

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias e Ingenierías Físicas y Formales
Escuela Profesional de Ingeniería de Minas



**APLICACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA DETERMINAR LA
CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE EN EL DISEÑO DE VÍA DE
LA CARRETERA RURAL RUTA EMP. PE-15 (GLORIA) DISTRITO DE LA JOYA,
PROVINCIA DE AREQUIPA**

Tesis presentada por el Bachiller:

Zevallos Castillo, Antony

Para optar al Título Profesional de

Ingeniero de Minas

Asesor (a):

Dr. Lopez Casaperalta, Patricia

Arequipa - Perú

2022

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA

INGENIERIA DE MINAS

TITULACIÓN CON TESIS

DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 07 de Octubre del 2022

Dictamen: 005329-C-EPIM-2022

Visto el borrador del expediente 005329, presentado por:

2014701051 - ZEVALLOS CASTILLO ANTONY

Titulado:

APLICACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE EN EL DISEÑO DE VÍA DE LA CARRETERA RURAL RUTA EMP. PE-15 (GLORIA) DISTRITO DE LA JOYA, PROVINCIA DE AREQUIPA

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**3119 - REATEGUI ORDOÑEZ FULTON CARLOS PASTOR
DICTAMINADOR**



**9252 - MARTINEZ RODRIGUEZ OLGA GISELLA
DICTAMINADOR**



**9571 - BERNEDO TITO EDWIN JOSE
DICTAMINADOR**





Dedicatoria

*A Dios por su infinita sabiduría, al poder guiarme diariamente por la vía
menos escabrosa.*

*A mi madre Blanca y mi hermano Martin por apoyarme en cada una de las
etapas en la universidad.*

A mis tíos Fernandino y Roger que siempre buscaron lo mejor de mí.

A mi tía Amparo por siempre motivarme a seguir adelante y no rendirme.

*A mi Maestro Jonathan porque más que un profesor fue un amigo que me
nutrió de conocimiento día tras día.*

A mi novia Syhanda, por ser compañera, amiga mía.

*Finalmente, dedico este logro a todos mis seres queridos que ya no se
encuentran a mí lado, pero permanece su cariño en mi corazón.*



Agradecimientos

*A mi Familia, docentes de la Universidad,
amigos y compañeros de estudios, pero ante todo A
Dios por salvaguardarme con salud y bienestar en
esta importante etapa de mi vida.*



Epígrafe

*La inteligencia consiste no sólo en el conocimiento, sino también en la
destreza de aplicar los conocimientos en la práctica.*

Aristóteles

RESUMEN

Este presente proyecto de investigación tiene como finalidad determinar la capacidad de soporte de la subrasante, considerando las propiedades del material extraído de las canteras conyugues al proyecto, mediante la aplicación de los parámetros geotécnicos en la vía Carretera rural ruta EMP. PE-15 (Gloria) distrito de La Joya. Para la puesta en marcha del estudio en canteras y carretera se consideró estudios en campo y laboratorio, haciendo excavaciones tipo trinchera (calicatas) para la obtención de las muestras, para efectuar el estudio geotécnico y analizar sus propiedades físicas. La metodología de la investigación fue aplicada, descriptiva – explicativa, la muestra estuvo constituida por 10 calicatas. Concluyendo que fue posible determinar, que la capacidad de soporte de la vía, en base a la aplicación de los parámetros que tienen una buena estabilidad estructural; el estudio de CBR obtuvo un valor de 21.8% en la vía, se logró garantizar el desempeño y la eficacia de la subrasante y garantizando un afirmado adecuado de manera eficiente, finalmente se puede evidenciar mediante los estudios de post evidencia, que la vía presentó una mejora y da cumplimiento a los estándares establecidos por la norma. En cuanto al espesor del afirmado, garantizará un mejor soporte de la capacidad subrasante, además, complementamos con información de factores que influyen el comportamiento de la subrasante.

Palabras clave: Parámetros geotécnicos, subrasante, capacidad de resistencia, características geomecánicas, diseño de vías, calicatas.

ABSTRACT

This research project has the purpose of determine the support capacity of the subgrade, considering the properties of the excavated material from the quarries close to the project, by using geotechnical parameters on the EMP country road, route PE-15 (Gloria) district of La Joya. To begin the study in quarries and roads, field and laboratory studies were considered, using trench-type excavations (pits) for getting the samples to carry on the geotechnical study and analyze their physical properties. The research methodology was applied, descriptive - explanatory, the sample was constituted of 10 pits. In conclusion, it was possible to determine that the support capacity of the road, based on the application of the parameters, that they have a good structural stability; The CBR study got a value of 21.8% on the road, it was possible to guarantee the performance and effectiveness of the subgrade and guaranteeing a confirmation adequate and efficiently, finally it can be proof by the post-evidence studies, that the road showed an improvement and complies with the standards established by the norm. As to the thickness of the pavement, it will guarantee a better support of the subgrade capacity, in addition we also complement it with factors information that influence the actions of the subgrade.

Keywords: Geotechnical parameters, subgrade, resistance capacity, geomechanical characteristics, road design, pits.

ÍNDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
EPÍGRAFE	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	2
1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.3. PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN	5
1.3.1. <i>Pregunta general</i>	5
1.3.2. <i>Preguntas específicas</i>	5
1.4. LÍNEA DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.5. PALABRAS CLAVE.....	5
1.6. APORTE DEL DESARROLLO DE LA TESIS	5
CAPÍTULO II	7
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	8
2.1. ESTADO DEL ARTE	8
2.1.1. <i>Antecedentes Internacionales</i>	8
2.1.2. <i>Antecedentes Nacionales</i>	10
2.1.3. <i>Antecedentes Locales</i>	13
2.2. BASES TEÓRICAS.....	16
2.2.1. <i>Mecánica de los suelos</i>	16
2.2.2. <i>Granulometría</i>	16
2.2.3. <i>Índice de Plasticidad</i>	17
2.2.4. <i>Clasificación de los suelos</i>	18
2.2.5. <i>California Bearing Ratio (CBR)</i>	19
2.2.6. <i>Estudio de Tráfico</i>	20
2.2.7. <i>Clasificación de las vías</i>	22

2.2.8. Clasificación de las Carreteras en función a la Demanda.....	23
2.2.9. Clasificación de las carreteras en función a la orografía.....	24
2.2.10. Factores que contribuyen al deterioro de la vía	24
2.2.11. Factores que influyen en el comportamiento y diseño del pavimento	26
2.2.12. Hidrológicos y Geológicos que inciden en el Diseño Hidráulico	27
2.2.13. Subrasante	30
2.3. HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
2.3.1. Hipótesis general.....	31
2.4. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	31
2.4.1. Variable independiente	31
2.4.2. Variable dependiente.....	31
2.4.3. Operacionalización de variables.....	31
CAPÍTULO III	33
3. MARCO METODOLÓGICO.....	34
3.1. ALCANCES Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
3.1.1. Alcances	34
3.1.2. Limitaciones.....	34
3.2. TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	35
3.2.1. Tipo de investigación.....	35
3.2.2. Diseño de la investigación.....	35
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA O UNIVERSO	35
3.3.1. Población	35
3.3.2. Muestra.....	35
3.4. MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	36
3.4.1. UBICACIÓN.....	37
3.4.1.1. Ubicación Política	38
3.4.1.2. Ubicación Geográfica	38
3.4.2. ACCESIBILIDAD	40
3.4.2.1. Altitud.....	40
3.4.2.2. Longitud.....	40
3.4.3. ESTUDIO HIDROLÓGICO	41
3.4.3.1. Estación meteorológica	41
3.4.3.5. Precipitación máxima en 24 horas	42
3.4.4. DESCRIPCIÓN DE LA RUTA	43
3.4.4.1 Descripción del Proceso.....	43
3.4.5. ESTADO ACTUAL DE LA PLATAFORMA	44
3.4.6. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	47
3.4.6.1. Formaciones Geológicas y Geomorfológicas.....	47

3.4.6.2. Estudio de suelo	48
3.4.6.3. Estudio de la cantera	62
3.4.6.4. Estudio Fuente de Agua	69
3.4.7. ESTUDIO DE TRÁFICO	70
3.4.7.1. Generalidades	70
3.4.7.2. Conteo y clasificación vehicular	70
3.4.7.3. Determinación del índice medio diario anual (IMDA)	72
3.4.7.4. Determinación del factor de crecimiento anual	75
3.4.7.5. Clasificación del tráfico según el número de repeticiones de ejes equivalente	77
3.4.7.6. Plan de Horarios	82
3.5. PLAN DE ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS	83
3.6. NORMATIVIDAD UTILIZADA	83
CAPÍTULO IV.....	85
4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	86
4.1. ESTUDIO DE HIDROLÓGICO	86
4.1.1. Información hidro-meteorológica y pluviométrica	86
4.1.1.1. Criterios de estimación de caudales.....	86
4.1.1.2. Cuenca general	86
4.1.1.3. Precipitaciones Corregidas PISCO	87
4.1.2. Análisis estadístico de datos de precipitación máxima	89
4.1.2.1. Distribución Log Pearson tipo III.....	89
4.2. ESTUDIO DE AFIRMADO.....	90
4.2.1. CBR de sub-rasante	91
4.2.2. Categoría de subrasante	93
4.2.3. Espesor del Afirmado	93
4.2.4. Material de afirmado.....	96
4.2.5. Comparativa del CBR Subrasante y CBR del afirmado	98
CAPÍTULO V.....	102
CONCLUSIONES.....	103
RECOMENDACIONES	104
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	105
ANEXOS	111
ANEXO 1 SÍMBOLOS GRÁFICOS PARA SUELOS – SUCS	111
ANEXO 2 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA N°1	112
ANEXO 3 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA N°2.....	113
ANEXO 4 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA N°3.....	114

ANEXO 5 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA N°4.....	115
ANEXO 6 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA N°5.....	116
ANEXO 7 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA N°6.....	117
ANEXO 8 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA N°7.....	118
ANEXO 9 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA N°8.....	119
ANEXO 10 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA N°9.....	120
ANEXO 11 PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LA CALICATA N°10.....	121
ANEXO 12 FACTORES DE CORRELACIÓN ESTACIONALES PARA VEHÍCULOS LIGEROS Y PESADOS.....	122
ANEXO 13 DATOS HISTÓRICOS DE LA PRECIPITACIÓN DEL SENAMHI.....	123
ANEXO 14 LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24HR DEL SENAMHI.....	125
ANEXO 15 LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24HR DEL SENAMHI PISCO 1981-2016.....	126
PLANOS.....	127
PLANO 1: UBICACIÓN.....	128
PLANO 2: GEOLOGÍA.....	129
PLANO 3: GEOMORFOLOGÍA.....	130
PLANO 4: PLANO DE CALICATAS.....	131
PLANO 5: PLANO CANTERAS ELENA DE TROYA III Y VI.....	132
PLANO 6: PLANO TOPOGRAFIA CARRETERA LA JOYA.....	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Factores que contribuyen al deterioro de la vía.....	26
Figura 2 Mapa de ubicación	38
Figura 3 Punto Inicio de la progresiva	39
Figura 4 Punto final de la progresiva	40
Figura 5 Información pluviométrica de la estación de la joya	42
Figura 6 Precipitación Máxima	42
Figura 7 Condición de la Vía	44
Figura 8 La Cantera Elena de Troya III.....	53
Figura 9 La Cantera Elena de Troya IV	53
Figura 10 Ubicación Cantera de Elena de Troya III	63
Figura 11 Ubicación Cantera Elena de Troya IV	64
Figura 12 Censo Vehicular	71
Figura 13 Estación en donde se realizó el censo vehicular.....	72
Figura 14 Cuencas aplicadas	87
Figura 15 Raster del Aplicativo PISCO.....	88
Figura 16 Precipitación Máxima PISCO	89
Figura 17 Distribución Log Pearson Tipo III	89
Figura 18 Perfil de CBR obtenidos	91
Figura 19 Percentil Representativo del CBR	92
Figura 20 Perfil de CBR afirmado obtenidos	99
Figura 21 Percentil Representativo del CBR afirmado	99
Figura 22 Comparativa de CBR.....	100
Figura 23 <i>Estudio geotécnico en laboratorio</i>	101
Figura 24 <i>Estudio geotécnico en campo</i>	101

ÍNDICE DE TABLAS

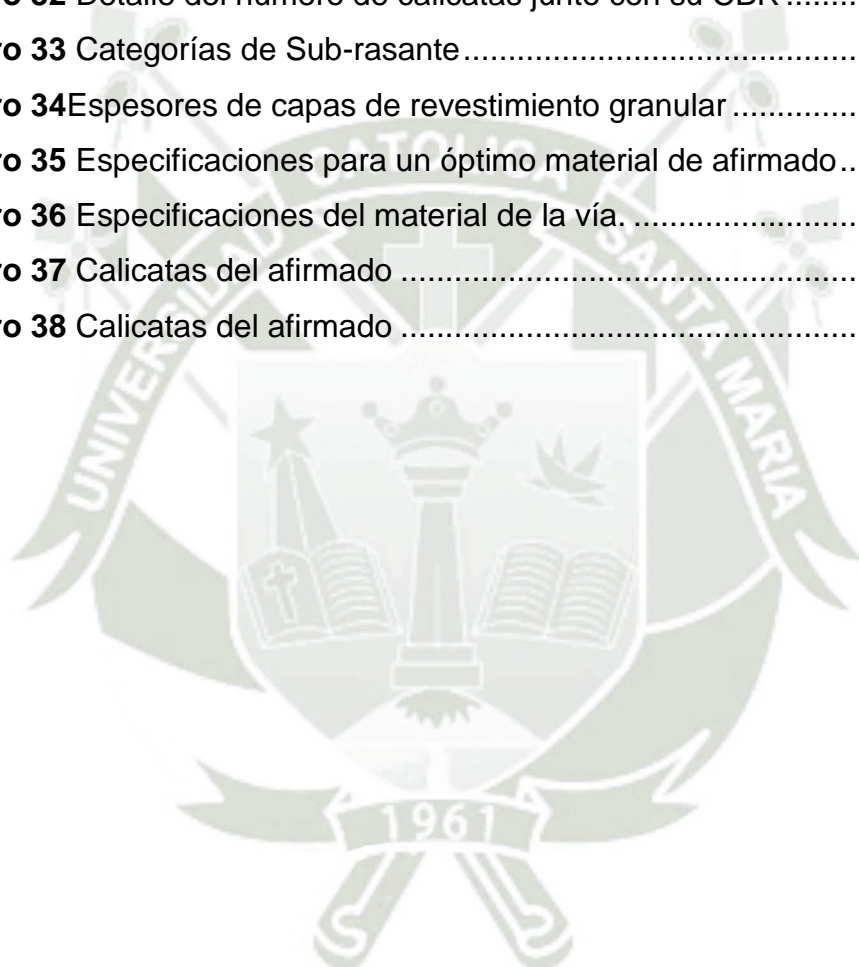
Tabla 1 Operacionalización de las variables.....	32
Tabla 2 Punto de inicio de la progresiva	39
Tabla 3 Punto final de la progresiva.....	39
Tabla 4 Tipos de calicatas	49
Tabla 5 Tipo de calicatas para el CBR.....	49
Tabla 6 Ubicación de Calicatas con sus Coordenadas.....	52



