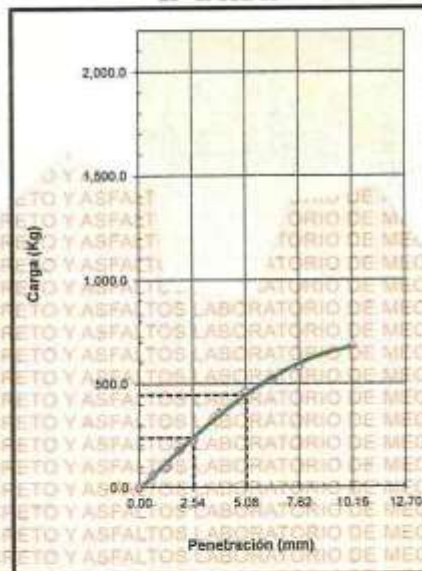
C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	25.6	0.2"	33.7
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	16.8	0.2"	20.9

RESULTADOS CBR a 0.1": = 25.62 (%)
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 16.83 (%)

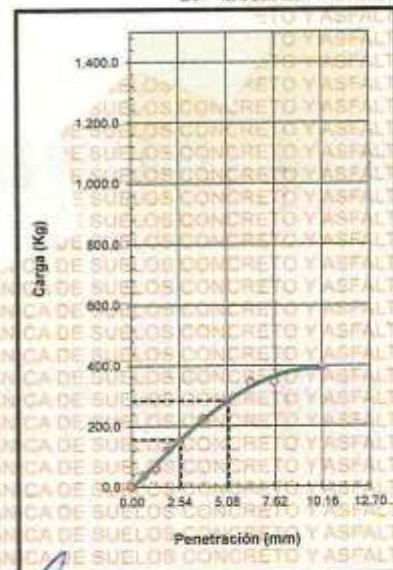
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



[Handwritten Signature]
 Mgtr. *[Name]*
 017-107207

BIE: B006-00301888



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 02-10-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: EBER DINO CCOSI CCOSI

Dirección: C.C. JUAN JOSE CATAORA SAM30

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 73818590

Teléfono: 925738882 email: eberccosi@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

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

Asesor: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTOS FLEXIBLES CON EL USO DE

GEOMALLAS MULTIAXIALES EN LA CARRETERA JANTHA

HUENCALLA DISTRITO DE PLATERIA

Palabras claves, (3 a 5 términos): PAVIMENTOS, GEOMALLAS, TRIAXIALES, PLAVIMENTO FLEXIBLE

¿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 Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17

Firma de Autor



huella digital

02-10-2024

Fecha