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Clasificación de suelos según Tamaño de Partículas.....	17
Cuadro 2	Clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad	18
Cuadro 3	Correlación de Tipos de Suelos AASHTO – SUCS	19
Cuadro 4	Categorías de la Sub-rasante y su Tipo de Suelo	20
Cuadro 5	Clasificación en función a la Demanda.....	23
Cuadro 6	Clasificación en función a la Demanda.....	24
Cuadro 7	Valores de Calidad Para Materiales de la Capa Sub-Rasante	36
Cuadro 8	Ubicación de la Estación Meteorológica de la Joya	41
Cuadro 9	Estado actual de la plataforma	45
Cuadro 10	Ensayos Realizados para la Sub-rasante	51
Cuadro 11	Resumen del análisis de Estudio de Mecánica de Suelos de las Calicatas Sub-rasante (C-1, C-2)	57
Cuadro 12	Resumen del análisis de Estudio de Mecánica de Suelos de las Calicatas Sub-rasante (C-3, C-4)	58
Cuadro 13	Resumen del análisis de Estudio de Mecánica de Suelos de las Calicatas Sub-rasante (C-5, C-6)	59
Cuadro 14	Resumen del análisis de Estudio de Mecánica de Suelos de las Calicatas Sub-rasante (C-7, C-8)	60
Cuadro 15	Resumen del análisis de Estudio de Mecánica de Suelos de las Calicatas Sub-rasante (C-9, C-10).....	61
Cuadro 16	Ensayos Realizados para las Canteras	65
Cuadro 17	Resultado del Estudio de las Canteras	67
Cuadro 18	Características físicas Cantera Elena de Troya III.....	68
Cuadro 19	Características físicas Cantera Elena de Troya IV.....	68
Cuadro 20	Potencias de las Canteras	69
Cuadro 21	Resumen del Conteo y volumen de Tráfico Abril/2020	71
Cuadro 22	Determinación del IMDA	73
Cuadro 23	Cantidad de vehículos en servicio para el año 2022.....	74
Cuadro 24	Determinación de factores para cada tipo de vehículo	79
Cuadro 25	Fórmulas para determinar la relación de carga del eje	79

Cuadro 26 Obtención del factor de vehículo pesado.....	80
Cuadro 27 Número de ejes equivalentes	81
Cuadro 28 Repeticiones acumuladas Caminos No Pavimentados.....	81
Cuadro 29 Número de repeticiones para Caminos Pavimentados	82
Cuadro 30 Ubicación del cuadrángulo del Pixel	88
Cuadro 31 Percentiles de diseño por Número de Ejes Equivalentes	91
Cuadro 32 Detalle del número de calicatas junto con su CBR	92
Cuadro 33 Categorías de Sub-rasante.....	93
Cuadro 34 Espesores de capas de revestimiento granular	95
Cuadro 35 Especificaciones para un óptimo material de afirmado	96
Cuadro 36 Especificaciones del material de la vía.	97
Cuadro 37 Calicatas del afirmado	98
Cuadro 38 Calicatas del afirmado	98



INTRODUCCIÓN

La sub rasante es la primera capa o la capa superior que dará soporte a la estructura del pavimento, se encuentra conformado por suelos seleccionados que cuentan con ciertas características admisibles y que pasará por un proceso de compactación por capas con el propósito de constituir un cuerpo estable y con un estado óptimo que soporte la carga de diseño proveniente del tránsito. En base a ello, es necesario considerar la capacidad de soporte en condiciones de servicio, se debe tomar en cuenta el tránsito y las características de los materiales de construcción para la superficie de rodadura, para establecer el diseño del pavimento que se colocará encima (MTC, 2014).

El presente trabajo de investigación busca realizar la aplicación de parámetros geotécnicos para determinar la capacidad de soporte de la subrasante en el diseño de vía de la carretera rural EMP. PE-15 (Gloria) distrito de la Joya y estará constituido por capítulos de la siguiente manera: Capítulo I: Planteamiento del problema, los objetivos tanto general como específico; Preguntas de la investigación, las líneas de investigación aplicadas al estudio, las palabras claves y el aporte del desarrollo de la tesis, continuando con el Capítulo II: Fundamentos Teóricos, el estado del arte, las bases teóricas, tema de estudio, la hipótesis general y específicas, las variables de investigación y la operacionalización de las variables, seguido por el Capítulo III: Marco metodológico, el alcance y límites de investigación, el tipo de investigación, el diseño, la población, muestra, métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos, plan de análisis estadístico y las normativas utilizadas y finalmente el Capítulo IV: Resultados, conclusiones, recomendaciones, anexos y referencias bibliográficas.



CAPÍTULO I

1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La investigación aplicó la geotecnia, con la finalidad de conocer la capacidad la subrasante, para brindar la estabilidad estructural y lograr una mejor vida útil del cual existen factores que generan complicaciones, y si no se evalúan, generara un deterioro prematuro de los cuales son:

- Los materiales a utilizar de las mineras no metálicas (canteras y graveras)
- Volumen de tránsito pesado en la vía como (camiones por las mineras no metálicas, pick up (camionetas por parcelas de la joya), y su expansión poblacional)
- La falta de mantenimiento
- Las filtraciones evaluado por la precipitación pluvial

Por lo tanto, se hizo los estudios geológicos, geotécnicos, geomorfológico, de tráfico e hidrológico que son importantes en el diseño de vías, ya que, sirven para conocer las condiciones que deben cumplir y tener los terrenos donde se va a realizar la construcción cumpliendo con los parámetros establecidos para el diseño y construcción de la carretera.

Dicho esto, esta investigación aplicó la geotecnia con la finalidad de conocer la capacidad de la subrasante para crear estabilidad estructural y lograr una mejor vida útil en términos de eficiencia en beneficio de la sociedad en su conjunto. De la misma manera, al realizar un estudio geológico en el diseño de una carretera se deben tomar en cuenta aspectos como: los materiales a utilizar de las canteras (minería no metálica), y accesibilidad, las propiedades del terreno y las características adecuadas de los materiales seleccionados para el diseño de vías.

En este contexto, si no se aplica estos estudios podría generar complicaciones en la vía como deterioro prematuro, efecto de capilaridad en zonas sin obras de arte, hundimiento de la vía, acolchonamiento en la carretera rural del distrito de la Joya, donde los terrenos no cumplen con los parámetros establecidos para la construcción de carreteras, lo que dificulta el acceso a poblados alternos, los cuales forman parte de área de influencia de dicha carretera, retrasando el desarrollo de pueblos contiguos y generando riesgos en cuanto a los accidentes de tránsito por el mal funcionamiento de la vía. Esta ruta se encuentra en mantenimiento de vías de acceso para optimizar la transitabilidad, es por ello, que surge la necesidad de realizar un estudio geotécnico que determine la capacidad portante de la subrasante para el diseño y construcción de la carretera contribuyendo así con el mejoramiento de las vías de acceso.

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Aplicar los parámetros geotécnicos de estudios de campo, ensayos de laboratorio y normativas para determinar la capacidad de soporte de la subrasante para el diseño de vías. Carretera rural Gloria – La Joya.

1.2.2. Objetivos específicos

- Realizar trabajos de campo y ensayos de laboratorio de suelos necesarios para la realización de diseño de vías carretera rural Gloria – La Joya.
- Evaluar los factores (impactos) que influyen en el comportamiento de la subrasante en el diseño de vías carretera rural Gloria – La Joya.
- Optimizar el desempeño y la eficiencia de la vía Carretera rural ruta Gloria – La Joya.

1.3. Preguntas de la investigación

1.3.1. Pregunta general

¿Qué parámetros geotécnicos de estudios de campo, ensayos de laboratorio y normativas se pueden aplicar para determinar la capacidad de soporte de la subrasante para el diseño de vía Carretera rural Gloria – La Joya?

1.3.2. Preguntas específicas

- ¿Qué trabajos de campo y ensayos de laboratorio de suelos son necesarios para la realización de diseño de vía en la carretera rural Gloria – La Joya?
- ¿Qué factores (impactos) influyen en el comportamiento de la subrasante en el diseño de vía de la Carretera rural?
- ¿Cómo optimizar el desempeño y la eficiencia de la vía Carretera rural?

1.4. Línea de la investigación

Esta investigación corresponde a optimización de procesos operacionales en minera.

1.5. Palabras Clave

Hidrodinámicos, Geodinámicos, Subrasante, transitabilidad, estabilidad estructural

1.6. Aporte del Desarrollo de la Tesis

El aporte de esta investigación es generar bases adecuadas para el desarrollo de la estabilidad estructural de la subrasante en el diseño de una vía afirmada. Además, esta información aportará conocimiento en cuanto a los

materiales que componen las canteras y la optimización de la estabilidad de las carreteras para la extracción de material en una empresa minera no metálica y la ejecución adecuada de los procedimientos para asegurar un buen afirmado en la vía.

Con esta investigación se buscó incrementar la eficiencia en el control de calidad de materiales, procesos geotécnicos y esfuerzos aplicados en la vía llevando un estudio en cada uno de ellos, cuya finalidad es un mejor diseño de vía.





CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Estado del arte

2.1.1. Antecedentes Internacionales

- Lozano, Ruiz & Alfonso (2015), en su Análisis del mejoramiento de la subrasante con aditivo orgánico, pretenden dar una alternativa de bajos costos, que evite el transporte de grandes volúmenes de suelos aptos desde otro sitio, para el mantenimiento de las vías no pavimentadas de la red Terciaria de Colombia, ya que debido a los bajos recursos económicos, no se ha dado mantenimiento rutinario a esta red vial, encontrándose en un estado crítico; a través del uso de melaza de caña, por lo que evalúan, estiman y determinan el comportamiento mecánico de dicho aditivo orgánico (terrazyme), para estabilizar suelos, analizar su densidad, su capacidad para resistir las cargas de los vehículos y que, además garantice su durabilidad y labores mínimas de mantenimiento. Mediante los estudios y ensayos geotécnicos de Granulometría, límites de Atterberg, proctor estándar, expansión en prueba de CBR, materia orgánica por ignición y compresión incofinada, en una muestra del distrito de Purificación. La terrazyme, se produce con un fermento de melaza de caña de azúcar, comportándose como un material aglutinante, que permitió la estabilización adecuada, otorgando la densidad y humedad óptimas, tomando en cuenta el análisis de CBR, con un 7% de aditivo, antes de la inmersión tuvo un promedio de 2.2, luego de la inmersión de 2.0, y luego de estabilizado el suelo se obtuvo un CBR de 8.8. La resistencia a la compresión paso de consistencia blanda, a consistencia fuerte, además de eliminar y minimizar el uso de

triturados, manteniendo las cifras AASHTO adecuados; además, reduce la permeabilidad del agua, la erosión la pérdida de finos y por otro lado aumenta, la capacidad portante de la base y sub-base, la densidad de compactación, y cataliza la optimización de la estabilidad de la base y de resistencia. Aunque respecto al peso unitario que sube, es un peso pobre.

- Cañar (2017), en su trabajo de experimentación: Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinada con ceniza de carbón, busca estabilizar suelos de diferentes propiedades, a través de la mezcla con cenizas de carbón, para mejorar la capacidad de soporte y la resistencia frente al corte. Lo primero que se hizo fue la observación y toma de muestras para realizar ensayos de granulometría y límites de Atterberg, para conocer las propiedades físicas y mecánicas originales del suelo, también se aplicó el ensayo CBR y de compactación por medio de proctor, en mezclas de suelo con cenizas (cangahua y arcilla de alta plasticidad) al 20%, 23% y 25%; y luego se repitieron las pruebas, para hacer un análisis comparativo, que permita evaluar el efecto de adicionar cenizas. Los resultados fueron, en granulometría del suelo de arena limosa por el tamiz #200 pasaba 18.38%, posterior al agregado (arcilla de alta plasticidad), pasó el 51.51%; y para límites de Atterberg se tiene que la humedad es de $w\%=22.13\%$ para la arena limosa, mientras que, para la arcilla de alta plasticidad, se obtuvo, una humedad $w\%= 85.15\%$, es decir 65.28% de Límite Plástico e índice de plasticidad de 19.87% cumpliendo con las Normas AASHTO y ASTM, del mismo modo se

mejoraron los resultados a las pruebas de compactación con proctor, y CBR.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

- El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), genera en el 2014 un Manual de Carreteras. Suelos, geología, geotecnia y pavimentos; en el cual en su capítulo III, describe las componentes de la infraestructura de las carreteras, desde la preparación, la explanación, la subrasante del camino, el afirmado, el pavimento y el drenaje. Definiendo a la subrasante como la superficie terminada de la carretera al nivel de movimiento de tierras, sobre la cual se coloca el pavimento o afirmado. Posteriormente en el capítulo IV desarrolla la caracterización de la subrasante, que se encarga de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante a través de la ejecución de 6 calicatas de 1.5m de profundidad y un número determinado según el tipo de carretera, tanto para la construcción, reconstrucción y mejoramiento de carreteras, estas deben estar identificadas mediante coordenadas UTM-WGS84 y se tomará muestras para realizar ensayos de Módulos de resiliencia (M_r) o ensayos de California Bearing Ratio (CBR) que deben ser correlacionados con las ecuaciones M_r , del mismo modo el número de ensayos será de acuerdo al tipo de carretera. También se menciona que respecto al drenaje superficial se debe tomar en cuenta las pendientes transversales mínimas en la sección de la subrasante, y los subdrenes dependerán de la permeabilidad de la misma. Al momento de describir el suelo, se consideran factores como la plasticidad, la humedad, etc. uno de ellos es el Índice de Grupo (IG),

normado por AASHTO, cuando este IG es negativo se califica como bueno y apto, de 2 a 4, regular, de 4 a más pobre y muy pobre y cuando es mayor a 20 es no utilizable para caminos. Y que todos estos estudios deben estar aprobados por la Dirección de Normatividad Vial del MTC.

- Jiménez R. David (2019), en su Estudio geotécnico para determinar la capacidad de soporte de subrasante para mejorar la serviciabilidad en una carretera rural en Andahuaylas, explica los trabajos de campo y ensayos de laboratorio que se realizaron, valorando las características de los materiales de la subrasante, con la finalidad de calcular su capacidad de soporte, lo que permitirá un diseño adecuado del pavimento futuro, y hasta entonces el mejoramiento de la serviciabilidad de la carretera. Ya que inicialmente las condiciones de esta eran malas, dificultando su transitabilidad para comercio, turismo, atención médica, educativa de las poblaciones aledañas, influyendo en el desarrollo económico de los distritos de Santa María de Chicmo y Unanmarca. Considerando además que incrementa la probabilidad de accidentes de tránsito. Para ello se realizó el estudio de 57 calicatas con profundidad promedio de 1.50m, cada 1000m aproximadamente, observando que en mayoría son arenas limosas y arenas arcillosas limosas; y suelos más gruesos con gravas limosas, y suelos arcillosos; para elaborar un perfil estratigráfico, y luego un ensayo CBR, para determinar la resistencia al corte del suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlada, en relación a la carga unitaria necesaria para lograr la penetración del pistón, a través del ensayo en 3 moldes de suelo compactados expuestos a saturación durante 4 días y tomándose lecturas de carga

contra penetración cada 0.5mm de penetración, hasta los 5mm, luego lecturas cada 2.5mm hasta tener una penetración de 12.7mm. Encontrando suelos de subrasante entre regular y buena para los suelos de arenas limosas y arcillosas limosas, y los suelos gruesos una capacidad buena, y los arcillosos con una situación desfavorable de baja capacidad. Por último, el autor complementa esta investigación con información de fuentes de agua y estabilidad de taludes.

- Chávez D. & Odar G. (2019), hacen una investigación en la que proponen la Estabilización con cal para subrasantes, en bofedales con suelo arcilloso buscando determinar cómo influye en el pavimento rígido, utilizando el diseño AASHTO93, en una vía que beneficia población de Lima y Huánuco, esta tiene tramos de pavimento flexible y rígido, siendo los tramos más críticos los bofedales; como solución se propone el uso de geomallas biaxiales y geotextiles. Por lo que la investigación se divide en 3 fases, la primera la estabilización del suelo, con cal en las zonas de bofedales; segundo el diseño del paquete estructural bajo la metodología AASHTO y MPEDG, y por último el análisis de la influencia de la estabilización con el diseño del pavimento rígido. Uno de los puntos más importantes en este trabajo de investigación es la presencia de los bofedales y sus fenómenos naturales, siendo un condicionante, por lo que los autores sugieren, que se deberían aplicar nuevas normativas sobre el uso de metodologías AASHTO, ya que en su versión 2008 considera temas como el clima y la variación de temperatura, punto que la versión 93 no tomaba en cuenta.

2.1.3. Antecedentes Locales

- Montoya et al (2020) en su trabajo de investigación, aplican la Guía de Diseño de Pavimentos Mecánico-Empírico (MEPDG) o AASHTO 2008, para los tramos II y III, vía que esta vía es de alta transitabilidad y de vehículos pesados, según la clasificación FHWA, para ello se toma en cuenta los pesos por eje, dimensiones, velocidades de operación e incidencia horaria de camiones. En el capítulo VII, hacen un estudio profundo de la subrasante, definiéndola como la superficie que soporta el pavimento, esta conforma una parte fundamental de la capacidad de soporte de la estructura del pavimento, usualmente las capas superficiales son de materiales de mayor calidad, pero las capas algo más profundas como la subrasante suele tener materiales de menor calidad, sin embargo, con el uso constante de la vía, pueden darse hundimientos, o fallas, desde capas más profundas. Por lo que se realizaron 7 pozos de exploración o calicatas, para la inspección directa del suelo, para obtener las propiedades físicas del suelo sobre el cual se desea trabajar, como son el contenido de humedad con porcentajes desde 1.73%, hasta 7.10%, el análisis granulométrico por tamizado con resultados de arena limosa pura y con grava en su mayor parte, y arena con limo y limosa en menos cantidad, el límite líquido mediante cuchara de Casagrande, el límite plástico e índice de plasticidad, con resultados de suelos poco arcillosos y exentos de arcilla, del ensayo de gravedad específica de sólidos se obtuvo que no son tan solubles, con índices de 1.97 a 2.60; por otro lado respecto a las propiedades mecánicas, se tiene que la densidad máxima es de entre 1.306 a 1.945gr/cm³, el CBR mostró

resultados de entre 17.00 y 43.50 al 95% de la MDS. Por lo que los autores determinaron 2 sectores (calicatas 6 y 7), tienen poca plasticidad y por lo general arenas limosas, por lo que se considera el suelo en general, poco arcilloso con bajo potencial de expansión. Utilizaron también el Archivo climático para generar un análisis de las posibles variaciones del clima, ya que esto influirá en la capacidad de expansión o su reacción ante la humedad. Concluyendo que caracterizar; el tipo de carga y vehículos que pasarán sobre la vía, las alteraciones climáticas, y las propiedades físicas y mecánicas de la vía, permiten obtener un diseño adecuado para la vía de la mano con las predicciones del programa MEPDG V1.1 para conocer las posibles fallas y comportamiento de la vía, ya que brinda criterios al ingeniero que diseñará la vía.

- Perez y Rodríguez (2021), realizaron una investigación cuyo obtuvo era determinar la influencia de la dosificación de relave minero sobre la compactación y capacidad de soporte de un material granular para afirmado en la carretera Carata Motil; para el desarrollo del trabajo se guiaron del manual de carreteras 2013, una vez tomada las muestras fueron trasladadas al escuela de Ingeniería de Materiales de la UNT, dichas muestras fueron extraídas de 5 pozos de 5 cm, de los cuales se realizó el estudio de análisis de granulometría, límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, próctor estándar de subrasante, CBR, abrasión de los ángeles de probetas; obteniendo finalmente que la subrasante se encuentra compuesta por arcilla ligeramente arenosa dentro del grupo mal gradado, su composición es de graba bien

graduada, tomando en cuenta el AASTHO la mezcla está compuesta por grava y arena, el relave minero según SUCS es arena arcillosa; el porcentaje de adición del relave al material granular es del 20%, según el estudio ANOVA la cantidad de relave influye en la compactación y capacidad de soporte, realizando un diseño de afirmado con una proyección de 10 años, con un espesor de 20 cm.

- Chipana, (2018), su investigación tuvo como objetivo determinar las características físicas y mecánicas del suelo de cantera con el empleo del relave minero y de esa manera mejorar la carretera Ananea Suches, para ejecución del proyecto utilizaron como instrumento los formatos de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas, abrasión de los ángeles, límites de atterberg, clasificación de los suelos, proctor y equipos de Casagrande, como instrumento de medición emplearon cintas métricas, reglas metálicas, balanzas electrónicas entre otras; los resultados fueron analizados mediante software especialistas aplicando programas computarizados de ingeniería, las características físicas y mecánicas de la cantera determino que era arcilloso con un tipo de suelo A1-b siguiendo la clasificación de AASHTIO, el límite líquido fue de 35.49%, el límite plástico fue de 24.60% y la plasticidad fue de 9.65, por lo que para mejorar dichas características se combinaron los suelos, dado que los resultados no cumple con las exigencias de la norma EG-2013, la combinación fue de 30% relave minero y 70% cantera Jachatira.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Mecánica de los suelos

Parte de la mecánica dedicada a la acción de la fuerza sobre las capas del suelo. El Estudio de Suelos, también conocido como Estudio Geotécnico, es un conjunto de actividades que nos permiten obtener la información de un determinado terreno. Es una de las informaciones más importantes para la planificación, diseño y ejecución de todo proyecto de construcción (Crespo, 2004, pág. 17).

Para poder determinar con exactitud las propiedades de un suelo es necesario tomar muestra del mismo; su valor es más representativo que el de los ensayos, y el análisis será en la muestra en sí y no del material de cual procede; las muestras pueden ser alteradas o inalteradas: cuando se lleva a cabo una excavación a cielo abierto se obtiene una información correcta, ya que es posible realizar una inspección visual de los estratos del suelo (Crespo Villalaz, 2004).

2.2.2. Granulometría

Representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas, como se muestra en cuadro 1. A partir de la cual se puede estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pudieran interesar. El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño. En base a las especificaciones técnicas el suelo de la carretera objeto de estudio tiene mayor presencia de arena. De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen

los siguientes términos de acuerdo al Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones R.D. N° 10-2014:

Cuadro 1

Clasificación de suelos según Tamaño de Partículas

Tipo de Material		Tamaño de las Partículas
Grava		75 mm - 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm
		Arena Media: 2.00 mm - 0.425 mm
		Arena Fina: 0.425 mm - 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Nota: Se muestra el tipo de material y las especificaciones del tamaño de partículas de cada una. **Fuente.** MTC (2014)

2.2.3. Índice de Plasticidad

Se entiende como la medida de la plasticidad de un suelo dado por el valor absoluto del intervalo de humedad en el que el suelo se comporta como un material plástico, numéricamente el índice de plasticidad es igual a la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico (Geotecnia, 2016).

Formula: Ecuación de índice de Plasticidad

$$IP = LL - LP$$

- Límite Líquido (LL): Cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.
- Límite Plástico (LP): Cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP

pequeño es característico de un suelo poco arcilloso, en base a ello la carretera rural Gloria la Joya se encuentra dentro del índice 0, con un nivel no plástico y de características suelos extensos de arcilla. En tal sentido (MTC, 2014), el suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según lo siguiente:

Cuadro 2

Clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Características
IP > 20	Alta	Suelos Muy Arcillosos
IP > 20 IP > 7	Media	Suelos Arcillosos
IP < 7	Baja	Suelos poco Arcillosos Plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	Suelos extensos de Arcilla

Nota: El cuadro muestra cada la clasificación del índice de plasticidad, el nivel de plasticidad y las características de cada una. **Fuente.** MTC (2014)

2.2.4. Clasificación de los suelos

Determinadas las características de los suelos, según los acápites anteriores, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo; y, luego clasificar los suelos. La clasificación de los suelos se efectuará bajo el sistema mostrado en el cuadro 3. Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos, que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico. (MTC, 2014), en base a la clasificación el tipo de suelo AASHTO la carretera rural Gloria – La Joya se encuentre entre el A-1-a, A-1-b y A 4 y respecto a las clasificaciones – SUCS es Grava pobremente graduada, Grava Limosa y Arena limosa (GP, GM y SM). A continuación, se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundidos, AASHTO y ASTM (SUCS):

Cuadro 3

Correlación de Tipos de Suelos AASHTO – SUCS

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SC
A - 2	GM, GP, SM, SC
A - 3	SP
A - 4	CL, ML
A - 5	ML, MH, CH
A - 6	CL, CH
A - 7	OH,MH,CH

Nota. El cuadro muestra la correlación del tipo de suelo AASHTO M-145 y SUCS ASTM D-2487. **Fuente.** MTC (2014)

2.2.5. California Bearing Ratio (CBR)

Valor relativo de soporte de un suelo o material, que se mide por la penetración de una fuerza dentro de una masa de suelo. (MTC, 2013c)

A partir del cual se determinará el programa de ensayos para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la Máxima Densidad Seca (MDS) y a una penetración de carga de 2.54 mm del cual están en el cuadro 4, en base a dicha especificación los tramos se encuentran ubicados entre regular y excelente.

En los sectores con menos de 6 valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la sub rasante en función a los siguientes criterios:

- Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.
- Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (el más bajo) o en todo caso subdividir la sección a fin de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos o similares y definir el valor

promedio. La longitud de los subsectores no será menor a 100 m. (MTC, 2014)

Cuadro 4

Categorías de la Sub-rasante y su Tipo de Suelo

CBR %	CLASIFICACIÓN GENERAL	USOS	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO
0 a 3	Sub-rasante Inadecuada	sub rasante	CL, ML, MH, CH, OH	A5, A6, A7
>=3 a 6	Sub-rasante Insuficiente	sub rasante	SC, SM, MH, CH, OH	A4, A5, A6, A7
>=6 a 10	Sub-rasante regular	sub rasante	GM, GC, SM, SC, CL	A2, A4, A6, A7
>=10 a 20	Sub-rasante bueno	sub rasante	GM, GP, SM, SP	A1b, A2, A3, A4, A6, A7
>=20 a 30	Sub-rasante muy bueno	sub rasante	GW, GP, GM, SW, SP, SM	A1a, A2, A3
>=30	Sub-rasante Excelente	sub rasante	GW, GP, GM, SW, SP, SM	A1a, A2, A3

Nota. Adaptación de la clasificación de la sub-rasantes desde el aspecto general, usos, SUCS AASHTO. **Fuente.** MTC (2014)

2.2.6. Estudio de Tráfico

El diseño estructural del pavimento y el de la capacidad de los tramos viales para conocer hasta que límites de volúmenes de tráfico puede estimarse crecerá la demanda que afectará a la estructura vial durante el período del análisis vial adoptado para un estudio. El estudio de tráfico deberá proporcionar la información del índice medio diario anual (IMDA) para cada tramo vial materia de un estudio. (MTC, 2014)

2.2.6.1. Índice medio diario anual (IMDA)

Explica el promedio aritmético de los volúmenes diarios para todos los días del año, previsible o existente en una sección dada de la vía. Su conocimiento da una idea cuantitativa de la importancia de la vía en la sección considerada y permite realizar los cálculos de factibilidad económica.

Los valores de IMDA para tramos específicos de carretera, proporcionan al proyectista, la información necesaria para determinar las características de diseño de la carretera, su clasificación y desarrollar los programas de mejoras y mantenimiento. Los valores vehículo/día son importantes para evaluar los programas de seguridad y medir el servicio proporcionado por el transporte en carretera.

La carretera se diseña para un volumen de tránsito, que se determina como demanda diaria promedio a servir hasta el final del período de diseño, calculado como el número de vehículos promedio, que utilizan la vía por día actualmente y que se incrementa con una tasa de crecimiento anual. Estos volúmenes pueden ser obtenidos en forma manual o con sistemas tecnológicos. (MTC, 2014)

2.2.6.2. Crecimiento de Tránsito

Es la correlación con la dinámica de crecimiento socio-económico. Normalmente se asocia la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de pasajeros con la tasa anual de crecimiento poblacional; y la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de carga con la tasa anual del crecimiento de la economía expresada como el Producto Bruto Interno (PBI). (MTC, 2014)

2.2.6.3. Clasificación del Tráfico según el número de repeticiones de Ejes equivalentes

Se le denomina al efecto de deterioro causado sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 ton de peso, con neumáticos a la presión de 80 lbs/pulg². Los Ejes Equivalentes (EE) son factores de equivalencia que representan el factor destructivo de las distintas cargas, por

tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento. (MTC, 2014)

2.2.7. Clasificación de las vías

Para su clasificación va de acuerdo a dos componentes fundamentales del cuales son:

- Clasificación en Función a la Demanda cuyas especificaciones se aprecian en el cuadro 5. En base a las mismas, se precisa que la carretera objeto de estudio es de trochas carrozables como resultado de IMDA.
- Clasificación en función a la orografía cuyas especificaciones se aprecian en el cuadro 6. En base a las mismas se precisa que la carretera objeto de estudio presenta todos los tipos de terreno predominando el plano y ondulado.

2.2.8. Clasificación de las Carreteras en función a la Demanda

Las carreteras del Perú se clasifican, en función a la demanda en:

Cuadro 5

Clasificación en función a la Demanda

Clasificación en Función a la Demanda	IDMA	Calzadas	N° Carriles por Calzada	Ancho de Carril	Superficie de Rodadura
Autopistas de Primera Clase	>6000 veh/día	Calzadas dividido por un separador min de 6m	2	3.60m	Pavimentada
Autopistas de Segunda Clase	4001 a 6000 veh/día	Calzadas dividido por un separador min de (1m a 6m)	2	3.60m	Pavimentada
Carreteras de Primera Clase	2001 a 4000 veh/día	1 Calzada de dos carriles	1	3.60m	Pavimentada
Carreteras de Segunda Clase	401 a 2000 veh/día	1 Calzada de dos carriles	1	3.30m	Pavimentada
Carreteras de Tercera Clase	201 a 400 veh/día	1 Calzada de dos carriles	1	2.50 a 3.00m	Pavimentada / Afirmado
Trochas Carrozables	<200 veh/día	1 Calzada	1	4.00m	Afirmado / Sin Afirmar

Nota. Adaptación del manual de carreteras de diseño geométrico 2018 de la clasificación en función a la orografía **Fuente.** MTC (2018)

2.2.9. Clasificación de las carreteras en función a la orografía

Las carreteras del Perú, en función a la orografía predominante del terreno por dónde discurre su trazo, se clasifican en:

Cuadro 6

Clasificación en función a la Demanda

Clasificación en función a la orografía	Pendientes Transversales al eje de la vía entre	Pendientes Longitudinales
Terreno plano	≤ 10	$< 3\%$
Terreno ondulado	11% a 50%	3% a 6%
Terreno accidentado	51% a 100%	6% a 8%
Terreno escarpado	$> 100\%$	$> 8\%$

Nota. Adaptación del manual de carreteras: diseño geométrico 2018 de la clasificación en función a la orografía **Fuente.** MTC (2018)

2.2.10. Factores que contribuyen al deterioro de la vía

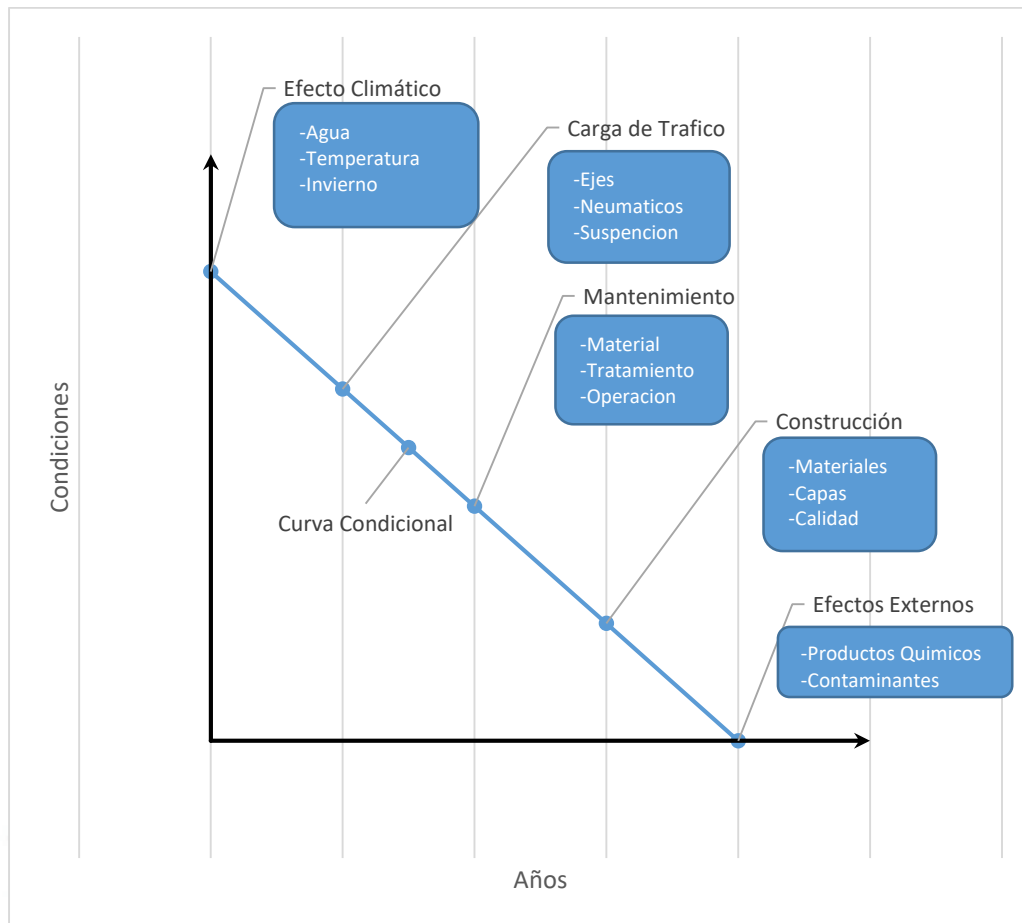
El mantenimiento de una carretera adopta muchas formas debido a las obligaciones asignadas a las distintas partes y debido a la diversa gama de problemas que se encuentran. Estos deberes y problemas se relacionan con la carretera y sus estratos y estructuras subyacentes, con las influencias del clima y las condiciones naturales, con los efectos de su uso y los impactos de sus usuarios y, finalmente, el efecto que todos estos pueden tener en aquellos afectados por la carretera, es decir, casi todo el mundo. En la Figura 1 ilustra una gama de factores que contribuyen al deterioro de un camino y a su consecuente condición en un momento dado.

Para que una carretera moderna opere de manera eficiente y eficaz en beneficio de todos los usuarios, se requiere que cumpla con los requisitos definidos por el cliente. En la actualidad, con la capacidad tecnológica aumentando rápidamente y la presión sobre las carreteras se ha intensificado,

se puede hacer una contribución importante a través del buen uso de la tecnología moderna como: en forma de información del conductor en tiempo real, en unidades dinámicas de control de tráfico.

Las propias operaciones y tecnologías de mantenimiento están evolucionando rápidamente para satisfacer las demandas de las redes viales modernas. El diseño y la rehabilitación de pavimentos es, hasta cierto punto, una ciencia empírica respaldada por la observación, la investigación y el desarrollo a largo plazo. Debido a que los pavimentos están diseñados para durar muchos años antes de que sea necesario reforzarlos, la observación y comprensión de su desempeño durante toda la vida es un proceso continuo. La comprensión del desempeño del pavimento debe, además, llevarse a cabo como un estudio integrado de mantenimiento vial debido a la interacción de las diversas partes de la calzada y la influencia que una parte de la infraestructura puede tener sobre otra, p. El desempeño del drenaje del camino juega un papel vital para asegurar el desempeño estructural eficiente de un pavimento.

Figura 1
Factores que contribuyen al deterioro de la vía



Nota. En la figura se puede observar los factores que influyen en el deterioro de la vía.
Fuente. Coleman (2002)

2.2.11. Factores que influyen en el comportamiento y diseño del pavimento

Cuando se va a realizar el diseño de un pavimento es necesario determinar los espesores de cada capa, que en conjunto constituye la sección estructural del pavimento, de esta manera se puede optimizar los volúmenes de los materiales de construcción, mejorando la vida útil e incrementando la resistencia de toda la estructura o de alguna capa específica. (Arroyo Hilton, 2010)

Existen una gran variedad de factores que influyen en el comportamiento y diseño del pavimento, es básico que se tengan en cuenta agentes como el intemperismo ya sea del ambiente o del hombre, la calidad de los materiales, el procedimiento de construcción, topografía, cargas vehiculares, drenaje, así como también las políticas de comunicación y transporte; pero son dos los factores que intervienen directamente para su diseño:

Efectos del tránsito.

- Tipos de vehículos.
- Configuración y número de llantas por eje.
- Número de repeticiones de carga por cada punto en la superficie de rodamiento.

La influencia de la plasticidad, resistencia, deformación de los materiales y los efectos con el medio ambiente.

- Lluvia.
- Cambio en el nivel de aguas freáticas.
- Intemperismo por cambios de clima.
- Infiltraciones propias del agua. (Arroyo Hilton, 2010)

2.2.12. Hidrológicos y Geológicos que inciden en el Diseño Hidráulico

El primer factor a considerar se refiere al tamaño de la cuenca como factor hidrológico, donde el caudal aportado estará en función a las condiciones climáticas, fisiográficas, topográficas, tipo de cobertura vegetal, tipo de manejo de suelo y capacidad de almacenamiento. (MTC, 2008)

Evaluación de la Información Hidrológica

Dado que el país tiene limitaciones en la disponibilidad de datos ya sea hidrométricos y la mayor parte de las cuencas hidrográficas no se encuentran instrumentadas, se utilizan métodos indirectos para la estimación del caudal de diseño. (MTC, 2008)

Modelos de distribución

El análisis de frecuencias tiene la finalidad de estimar precipitaciones, intensidades o caudales máximos, según sea el caso, para diferentes períodos de retorno, mediante la aplicación de modelos probabilísticos, los cuales pueden ser discretos o continuos.

En la estadística existen diversas funciones de distribución de probabilidad teóricas; recomendándose utilizar las siguientes funciones:

- Distribución Normal
- Distribución Log Normal 2 parámetros
- Distribución Log Normal 3 parámetros
- Distribución Gamma 2 parámetros
- Distribución Gamma 3 parámetros
- Distribución Log Pearson tipo III
- Distribución Gumbel
- Distribución Log Gumbel. (MTC, 2018)

Distribución Log Pearson Tipo III

La función de densidad es:

$$f(x) = \frac{(\ln x - x_0)^{\gamma-1} e^{-\frac{(\ln x - x_0)}{\beta}}}{x\beta^\gamma \Gamma(\gamma)}$$

Donde:

- x_0 : parámetro de posición
- γ : parámetro de forma
- β : parámetro de escala

Prueba Kolmogorov – Smirnov

Método por el cual se comprueba la bondad de ajuste de las distribuciones, asimismo permite elegir la más representativa, es decir la de mejor ajuste.

Periodo de Retorno

Es el tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico o precipitación, es igualado o superado una vez cada “t” años. El riesgo de falla admisible en función del período de retorno y vida útil de la obra está dado por:

$$R = 1 - (1 - 1/T)^n (1)$$

n: Vida útil

T: Período de retorno

R: Riesgo de falla admisible

El tiempo promedio, en años, en que el valor del caudal pico de una creciente determinada es igualado o superado una vez cada “T” años, se le denomina Período de Retorno “T”. Si se supone que los eventos anuales son independientes, es posible calcular la probabilidad de falla para una vida útil de n años.

Para adoptar el período de retorno a utilizar en el diseño de una obra, es necesario considerar la relación existente entre la probabilidad de excedencia de un evento, la vida útil de la estructura y el riesgo de falla admisible, dependiendo este último, de factores económicos, sociales, técnicos y otros. (MTC, 2008)

2.2.13. Subrasante

La subrasante también se le conoce por el nombre de fundación de la estructura del pavimento o cimiento, y hace referencia a la superficie culminada del movimiento de tierras cuyo propósito es que darle soporte a las cargas que trasfiere la estructura de pavimento.

Corresponde al asiento directo de la estructura del pavimento y constituye parte esencial del prisma de las carreteras construidas entre la estructura del pavimento y el terreno natural allanado o explanada; es el fondo de las excavaciones en terreno natural o la capa superior del terraplén, la cual se encargará de soportar la estructura del pavimento, integra los suelos seleccionados de características compactados y aceptables por capas para formar un cuerpo estable y sobre todo en óptimo estado, con la finalidad de que no vaya a afectar la carga de diseño proveniente del tránsito.

El diseño de la estructura del pavimento superior se encuentra conformado por una serie de variables como: el tránsito, la capacidad de soporte en condiciones de servicio y las características propias de los materiales

empleados para la construcción de la superficie de rodadura. Es importante señalar que los últimos 0.30m de suelo debajo del nivel superior de la subrasante cuando se encuentra en la etapa de construcción, requieren ser compactados por un equivalente del 95% de la densidad máxima seca que se obtuvo en el ensayo proctor modificado. (MTC, 2014)

2.3. Hipótesis de la investigación

2.3.1. Hipótesis general

La aplicación de los parámetros de estudios de campo, ensayos de laboratorio y normativas determinan la capacidad de soporte de la subrasante para el diseño de vía. Posiblemente se optimizará el diseño y la eficiencia de la vía Carretera rural Gloria – La Joya

2.4. Variables de la investigación

2.4.1. Variable independiente

Parámetros geotécnicos para el diseño de vías.

2.4.2. Variable dependiente

Capacidad de soporte de la subrasante.

2.4.3. Operacionalización de variables

Tabla 1
Operacionalización de las variables

	Variables de investigación	Dimensiones	Indicadores
Independiente	Parámetros geotécnicos para el diseño de vías	Estudio de campo	Calicatas Perfil Estratigráfico
		Ensayos de laboratorio	Materiales granulares (arena/gravas) Materiales cohesivos (limos/arcillas)
		Normativa	MTC (Ministerio Transportes y Comunicaciones)
		Resistencia mecánica del suelo	Granulometría CBR Peso específico Índice de plasticidad
			Efecto Climático
Dependiente	Capacidad de soporte de la sub-rasante	Construcción	Materiales Capas Calidad
		Clasificación de vías	Demanda de Vehículos Orografía
		Carga de Trafico	IMDA (Índice Medio Diario Anual) EE (Ejes Equivalentes)

Nota. Se evidencia las variables junto con las dimensiones y variables base de la presente investigación. **Fuente.** Elaboración propia



3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Alcances y limitaciones de la investigación

3.1.1. Alcances

El alcance es a nivel nacional siempre y cuando se aplica en vías de clasificación trochas carrozables de terreno ondulado plano, tenga las mismas especificaciones geológicas de roca (sedimentarias) como climatológicas (precipitación) y un tránsito similar en la zona por consecuencia de la expansión poblacional.

Con esta investigación se pretende determinar la estabilidad estructural de la subrasante de la carretera rural Gloria – Joya mediante la aplicación de estudio geotécnico en vía y canteras, estudio de tráfico y estudio hidrológico que permitirá realizar un diseño con los parámetros técnicos establecidos para la construcción de carreteras.

3.1.2. Limitaciones

Entre las limitaciones se encuentran:

- Seleccionar los parámetros geotécnicos adecuados para el estudio de la vía y las canteras que permita realizar el diseño y mantenimiento de la vía porque si no, no hubiese sido estructuralmente estable.
- Otra limitación son los diversos impactos que afectan la vía, lo cuales inician por el tráfico pesado en la zona de estudio, la geomorfología afectada, precipitaciones pluviales que causa un caudal sobre las cuencas de la zona y provocando filtraciones en la vía y como consecuencia un deterioro prematuro.

3.2. Tipo y diseño de la investigación

3.2.1. Tipo de investigación

Es una investigación aplicada, ya que, se centra en resolver el problema existente, también es cuantitativa porque el estudio geotécnico generará datos cuantificables con valores medibles, finalmente se tomará en cuenta la investigación de campo ya que, el investigador estará en contacto directo con la realidad problemática.

3.2.2. Diseño de la investigación

La investigación cuenta con un diseño Descriptivo- Experimental, puesto que se describirá el proceso de aplicación del estudio geotécnico para determinar la estabilidad estructural de soporte que debe tener la subrasante.

3.3. Población, muestra o universo

3.3.1. Población

- El universo poblacional del estudio, está representado por el camino vecinal Gloria – La Joya

3.3.2. Muestra

Correspondiente a la muestra, se trabajará con 10 calicatas de la subrasante y para darle la estabilidad estructural en el diseño de vía.

La muestra seleccionada es del tipo no probabilístico porque necesitamos una muestra con características específicas como se visualiza en el cuadro 7, en base a dichos criterios la carretera rural Gloria La Joya presenta una característica dado por el estudio granulométrico, límites de consistencia y

estudio de CBR dados en los cuadros 11-15, anexo 2-11 donde se verá su clasificación y características geotécnicas.

Cuadro 7

Valores de Calidad Para Materiales de la Capa Sub-Rasante

CARACTERÍSTICA	DESEABLE	ADECUADA	TOLERABLE	UNIDAD
Granulometría Tamaño Máximo	3"	3"	3"	(pul)
% Finos	25 máx	35 máx	40 máx	(Mat. < 0.074 mm)
Límite Líquido (LL)	30 máx	40 máx	50 máx	%
Índice Plástico (IP)	10 máx	20 máx	25 máx	%
Compactación (%)	100 mín	100 +- 2	100 +- 2	%
C.B.R. (%)	30 mín	20 mín	15 mín	%

Nota: Se especificas las características de la calidad de los materiales y su valor.
Fuente. Rico et al, (1990)

3.4. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se realizarán los siguientes trabajos de campo mediante la observación: Mapeo Geomorfológico, Mapeo Geológico, para conocer los parámetros y propiedades que definen de forma cuantitativa las condiciones de resistencia del suelo de sub-rasante.

Se hará además un análisis documental, sobre la normativa de diseño y construcción de vías, para considerar las premisas sugeridas por dichos documentos.

Mediante análisis de campo y ensayos de laboratorio, se recogerá datos relevantes sobre la topografía donde se ubica la carretera rural estudiada, dicha información será analizada y contrastada por programas de computación. Con los estándares sugeridos por documentos reglamentarios del MTC.

Se realizarán ensayos de granulometría, límites de consistencia, CBR, entre otros, analizados mediante ASSTHO, de las muestras sacadas para los estudios.

3.4.1. Ubicación

DATOS GENERALES

Ubicación Política

Distrito : LA JOYA

Provincia : AREQUIPA

Departamento : AREQUIPA

Ubicación Geográfica

RUTA R040162

INICIO	PROGRESIVA	COORDENADAS		ALTITUD m.s.n.m
		ESTE	NORTE	
Emp. PE-15 (Gloria) (Panamericana Sur)	0+000.00	198587.030	8173143.673	1583.70

FIN	PROGRESIVA	COORDENADAS		ALTITUD m.s.n.m
		ESTE	NORTE	
Emp. AR-744 Las Mellizas	9+535.93	194030.630	8165891.780	1413.46

Clasificación de Camino (ruta)	: RUTA
Tiempo Promedio de Recorrido	: R040162
Velocidad Promedio	: 0.5 horas
Ultima rehabilitación	: 30 km/h
Ultimo Mantenimiento Periódico	: Ninguna
Ultimo Mantenimiento Rutinario	: Ninguna

Cruce de Cetros Poblados

PROGRESIVA	NOMBRE
0+000	LECHE GLORIA
5+000	MELLIZAS

3.4.1.1. Ubicación Política

- Región: Arequipa
- Provincia: Arequipa
- Distrito: La Joya
- Localidades: Leche Gloria, Las Mellizas
- Altitud Promedio: 1498.5 msnm
- Longitud: 9+535.93 km
- Ruta: R040162

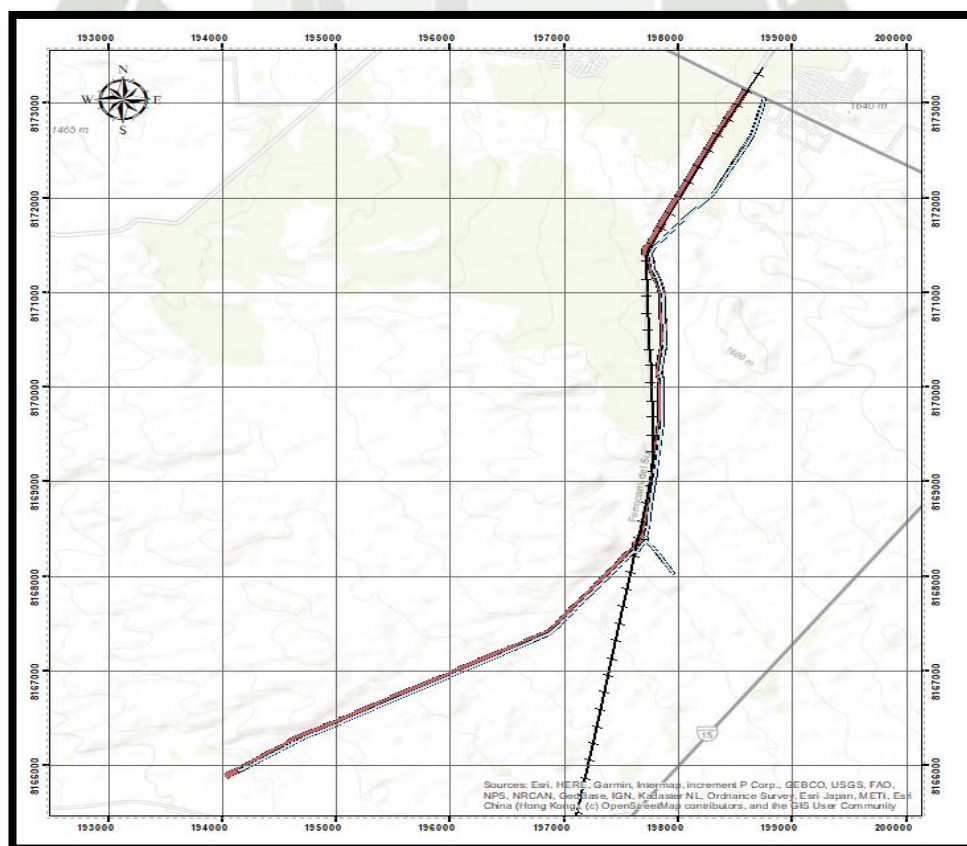
3.4.1.2 Ubicación Geográfica

Se puede visualizar en el Anexo: Plano 1

Se puede visualizar vista en planta y transversal considerando sus curvas de nivel: Plano 6

Figura 2

Mapa de ubicación



Nota. En la figura se logra visualizar el mapa donde se encuentra ubicada la carretera rural Gloria La Joya **Fuente.** Propia

Tabla 2

Punto de inicio de la progresiva

INICIO Km	PROGRESIVA Km	COORDENADAS		ALTITUD m.s.n.m.
		Norte	Este	
0+000.00	0+000.00	8173143.673	198587.03	1583.70

Nota. Datos del inicio de la Vía para su reconocimiento. **Fuente.** Elaboración Propia

Figura 3

Punto Inicio de la progresiva



Nota. Se aprecia una fotografía correspondiente al inicio de la Vía para su reconocimiento. **Fuente.** Elaboración Propia

Tabla 3

Punto final de la progresiva

FIN Km	PROGRESIVA Km	COORDENADAS		ALTITUD m.s.n.m.
		Norte	Este	
0+000.00	9+535.93	8165891.78	194030.63	1413.46

Nota. Datos del Final de la Vía para su reconocimiento. **Fuente.** Elaboración Propia

Figura 4

Punto final de la progresiva



Nota. Se logra apreciar una fotografía del final de la Vía para su reconocimiento.

Fuente. Elaboración Propia

3.4.2. Accesibilidad

Para llegar al inicio del camino vecinal materia del presente servicio, se realiza desde el distrito de La Joya, desplazándose por la PE-1S (Panamericana Sur), hasta llegar a las instalaciones de Leche Gloria, donde la ruta intervenida, empalma la Ruta AR.722 y comienza un tramo recto.

3.4.2.1. Altitud

- Cota de inicio: 1583.70m.s.n.m.
- Cota de fin de tramo: 1413.46 m.s.n.m.

3.4.2.2. Longitud

- Kilómetro de inicio: 00 + 000
- Kilómetro de fin de tramo: 9+535.93
- Longitud del tramo: 9,536 km

3.4.3. Estudio Hidrológico

3.4.3.1. Estación meteorológica

Las precipitaciones registradas en la vía son relativamente bajas, por lo que en el presente estudio daremos a conocer las precipitaciones máximas registradas en los 47 años las cuales garantizan una correcta evaluación de las precipitaciones.

Se utilizó el uso de los datos de la estación meteorológica del SENAMHI, denominada Estación La Joya, con código 116005, de la cual se obtuvo los datos desde el año 1966 hasta el 2014 donde los datos completos en el anexo 13, brindando una precipitación máxima en las 24hr de 21.4 mm dado en el mes de febrero año 1986 dado en el anexo 14. La estación de La Joya se escogió ya que es la más cercana a la carretera y tiene información con un mínimo de 25 años de registro, así como considera el manual de Hidrología, Hidráulica y drenaje del (MTC).

Con el fin de conocer los datos y ver si afecta directamente a la carretera y evitar efectos como de capilaridad y de aguas de cuencas se hizo el estudio.

Cuadro 8

Ubicación de la Estación Meteorológica de la Joya

Datos de la Estación La Joya	
Ubicación Geográfica	Lat. 16° 35' 91"
	Long. 71° 55' 28,69"
Código	116005
Cota	1278 msnm.

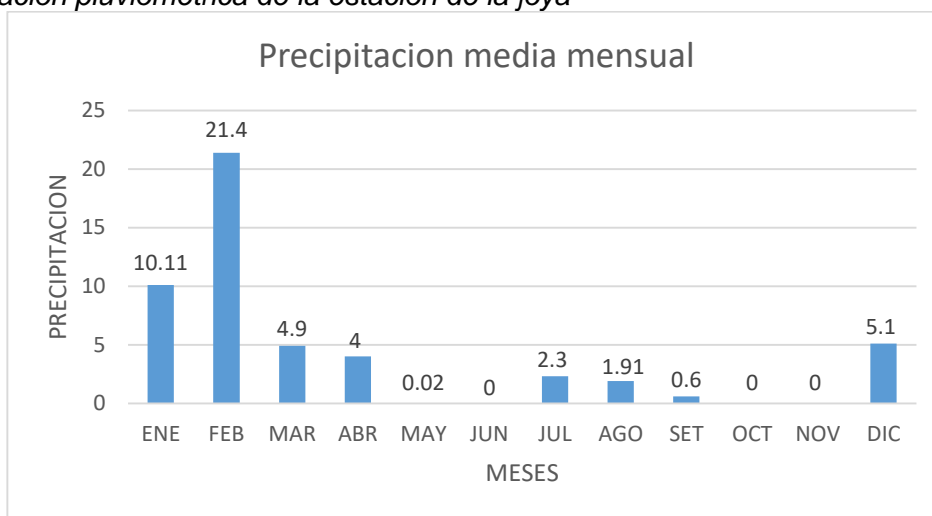
Nota. Adaptación del registro histórico del SENAMHI. **Fuente.** SENAMHI (2022)

En el anexo 13 presenta un cuadro de variación de precipitaciones promedio mensual general y máximas en mm de 24 horas a lo largo de 47 años.

Presentamos en la figura 5 la precipitación media mensual de la estación de La Joya donde nos da el mes de febrero con una precipitación de 21.4mm de lluvia

Figura 5

Información pluviométrica de la estación de la joya



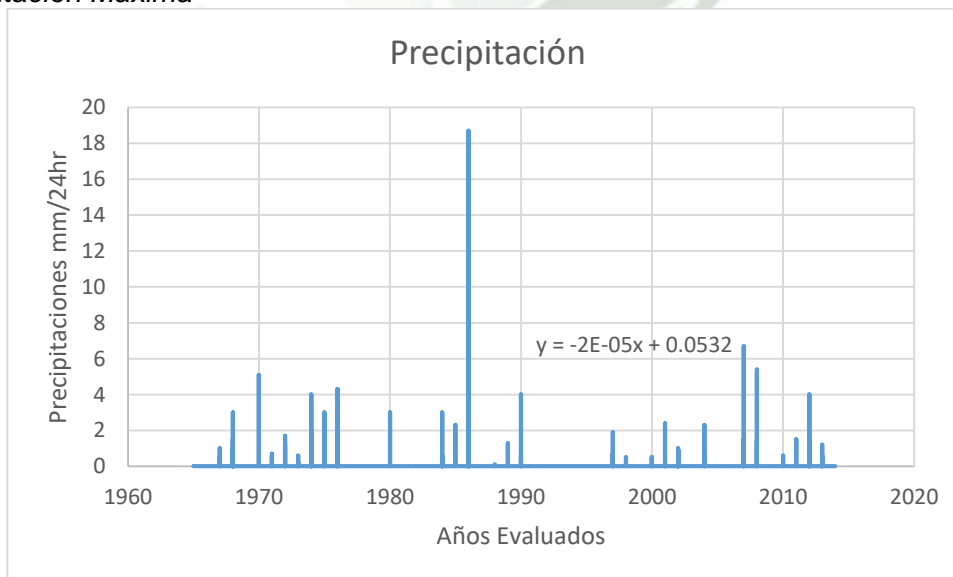
Nota. Adaptación del registro histórico del SENAMHI. **Fuente.** SENAMHI (2022)

3.4.3.5. Precipitación máxima en 24 horas

En la presente figura se presenta la precipitación máxima en milímetros en 24 horas registrado en los 47 años desde 1966 al año 2014 donde se observa la precipitación máxima en el año 1986 con datos dados en el anexo 14.

Figura 6

Precipitación Máxima



Nota. Adaptación del histórico del SENAMHI. **Fuente.** SENAMHI (2022)

La población se encuentra ubicada sobre una zona agrícola e industrial, ubicada entre las partes bajas de la ciudad de Arequipa y la costa del departamento del mismo nombre, el clima que caracteriza a La Joya es templado, con una amplitud térmica moderada, durante el año se presenta una media de temperatura máxima y mínima de 26.5°C y 9.8°C, respectivamente y, su precipitación media acumulada anual es de 2.1 mm , para un historial de precipitación se tiene el anexo 13, especifica las precipitaciones 1966-2014.

3.4.4. Descripción de la ruta

Los caminos vecinales que forma parte de la Red Vial Vecinal de la región Arequipa: RUTA R040162, tiene una longitud de 9+535.93 km, afirmado en malas condiciones, pedregoso, arcilloso, arenoso; no ha tenido intervenciones en los últimos años.

3.4.4.1 Descripción del Proceso

3.4.4.1.1 Evaluación de la Plataforma Existente

La evaluación se realizó durante la estación seca, es decir, en la época de baja degradación de las carreteras, es decir. nivel de procesos de desgaste de material granular.

En la evaluación del campo entre el Km.0+000 – Km.9+535, se observaron como principales causas del déficit serio deterioro de la plataforma, huecos y baches profundos, inundación de aguas superficiales y problemas de hundimiento por el no bien funcionamiento de las obras de arte (sistemas de drenaje).

Es importante recalcar que los fraccionamientos mencionados fueron descubiertos debido al severo deterioro observado en la superficie y en la época más desfavorable, la época de lluvias.

3.4.5. Estado actual de la plataforma

De las observaciones del estado actual de la plataforma y del estudio realizado se ha determinado que los materiales que la conforman son de características inadecuadas, producto del poco o nulo mantenimiento de la vía, lo cual ha generado los problemas que se describen. Se recomiendan las siguientes actividades a realizar para cada problema. En el Cuadro N°10 (estado actual de la plataforma), se indican los trabajos y metrados en los que se está considerando cada caso.

Estado de la vía Promedio

- Ancho Promedio de Superficie de Rodadura 4.4m
- Pendiente máximo Promedio de 0.04%
- Pendiente mínimo Promedio de -3.10%
- Tipo de terreno: Plano, Plano Ondulado

Figura 7
Condición de la Vía



Nota. Se logra apreciar una fotografía de la condición de la vía para su reconocimiento. **Fuente.** Elaboración Propia

Cuadro 9

Estado actual de la plataforma

ESTADO ACTUAL DE LA PLATAFORMA						
Nº	PROGRESIVA		Tipo de terreno	Prom. Ancho Superficie Rodadura	Pendiente %	
	Km.	Km.			Máx.	Mín.
1	0+000	0+250	PLANO	6	2.00%	-1.80%
2	0+250	0+500	PLANO	6.85	0.90%	1.50%
3	0+500	0+750	PLANO	6.7	2.70%	0.90%
4	0+750	1+000	PLANO	6.2	-0.10%	-2.00%
5	1+000	1+250	PLANO – ONDULADO	7.9	0.00%	-3.50%
6	1+250	1+500	PLANO – ONDULADO	8.3	-1.50%	-4.80%
7	1+500	1+750	PLANO – ONDULADO	3.5	0.00%	-5.10%
8	1+750	2+000	PLANO – ONDULADO	4.5	3.60%	-0.20%
9	2+000	2+250	PLANO	2.9	1.10%	-2.50%
10	2+250	2+500	PLANO	4.2	2.40%	-0.20%
11	2+500	2+750	PLANO	4	1.10%	-1.30%
12	2+750	3+000	PLANO	4.2	0.80%	-0.90%
13	3+000	3+250	PLANO	4.4	0.00%	-1.50%
14	3+250	3+500	PLANO	3.5	1.30%	-1.30%
15	3+500	3+750	PLANO	3.5	-0.20%	-2.70%
16	3+750	4+000	PLANO	3.15	-0.10%	-2.10%
17	4+000	4+250	PLANO – ONDULADO	4.3	-0.20%	-3.90%
18	4+250	4+500	PLANO – ONDULADO	3.7	-0.20%	-3.60%

19	4+500	4+750	PLANO – ONDULADO	3.65	-2.70%	-4.10%
20	4+750	5+000	PLANO – ONDULADO	3.7	-0.40%	-3.60%
21	5+000	5+250	PLANO – ONDULADO	3.85	-0.70%	-3.60%
22	5+250	5+500	PLANO – ONDULADO	4.1	-2.80%	-4.10%
23	5+500	5+750	PLANO – ONDULADO	4.5	-0.20%	-3.20%
24	5+750	6+000	PLANO – ONDULADO	5.15	-0.20%	-4.20%
25	6+000	6+250	PLANO – ONDULADO	4.1	-2.20%	-4.10%
26	6+250	6+500	PLANO – ONDULADO	4	-0.90%	-3.80%
27	6+500	6+750	PLANO – ONDULADO	4	-0.50%	-3.50%
28	6+750	7+000	PLANO – ONDULADO	3.9	0.90%	-3.50%
29	7+000	7+250	PLANO – ONDULADO	3.7	-0.60%	-5.20%
30	7+250	7+500	PLANO – ONDULADO	3.5	-0.60%	-5.90%
31	7+500	7+750	PLANO – ONDULADO	3.9	-1.00%	-6.10%
32	7+750	8+000	PLANO – ONDULADO	4.4	-0.20%	-3.10%
33	8+000	8+250	PLANO – ONDULADO	4.4	-0.30%	-2.40%
34	8+250	8+500	PLANO – ONDULADO	4.2	2.10%	-3.40%
35	8+500	8+750	PLANO – ONDULADO	4	2.50%	-5.30%
36	8+750	9+000	PLANO – ONDULADO	3.4	-2.40%	-8.00%
37	9+000	9+250	PLANO – ONDULADO	3.2	-0.40%	-3.40%
38	9+250	9+500	PLANO – ONDULADO	3.5	-0.60%	-3.50%
39	09+500	09+535.93	PLANO	4.8	-1.00%	-1.80%

Nota. Adaptación del estado actual de la plataforma área de topografía. **Fuente.**
Elaboración propia.

3.4.6. Estudio de Mecánica de Suelos

3.4.6.1. Formaciones Geológicas y Geomorfológicas

Estas formaciones geomorfológicas fueron obtenidas del mapa geológico del cuadrángulo de La Joya (34-s). Las formaciones presentes a lo largo de la vía en estudio son dos, las cuales se nombran a continuación:

- Depósito aluvial
- Formación Millo (Grupo Barroso)

3.4.6.1.1. Depósito aluvial

El Depósito aluvial está presente en la vía en estudio desde el km 0+000 al km 2+000 y del km 3+300 al km 9+535 aproximadamente (Plano: Mapa Geológico (GL-02). Pertenece a la Era (Cenozoico), Sistema (Cuaternario), Serie (Pleistoceno), las cuales constan de rocas sedimentarias. Litológicamente, está representado por una secuencia de rocas clásticas que consisten mayormente en acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos subangulosos a angulosos de diferente composición (Miranda, 2015). Se puede apreciar en el *Mapa Geológico (GM – 2)*

Geomorfológicamente está formado por Altiplanicie sedimentaria por procesos Fluviales sedimentarios con unidad geomorfológico planicie desértica formando terrazas en los flancos de los ríos y conos de deyección, formando terrazas y abanicos aluviales y una zona urbanizada con respecto al proyecto (Miranda, 2014). Se puede apreciar en el *Mapa Geomorfológico (GM – 1)*

3.4.6.1.2. Formación Millo

La Formación Millo se encuentra presente en la vía en estudio desde el km 2+000 al km 3+300 aproximadamente. (Plano: Mapa Geológico (GL-02). Pertenece a la Era (Cenozoico), Sistema (Neógeno), Serie (Plioceno) y a la formación del Grupo Barroso y consta de rocas sedimentarias. Litológicamente, está representado por Conglomerados poligénico, areniscas y limolitas poco consolidadas con intercalaciones de tobas retrabajadas (Miranda, 2015). Se puede apreciar en el *Mapa Geológico (GM – 2)*

Geomorfológicamente está formado por Colinas y lomadas disectada en roca sedimentaria por procesos sedimentarios con una unidad geomorfología planicie ondulada (Miranda, 2014). Se puede apreciar en el *Mapa Geomorfológico (GM – 1)*

3.4.6.2. Estudio de suelo

La subrasante o también llamado cimiento o fundación de la estructura del pavimento es la superficie terminada del movimiento de tierras que debe soportar las cargas que transmite la estructura de pavimento y darle sustentación.

3.4.6.2.1. Determinación de número de calicatas

El propósito en conocer las características físico-mecánicas del suelo de la sub-rasante, es la ejecución de calicatas de exploración de 1.50 m de profundidad mínima, conforme lo determina el Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos (2014) del MTC; el número mínimo de calicatas por kilómetro estará de acuerdo con la tabla siguiente:

Tabla 4

Tipos de calicatas

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Carreteras de bajo Volumen de Transito : carreteras con IMDA <=200 veh/día, de una calzada	1.5 m respecto al Nivel de sub-rasante del Proyecto	1 Calicata por km	Se ubicaran longitudinalmente y en forma alterada

Nota. La tabla pone en evidencia cual es el tipo de carretera objeto de estudio. **Fuente.** MTC (2014)

El presente estudio tuvo como base el Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos (2014) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, cabe destacar que se realizó a nivel de perfil.

En la zona base de estudio se realizaron un total de 10 calicatas, la primera en el km 00+000 y hasta el km 09+535, para su ubicación se tomó de guía el diseño geométrico previo, puesto que se determinó que la altura de corte en dichas zonas entre el nivel de la sub-rasante y el nivel del terreno natural estaban relativamente próxima.

3.4.6.2.2. Determinación de ensayos CBR

Para llevar a cabo los ensayos de CBR fueron extraídas las muestras de la subrasante, para el número de ensayos se consideró el tipo de carretera, tal como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 5

Tipo calicatas para el CBR

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	N° de CBR
Carreteras de bajo Volumen de Transito : carreteras con IMDA <=200 veh/día, de una calzada	Calicata a 1.5 m	Cada 3 km se realizara un CBR

Nota. Se visualiza el tipo de carretera y la especificación del N° de CBR a realizar. **Fuente.** MTC (2014)

3.4.6.2.3. Descripción de los trabajos

Las labores de campo fueron realizadas mediante la excavación de calicatas, las dimensiones fueron de 2.00 m por 1.50 m y con 1.50 m de profundidad, con el propósito de conseguir muestras representativas y poder así realizar de manera efectiva los ensayos que permitirán evaluar los suelos que componen la sub-rasante de la carretera en estudio.

Entre los pozos exploratorios existía una de 3.0 m aproximadamente, a fin de que las muestras fueran representativas en la totalidad de los estratos identificados. Anexo (2, 5, 8,11).

Posteriormente se procedió a realizar la excavación de 10 calicatas, que permitieron conseguir 125 kg aproximadamente de cada estrato para poder realizar las pruebas correspondientes, una vez obtenidos se conservaron en sacos plásticos de polipropileno y poder mantener sus propiedades durante el traslado al laboratorio, el mismo se hizo de manera inmediatamente al laboratorio de mecánica de suelos, de la provincia de Arequipa y región del mismo nombre y sometidas a los siguientes ensayos bajo las normas del Manual de Ensayo de Materiales (2016), del Ministerio de Transportes y Comunicaciones:

Cuadro 10

Ensayos Realizados para la Sub-rasante

ENSAYOS	USO	AASHTO	ASTM	MTC	PROPOSITO
Análisis granulométrico	Clasificación	T88	D422	E107	Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo
Humedad Natural	Calidad	-----	D2216	E108	Hallar la humedad del material insitu
Límite Líquido	Clasificación	T89	D4318	E110	Hallar el contenido de agua entre los estados líquidos y plástico
Límite Plástico	Clasificación	T90	D43118	E111	Hallar el contenido de agua entre los estados plástico y semisólido
Índice de Plasticidad	Clasificación	T90	D43118	E111	Hallar el rango contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico
California Bearing Ratio (CBR)	Diseño de Espesores	T193	D1883	E132	Determina la capacidad de soporte del suelo.
Proctor Modificado	Clasificación	-----	D1557	E115	Hallar el contenido de densidad
Clasificación de Suelos (SUCS y AASHTO)	Clasificación	-----	D2487	-----	Clasificar el material para el uso de construcción

Nota. Adaptación de la información sobre los ensayos y el propósito de cada uno.

Fuente. MTC (2014)

Es importante destacar que los ensayos que fueron realizados se enfocaron en la sub-rasante, sin embargo, en los casos de material de afirmado se incluyeron además otros ensayos, que se podrán apreciar con mayor precisión en el estudio de las canteras. Así mismo, se precisan las hojas de cálculo de los ensayos realizados tanto para las canteras como para la sub-rasante en el anexo de Análisis de Suelos.

3.4.6.2.4. Ubicación de las calicatas

Las calicatas fueron debidamente identificadas de acuerdo a sus coordenadas y progresivas especificadas en la tabla 6 que se muestra a continuación:

Tabla 6

Ubicación de Calicatas con sus Coordenadas

Código	Este	Norte	Descripción	Progresiva	Profundidad	CBR Aplicado
C-1	198587.031	8173143.673	Sub-rasante	km 00+000	1.5 m	si
C-2	198116.488	8172261.467	Sub-rasante	km 01+000	1.5 m	no
C-3	197743.957	8171383.799	Sub-rasante	km 02+000	1.5 m	no
C-4	197859.961	8170402.130	Sub-rasante	km 03+000	1.5 m	si
C-5	197818.828	8169408.291	Sub-rasante	km 04+000	1.5 m	no
C-6	197685.373	8168423.771	Sub-rasante	km 05+000	1.5 m	no
C-7	197070.392	8167653.363	Sub-rasante	km 06+000	1.5 m	si
C-8	196255.637	8167103.563	Sub-rasante	km 07+000	1.5 m	no
C-9	195365.680	8166647.643	Sub-rasante	km 08+000	1.5 m	no
C-10	194482.101	8166180.642	Sub-rasante	km 09+000	1.5 m	si

Nota. Se visualiza cada una de las coordenadas donde se hizo el estudio del CBR en la carretera con un sí y con un no. **Fuente.** Elaboración Propia

3.4.6.2.5. Descripción de los resultados de suelos por calicata

Las calicatas cuentan con una descripción y características del suelo que se ajustan a los estudios previamente realizados con la Empresa, tomando como base las normas del Manual de Ensayos de Materiales (2016) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones; y lo que respecta a la descripción de las características por tipo de suelo se realizó según, finalmente se complementó con los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos realizados.

MUESTRA CANTERA Nº 1-Cantera Elena de Troya III

Clasificado en el sistema SUCS como un suelo SM y en el sistema AASHTO, como un suelo A-1-b, posee 18.1% de material que pasa por la malla Nº200. Puede ser considerada su empleabilidad para terraplenes de suave talud, se considera como de moderada facilidad para el uso en obra, así mismo su permeabilidad y comprensibilidad es Baja.

Figura 8

La Cantera Elena de Troya III



Nota. Fotografía de la Cantera donde se extrajo material Ligante para el afirmado.

Fuente. Elaboración Propia

MUESTRA CANTERA N° 1-Cantera Elena de Troya IV

Clasificado en el sistema SUCS como un suelo GP y en el sistema AASHTO como un suelo A-1-a, posee 6% de material que pasa por la malla N°200. Se determinó que cuenta con las propiedades para ser utilizado como afirmado en una vía, dada a su elevada facilidad de uso en obra, en cuanto a su permeabilidad y resistencia al corte es baja al igual que la compresibilidad.

Figura 9

La Cantera Elena de Troya IV



Nota. Cantera donde se extrajo material de grava para el afirmado. **Fuente.** Elaboración Propia

CALICATA DE LA VIA, SUBRASANTE N° 1- (km 0+000) (C-1)**Estrato 1**

Va de acuerdo del (0.00m-0.50m), el color hasta el fondo de la excavación se aprecia de un tono beige a claro, la estratigrafía corresponde a una grava limosa pobremente gradada, en estado encontrado semicompacto a compacto. Corresponde a una clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) de GP-GM.

Estrato 2

Va de acuerdo del (0.50m-1.50m), de color gris amarillento de compacidad relativa media con una profundidad de hasta 1.50m fue detectada arenas limosas. Clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) SM.

CALICATA DE LA VIA, SUBRASANTE N° 2- (km 1+000) (C-2)**Estrato 1**

Va de acuerdo del (0.00m-0.60m), color aproximado beige a claro, la estratigrafía corresponde a una grava limosa pobremente gradada, en estado semicompacto a compacto. Su clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos es GP-GM.

Estrato 2

Va de acuerdo del (0.60m-1.50m), de color es gris amarillento, fueron detectadas arenas limosas, de compacidad relativa media. Clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) SM.

CALICATA DE LA VIA, SUBRASANTE N° 3- (km 2+000) (C-3)**Estrato 1**

Va de acuerdo del (0.00m-0.60m), color beige a claro, la estratigrafía corresponde a una grava limosa pobremente gradada, se encuentra en un estado entre semicompacto a compacto. Su clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos es GP-GM

Estrato 2

Va de acuerdo del (0.60m-1.50m), de color gris amarillento, se detectó arenas limosas de compacidad relativa media. Clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) SM.

CALICATA DE LA VIA, SUBRASANTE N° 4- (km 3+000) (C-4)**Estrato 1**

Va de acuerdo del (0.00m-1.50m); con un color aproximado a beige claro hasta el fondo de la excavación, la estratigrafía concierne a una grava limosa, su estado se encuentra entre semi-compacto a compacto. De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) su clasificación es de GM

CALICATA DE LA VIA, SUBRASANTE N° 5- (km 4+000) (C-5)**Estrato 1**

Va de acuerdo del (0.00m-1.50m), con una tonalidad de color beige a claro hasta el final de la excavación, la estratigrafía corresponde a una grava limosa, con un estado entre semi-compacto a compacto. De acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) su clasificación es de GM, se encuentro un manto rocoso debajo de los 1.50m.

CALICATA DE LA VIA, SUBRASANTE N° 6- (km 5+000) (C-6)**Estrato 1**

Va de acuerdo del (0.00m-1.50m) con una tonalidad marrón a beige claro, la estratigrafía concierne a una arena limosa hasta el final de la excavación, con una compacidad relativa semi-suelta, su clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) es SM.

CALICATA DE LA VIA, SUBRASANTE N° 7- (km 6+000) (C-7)**Estrato 1**

Va de acuerdo del (0.00m-1.50m) con un color marrón a beige claro, la estratigrafía pertenece a una arena limosa hasta el fondo de la excavación, con una compacidad relativa semi-suelta, su clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) es SM.

CALICATA DE LA VIA, SUBRASANTE N° 8- (km 7+000) (C-8)**Estrato 1**

Va de acuerdo del (0.00m-1.50m) de color marrón a beige claro, la estratigrafía corresponde a una arena limosa hasta el fondo de la excavación, con una compacidad relativa semi-suelta, de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos su clasificación (SUCS) es SM.

CALICATA DE LA VIA, SUBRASANTE N° 9- (km 8+000) (C-9)**Estrato 1**

Va de acuerdo del (0.00m-1.50m) de color marrón a beige claro, la estratigrafía corresponde a una grava limosa hasta el fondo de la excavación, con una compacidad relativa semi-suelta, de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) su clasificación es GM.

CALICATA DE LA VIA, SUBRASANTE N° 10- (km 9+000) (C-10)

Estrato 1

Va de acuerdo del (0.00m-1.50m) color beige claro, la estratigrafía corresponde a una grava limosa hasta el fondo de la excavación, estado semi compacto, su clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS) es GM.

Cuadro 11

Resumen del análisis de Estudio de Mecánica de Suelos de las Calicatas Sub-rasante (C-1, C-2)

	Unidad	Calicata 01		Calicata 02	
		Estrato 1	Estrato 2	Estrato 1	Estrato 2
Granulometría (% que pasa)					
1 1/2"	%	79.7	100	80.1	100
1"	%	70.4	100	70.1	99
3/4"	%	63.8	96.5	62.9	96.3
1/2"	%	55	93	54.9	92.8
3/8"	%	50.5	89.8	50.8	89.1
N°4	%	39.2	76.7	39.7	76.2
N°10	%	28.4	64.5	28.1	64.2
N°20	%	21.3	57.6	21.6	57.5
N°30	%	19	55.4	19.2	55.1
N°40	%	17.3	54.4	16.9	54.2
N°50	%	14.8	52.6	14.6	52.6
N°100	%	12	49.9	11.8	49.7
N°200	%	11.5	49	11.2	49.5
Limite Liquido	%	18	33	19	31
Limite Plástico	%	NP	25	NP	24
Índice de Plasticidad	%	NP	8	NP	7
Clasificación SUCS		GP-GM	SM	GP-GM	SM
Clasificación AASHTO		A - 1 -a	A-4	A-1-a	A-4
Proctor Modificado					
Max. Densidad Seca al 100%	g/cm3	1.85	1.57	1.79	1.44
Max. Densidad Seca al 95%	g/cm3	1.74	1.274	1.68	1.33
Optimo Contenido de Humedad	%	9.8	16.8	8.7	18
CBR al 100%	%	122	18.1		
CBR al 95%	%	53	12.3		

Nota. Adaptación del estudio Granulométrico de la carretera calicatas (C-1, C-2) del cual se tomó los valores del CBR. **Fuente.** Elaboración Propia

Cuadro 12

Resumen del análisis de Estudio de Mecánica de Suelos de las Calicatas Sub-rasante (C-3, C-4)

Descripción del ensayo	Unidad	Calicata 03		Calicata 04	
		Estrato 1	Estrato 2	Estrato 1	02
Granulometría (% que pasa)					
1 1/2"	%	79.8	100	94.3	
1"	%	70.2	98.2	88.4	
3/4"	%	63.1	95.7	84.7	
1/2"	%	55.3	92.4	78.7	
3/8"	%	51.2	89.4	73.9	
N°4	%	40.1	77.2	63	
N°10	%	28.3	65.1	52.1	
N°20	%	21.8	57.1	43.5	
N°30	%	19.4	55.8	40	
N°40	%	16.7	54.1	36.5	
N°50	%	14.7	52	34.9	
N°100	%	12.4	47.2	30.9	
N°200	%	11.6	49.5	30.3	
Limite Liquido	%	17	34	19	
Limite Plástico	%	NP	25	NP	
Índice de Plasticidad	%	NP	9	NP	
Clasificación SUCS		GP-GM	SM	GM	
Clasificación AASHTO		A - 1 -a	A-4	A-2-4	
Proctor Modificado					
Max. Densidad Seca al 100%	g/cm3	1.83	1.61	1.69	
Max. Densidad Seca al 95%	g/cm3	1.71	1.45	1.57	
Optimo Contenido de Humedad	%	9.4	15.7	9.7	
CBR al 100%	%			112	
CBR al 95%	%			49	

Nota. Adaptación del estudio Granulométrico de la carretera calicatas (C-3, C-4) del cual se tomó los valores del CBR. **Fuente.** Elaboración Propia

Cuadro 13

Resumen del análisis de Estudio de Mecánica de Suelos de las Calicatas Sub-rasante (C-5, C-6)

Descripción del ensayo	Unidad	Calicata 05		Calicata 06	
		Estrato 1	02	Estrato 1	02
Granulometría (% que pasa)					
1 1/2"	%	100		100	
1"	%	95.8		100	
3/4"	%	85.6		94.9	
1/2"	%	78.7		93.2	
3/8"	%	62.9		90	
N°4	%	47.2		76.9	
N°10	%	38.9		64	
N°20	%	36		55.9	
N°30	%	40		55.1	
N°40	%	33.9		55.1	
N°50	%	32.7		53.1	
N°100	%	31.9		47.6	
N°200	%	30.8		46.3	
Limite Liquido	%	51		32	
Limite Plástico	%	29		24	
Índice de Plasticidad	%	22		8	
Clasificación SUCS		GM		SM	
Clasificación AASHTO		A-2-4		A-4	
Proctor Modificado					
Max. Densidad Seca al 100%	g/cm3	1.81		1.55	
Max. Densidad Seca al 95%	g/cm3	1.72		1.39	
Optimo Contenido de Humedad	%	12.2		13.4	
CBR al 100%	%				
CBR al 95%	%				

Nota. Adaptación del estudio Granulométrico de la carretera calicatas (C-5, C-6) del cual se tomó los valores del CBR. **Fuente.** Elaboración Propia

Cuadro 14

Resumen del análisis de Estudio de Mecánica de Suelos de las Calicatas Sub-rasante (C-7, C-8)

Descripción del ensayo	Unidad	Calicata 07		Calicata 08	
		Estrato 1	02	Estrato 1	02
Granulometría (% que pasa)					
1 1/2"	%	100		100	
1"	%	100		100	
3/4"	%	96.3		95.9	
1/2"	%	92		93.1	
3/8"	%	89.1		90	
N°4	%	77.1		75.8	
N°10	%	63.1		65.1	
N°20	%	56.4		58.2	
N°30	%	55.1		55.6	
N°40	%	54.9		54.2	
N°50	%	52.6		51.2	
N°100	%	48.7		47.6	
N°200	%	44.9		44	
Limite Líquido	%	33		31	
Limite Plástico	%	24		24	
Índice de Plasticidad	%	9		7	
Clasificación SUCS		SM		SM	
Clasificación AASHTO		A-4		A-4	
Proctor Modificado					
Max. Densidad Seca al 100%	g/cm ³	1.49		1.48	
Max. Densidad Seca al 95%	g/cm ³	1.41		1.43	
Óptimo Contenido de Humedad	%	10.2		9.8	
CBR al 100%	%	19			
CBR al 95%	%	13			

Nota. Adaptación del estudio Granulométrico de la carretera calicatas (C-7, C-8) del cual se tomó los valores del CBR. **Fuente.** Elaboración Propia

Cuadro 15

Resumen del análisis de Estudio de Mecánica de Suelos de las Calicatas Sub-rasante (C-9, C-10)

Descripción del ensayo	Unidad	Calicata 09		Calicata 10	
		Estrato 1	02	Estrato 1	02
Granulometría (% que pasa)					
1 1/2"	%	95.1		93.9	
1"	%	89.1		87.3	
3/4"	%	84.3		83.8	
1/2"	%	79.2		75.6	
3/8"	%	74.4		72.8	
N°4	%	64.2		62.7	
N°10	%	52.4		51.8	
N°20	%	44.5		42.9	
N°30	%	40.3		39.9	
N°40	%	37.9		37.4	
N°50	%	33.9		35.1	
N°100	%	29.8		30.4	
N°200	%	27.9		28.7	
Limite Líquido	%	17		20	
Limite Plástico	%	NP		NP	
Índice de Plasticidad	%	NP		NP	
Clasificación SUCS		GM		GM	
Clasificación AASHTO		A-2-6		A-2-6	
Proctor Modificado					
Max. Densidad Seca al 100%	g/cm ³	1.74		1.67	
Max. Densidad Seca al 95%	g/cm ³	1.67		1.54	
Óptimo Contenido de Humedad	%	10.3		9.7	
CBR al 100%	%			110	
CBR al 95%	%			48	

Nota. Adaptación del estudio Granulométrico de la carretera calicatas (C-9, C-10) del cual se tomó los valores del CBR. **Fuente.** Elaboración Propia

De igual manera, el perfil de la estratigrafía de las calicatas que se realizaron fue determinada de acuerdo a los signos convencionales del SUCS, logrando así idealizar cada uno de los perfiles Anexo:1. En concordancia con dicha simbología y con la Norma Técnica Peruana (NTP) 339.150 la cual se llama "Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual-manual", se

llevó a cabo el perfil estratigráfico. (Anexo: 2,3,4,5,6,7,8,9,10,11 (Perfil estratigráfico de las calicatas 1 al 10) (NTP, 2001)

Los ensayos de granulometría de mínimos fino, límites de consistencia, limite líquido, limite plástico y CBR están en su límite tolerable de las calicatas de la subrasante C-1 al C-10.

3.4.6.3. Estudio de la cantera

Se evaluó la calidad de los agregados, con la finalidad de determinar si eran o no aptos en la obra a ejecutar y de esta manera poder disponer de los volúmenes requeridos de los materiales, a fin de satisfacer completamente la demanda del diseño. Cabe destacar, que los estudios que se realizaron estuvieron solo enfocados al proyecto en mención, por lo que no puede ser utilizados para estudios que no cumplan completamente con las mismas características.

3.4.6.3.1. Identificación de las canteras

CANTERA N°1.

- Nombre: Elena de Troya III
- Distrito: La Joya
- Provincia: Arequipa
- Departamento: Arequipa
- Coordenadas: 193835.74 E 8166264.64 S

La cantera Elena de Troya III se encuentra ubicada a la altura del km 09+535 lado derecho del camino en estudio y aproximadamente a 420 metros del eje de la vía de la cual se puede apreciar en el Plano de Canteras.

Figura 10
Ubicación Cantera de Elena de Troya III



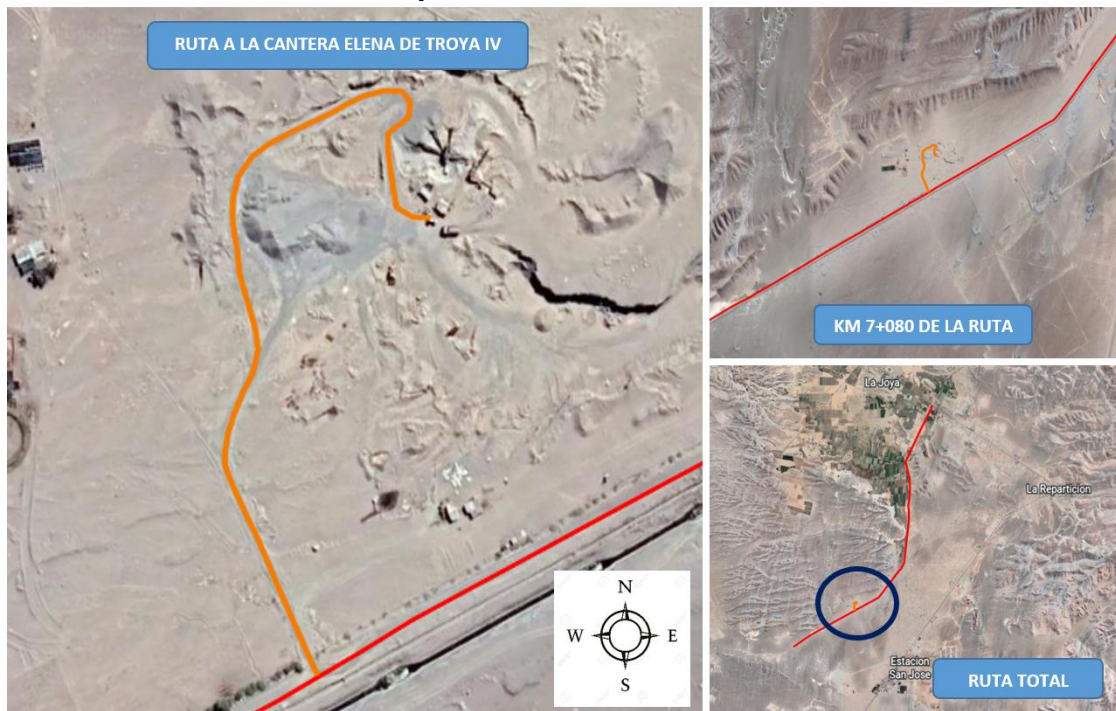
Nota. En la fotografía se aprecia la ubicación de la cantera de Elena de Troya III.
Fuente: Elaboración Propia

CANTERA N°2.

- Nombre: Elena de Troya IV
- Distrito: La Joya
- Provincia: Arequipa
- Departamento: Arequipa
- Coordenadas: 196148.15 E 8167213.61 S

La cantera Elena de Troya IV se encuentra ubicada a la altura del km 07+ 080, lado Derecho del camino en estudio. Al noreste a unos 110 metros aproximadamente del eje de la vía de la cual se puede apreciar en el Plano de Canteras.

Figura 11
Ubicación Cantera Elena de Troya IV



Nota. En la fotografía se aprecia la ubicación de la cantera de Elena de Troya IV.
Fuente. Elaboración Propia

3.4.6.3.2. Evaluación de las características de las canteras

Para poder tener una capa superficial del afirmado cuyo material sea bueno, es necesario que sus componentes sean grava triturada y arena gruesa con partículas más finas a fin de poder llenar los vacíos y una pequeña porción de arcilla que actúe como ligante.

Fueron llevados a cabo ensayos de granulometría, límites de consistencia y CBR en el laboratorio, ya que la misma cuenta con una variedad de equipos que permite que pueda ser determinada las propiedades físicas, granulométricas y otras vinculadas al análisis del suelo. Según el Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Siguiendo la Sección: Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, indica que para el material de afirmado se debe ejecutar los siguientes ensayos:

Cuadro 16

Ensayos Realizados para las Canteras

a) Ensayos estándar

ENSAYOS ESTANDAR	USO	NTP	AASHTO	ASTM	MTC	PROPOSITO
Análisis granulométrico	Clasificación	400.012	-----	-----	E204	Determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo
Límite Líquido	Clasificación	339.129	T89	D4318	E110	Hallar el contenido de agua entre los estados líquidos y plástico
Límite Plástico	Clasificación	339.129	T90	D43118	E111	Hallar el contenido de agua entre los estados plástico y semisólido
Índice de Plasticidad	Clasificación	339.129	T90	D43118	E111	Hallar el rango contenido de agua por encima del cual, el suelo está en un estado plástico
Clasificación de Suelos (SUCS)	Clasificación	-----	-----	D2487	-----	Clasificar el material para el uso de construcción
Clasificación de Suelos (AASHTO)	Clasificación	-----	M145	D3282	-----	Clasificar el material para el uso de via

Nota. Adaptación de la información sobre los ensayos estándar, las especificaciones y propósitos. **Fuente.** MTC (2014)

b) Ensayos especiales

ENSAYOS ESPECIALES	USO	NTP	AASHTO	ASTM	MTC	PROPOSITO
California Bearing Ratio (CBR)	Calidad	-----	T193	D1883	E132	Determina la capacidad de soporte del suelo.
Abrasión Los Ángeles	Calidad Agregado	400.021	T96	D2487	E207	Cuantificación de la dureza o resistencia al impacto de los agregados gruesos.
Proctor Modificado	Clasificación	339.146	-----	D1557	E115	Hallar el contenido de densidad

Nota. Adaptación de la información sobre los ensayos estándar, las especificaciones y propósitos. **Fuente.** MTC (2014)

Los ensayos antes mencionados tanto para la sub-rasante como para el material de afirmado se muestran en el cuadro 17. Resultados de estudio de Canteras. Estos ensayos son indicados en el Manual de Ensayo de Materiales para su realización, pero en el Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013, no se indican sus respectivas especificaciones o rangos de aceptación para algunos ensayos, sin embargo, se analizaron en el laboratorio, presentando los resultados en el anexo antes mencionado. Se muestran a continuación un resumen de los ensayos realizados para el estudio de las canteras.

Cuadro 17
Resultado del Estudio de las Canteras

Descripción del ensayo	Unidad	Canteras		Normativa Afirmado A-1
		Elena de Troya III	Elena de Troya IV	
Granulometría (% que pasa)				
1 1/2"	%	96.2	96.28	
1"	%	89.46	85.99	
3/4"	%	83.88	73.25	
1/2"	%	78.97	56.16	
3/8"	%	76.87	49.31	
N°4	%	70.89	39.06	
N°10	%	52.88	34.12	
N°20	%	45.3	29.18	
N°30	%	41.14	26.12	
N°40	%	36.61	22.04	
N°50	%	31.4	15.92	
N°100	%	23.54	10.27	
N°200	%	18.08	5.96	
Limite Líquido	%	23	NP	35 % máximo
Limite Plástico	%	19	NP	
Índice de Plasticidad	%	4	NP	4 a 9 %
Clasificación SUCS		SM	GP - GM	
Clasificación AASHTO		A - 1 - b	A - 1 - a	
Proctor Modificado				
Max. Densidad Seca al 100%	g/cm ³	2.067	2.012	
Max. Densidad Seca al 95%	g/cm ³	1.963	1.911	
Óptimo Contenido de Humedad	%	8	7.5	
CBR al 100%	%	69	61	min 40%
CBR al 95%	%	51	47	

Nota. Adaptación de los estudios Geotécnicos de las canteras del cual se tomó los valores más importantes. **Fuente.** Elaboración Propia

Según el Manual de Carreteras-Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción, EG-2013 del MTC, el CBR de la capa superficial debe ser mayor de 40% referido al 100% de la máxima densidad seca y a una penetración de carga de 0.1”, por ende, ya que el material para el afirmado cumple con las especificaciones técnicas se puede indicar que es óptimo para utilizarlo como superficie de rodadura. Seguidamente se presenta las características físicas de cada una de las canteras, información brindada por gerencia.

Cuadro 18

Características físicas Cantera Elena de Troya III

Cantera Elena de Troya III	
Ubicación	Al noreste del km 9,535 lado derecho
Acceso	A 420m del km 9,535
Potencia Bruta	20,000m
Tipo de Material	Los materiales de la cantera corresponden a un material SM; la cual esta propuesta para ser empleada como material de afirmado
Método de Explotación	Tajo abierto
Forma	Granular
Color	Claro
Textura	Ligeramente Rugoso

Nota. En el cuadro se evidencian las características de la Cantera Elena de Troya III.

Fuente. Elaboración propia.

Cuadro 19

Características físicas Cantera Elena de Troya IV

Cantera Elena de Troya IV	
Ubicación	Al noreste del km 7,080 lado derecho
Acceso	A 110m del km 7,080
Potencia Bruta	20,000m
Tipo de Material	Los materiales de la cantera corresponden a un material GM; la cual esta propuesta para ser empleada como material de afirmado
Método de Explotación	Tajo abierto
Forma	Granular
Color	Claro
Textura	Ligeramente Rugoso

Nota. En el cuadro se evidencian las características de la Cantera Elena de Troya IV.

Fuente. Elaboración propia

Las potencias de las canteras se determinaron de acuerdo con los diferentes factores brindada por gerencia, tal como se muestra en el siguiente cuadro:

Cuadro 20

Potencias de las Canteras

		Cantera Elena de Troya III	Cantera Elena de Troya IV
Área de la Cantera	m2	5,000.00	5,000.00
Área de la Cantera	ha	0.5	0.5
Altura Promedio Aprovechable aproximada	m	4	4
Suelo superficial que debe eliminarse	m	-	-
Potencia Bruta en banco	m2	20,000.00	20,000.00
Desbroce	m2	-	-
Potencia neta en Banco bruto – desbroce	m2	20,000.00	20,000.00
Potencia Neta	m2	20,000.00	20,000.00
Potencia Neta Aprovechable	m2	20,000.00	20,000.00

Nota. Comparación de las Potencias para la extracción de las Canteras. **Fuente.** Elaboración Propia

3.4.6.4. Estudio Fuente de Agua

3.4.6.4.1. Ubicación

En el proyecto se identificó la fuente de agua que podría ser utilizada para las labores de mejoramiento de la carretera, así mismo se tuvo en cuenta las siguientes características:

Tipo de fuente:

Canal Madre de la junta de usuarios de la Joya antigua.

Ubicación

- Sector: Las Mellizas
- Distrito: La Joya
- Provincia: Arequipa
- Departamento: Arequipa

De acuerdo al Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos del MTC, para muestrear el agua de

la superficie proveniente de un flujo de agua en circulación, como por ejemplo un río, un arroyo o un canal se debe ubicar un punto estratégico donde el agua este en movimiento, puesto que no es recomendable muestrear de un lugar con agua estancada.

3.4.7. Estudio de Tráfico

3.4.7.1. Generalidades

El presente estudio tenía del tráfico tenía como propósito cuantificar, clasificar y determinar el volumen de vehículos que transitan entre la ruta PE-15 (GLORIA) – LAS MELLIZAS en el distrito de La Joya, provincia de Arequipa, departamento de Arequipa. Logrando determinara que el tránsito existente en la vía, así como los tipos de vehículos que transitaron en ella y su proyección para el periodo de vida útil de 10 años. En gabinete se llevó a cabo la realización de los siguientes alcances:

- Conteo y clasificación vehicular.
- Índice medio diario anual.
- Factor de crecimiento anual.
- Clasificación del tráfico según el número de repeticiones de ejes equivalentes.

3.4.7.2. Conteo y clasificación vehicular

Para poder realizar de manera efectiva el conteo y clasificación vehicular se tomó en consideración el flujo en el tramo en estudio. Se escogió la zona ruta PE-15 (GLORIA) en el km 0+000 para el conteo vehicular, tomando en consideración que se encuentra ubicada al inicio de la vía en estudio y no tiene ningún ramal o bifurcación, lo que hace que los vehículos solo puedan transitar por dicha vía; fue registrado el conteo en un formato elaborado para cada día, desde el 22/04/2020 hasta el 30/04/2020 (09 días), realizándose el conteo desde

las 5:00 a.m. hasta las 17:00 horas de lunes a domingo, posteriormente se eligieron los dos días que se registró mayor cantidad de tránsito vehicular durante ese horario que fueron los días Miércoles, Viernes, luego se procedió a realizar el conteo fuera del horario antes mencionado. Finalmente se resumió los conteos del tránsito vehicular a nivel del día y tipo de vehículo a lo largo de la semana, indicados en el siguiente cuadro:

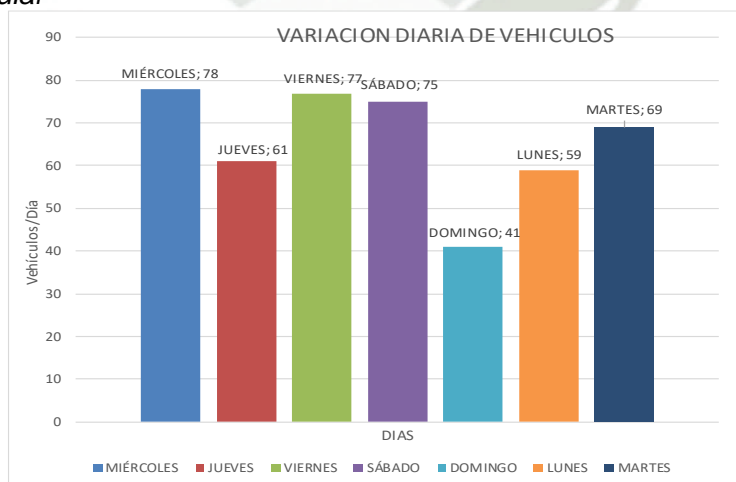
Cuadro 21

Resumen del Conteo y volumen de Tráfico Abril/2020

DIA	AUTO	STATION	CAMIONETAS			CAMION		SEMITRAYLER		TOTAL
		WAGON	PICK UP	PANEL	Combi Rural	2E	3E	2S1	2S3	
MIÉRCOLES	9	5	17	5	0	25	12	2	3	78
JUEVES	8	4	15	6	1	13	11	1	2	61
VIERNES	9	6	18	6	1	23	10	2	2	77
SÁBADO	9	5	16	4	0	24	13	2	2	75
DOMINGO	5	3	11	4	0	10	6	1	1	41
LUNES	7	3	13	3	0	20	9	3	1	59
MARTES	12	3	12	6	0	19	13	2	2	69
Total	59	29	102	34	2	134	74	13	13	460
	12.83%	6.30%	22.17%	7.39%	0.43%	29.13%	16.09%	2.83%	2.83%	

Nota. Conteo vehicular de una semana. **Fuente.** Elaboración Propia

Figura 12
Conteo Vehicular



Nota. Se evidencia los días más concurridos miércoles y viernes. **Fuente.** Elaboración Propia

Figura 13

Estación en donde se realizó el conteo vehicular



Nota. Figura del Inicio del conteo Vehicular. **Fuente.** Elaboración Propia

3.4.7.3. Determinación del índice medio diario anual (IMDA)

Para poder determinar las características del diseño de una vía se debe tomar en consideración el IMDA ya que la misma se encarga de proporcionar a detalle dicha información, así como también su clasificación para poder desarrollar los programas de mantenimiento. En base a lo antes indicado y a la información existente fue calculado el tránsito promedio diario anual máximo, para un nivel de confiabilidad de 95%, el cual se computó mediante la siguiente fórmula:

Fórmula: Tránsito Promedio Diario Anual

$$TPDS = \frac{TS}{7}$$

Donde:

TPDS = Tránsito Promedio Diario Semanal.

TS = Tránsito Semanal

Posteriormente se buscó realizar la proyección del tránsito tomando como referencia la suma del tránsito actual y del incremento de tránsito. De acuerdo a Cal y Mayor el tránsito desarrollado es representado por el incremento del volumen del tránsito producto de las mejoras del suelo adyacente a la carretera, destacando que el mismo continúa actuando varios años después de que se haya puesto en servicio la nueva vía, de igual manera se recomienda dar un valor del 5% del tránsito actual, destacando que el tránsito generado consta de aquellos viajes vehiculares que no se ejecutaría si no se hubiese realizado la nueva carretera, asignándole tasas de incremento entre el 5% y el 25% del tránsito actual, obteniendo al final los siguientes resultados que se muestran a continuación: (Cal , 2017)

Cuadro 22
Determinación del IMDA

Indicador	Transito	Inicio Servicio		
		2020	2022	2032
TRANSITO ACTUAL	Transito existente	76	79	-
	Transito atraido	29	31	-
	Transito actual	-	110	
INCREMENTO DEL TRANSITO	Crecimiento Total del transito Actual	-	-	152
	crecimiento Normal del transito	-	-	42
	Transito Generado	15.00%	-	23
	Transito Desarrollado	5.00%	-	8
TRANSITO FUTURO	IMDA			224
TRANSITO CERO REAL	IMDA0			163

Nota. Especifica el Índice Medio Diario Anual. **Fuente.** Elaboración Propia

Los trabajos realizados tomaron como referencia el IMDA0 del año 2020 con la particularidad que se realizó una modificación en cuanto al factor de corrección estacional (ligero y pesado), con el que se logró determinar la cantidad de vehículos por día para el cálculo del número de ejes equivalentes. Para el año 2022 la cantidad vehicular registrada es mostrada a continuación:

Cuadro 23

Cantidad de vehículos en servicio para el año 2022

TIPO DE VEHICULO	IMDA	IMDA SIN CORREGIR	FC	IMDA CORREGIDO	% DE VEHICULOS	N° DE VEHICULOS
AUTO	105	163	1.14706443	175	12.83%	23
WAGON			1.14706443		6.30%	12
PICK UP			1.14706443		22.17%	39
PANEL			1.14706443		7.39%	13
COMBI RURAL			1.14706443		0.43%	1
CAMION 2E			1.07295704		29.13%	51
CAMION 3E			1.07295704		16.09%	29
SEMITRAYLER 2S1			1.07295704		2.83%	5
SEMITRAYLER 2S3			1.07295704		2.83%	5
TOTAL					100%	178

Nota. Especifica el Número de Vehículos Corregidos. **Fuente.** Elaboración Propia

De acuerdo a los estudios realizados se pudo definir que la construcción de mejora para la vía será un tiempo estimado de 1 año el cual iniciará en el año en curso, así mismo de determinó que el factor correspondiente a la corrección estacional se hará a raíz de una serie anual de tráfico que fue recogida de la cabina de peaje, la cual fue analizada para efectuar correcciones y suprimir diversas fluctuaciones en el volumen del tráfico a causa de variaciones estacionales debido a factores como recreación, clima, tiempos de cosecha, festivales, vacaciones escolares, que ocurren durante todo el año. Cabe destacar que el peaje de donde se obtuvo la información fue el peaje de Uchumayo, por ser el más próximo al área bajo estudio. Por otro lado, se escogió el mes de abril, los datos se pueden tomar de anexo 12, puesto que en ese mes se realizó el conteo, estos factores de corrección de vehículos ligeros y pesados por unidad de peaje Promedio (2010-2016) son los siguientes:

F.C.E. Vehículos ligeros: 1.147064

F.C.E. Vehículos Pesados: 1.072957

De acuerdo al Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos (2014), en su capítulo N°6, es

recomendable utilizar la fórmula que se indica a continuación para poder calcular la proyección de la demanda vehicular:

Fórmula: Proyección de la demanda vehicular

$$T_n = T_0(1 + r)^{n-1}$$

Dónde:

T_n = Tránsito proyectado al año en vehículo por día.

T_0 = Tránsito actual (año base) en vehículo por día.

N = Número de años del periodo de diseño.

R = Tasa anual de crecimiento de Tránsito.

En lo concerniente a la proyección del tránsito de los vehículos que circulan actualmente por la vía, fueron calculados tomando en consideración el área de influencia y el horizonte del planeamiento, el cual también ha sido determinado para realizar proyecciones a 10 años del proyecto y que será expresado en términos de índice Medio Diario Anual (IMDA).

3.4.7.4. Determinación del factor de crecimiento anual

Para poder establecer el crecimiento anual es importante tomar en consideración tanto la tasa de crecimiento de automóviles ligeros y pesados el cual se manifiesta como el producto bruto interno (PBI). Se lograron obtener dichas tasas mediante datos actualizados y oficiales del INEI. En lo que respecta a la tasa de crecimiento poblacional se utilizaron datos registrados del censo del año 2007 (864,250.0 habitantes) así como también del 2017 (1,063,523.0 habitantes), y en cuanto a la tasa de crecimiento económico se aplicó el PBI regional de Arequipa del año 2018.

El Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, son divididas en dos partes las proyecciones del transporte y se especifican de la siguiente manera:

- Proyección para vehículos de pasajeros (ligeros)

Es aquel que se asocia con la tasa anual de crecimiento poblacional. Según el INEI la tasa de crecimiento de la población de Arequipa es del 2.4%. (INEI, 2017)

- Proyección de vehículos de carga (pesados)

Se encuentra directamente relacionado con la tasa anual del crecimiento de la economía y se expresa como el Producto Bruto Interno (PBI). De acuerdo al INEI en Arequipa la tasa anual del crecimiento de la economía de Arequipa es de 3.6%. (Riesco , 2021)

El factor de crecimiento acumulado fue determinado en función a dichos valores, tanto para los vehículos ligeros como para los pesados, los cuales se especifican a continuación:

Fórmula: Factor de crecimiento acumulado

Fca = Factor de crecimiento acumulado – Vehículos ligeros

$$\text{Factor Fca} = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \text{ donde } \text{Fca} = \frac{(1+0.024)^{10} - 1}{0.024} \text{ entonces } \text{Fca} = 11.1521$$

Donde:

n = 10 (años del periodo de diseño).

R = 2.4 % (tasa de crecimiento anual de la población – Arequipa).

Fca = Factor de crecimiento acumulado – Vehículos de carga o pesados

$$\text{Factor Fca} = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \text{ donde } \text{Fca} = \frac{(1+0.036)^{10} - 1}{0.036} \text{ entonces } \text{Fca} = 11.7858$$

Donde:

n = 10 (años del periodo de diseño).

R = 3.6 % (tasa de crecimiento anual del PBI regional – Arequipa).

3.4.7.5. Clasificación del tráfico según el número de repeticiones de ejes equivalente

El Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección: Suelos y Pavimentos del MTC, indica que, cuando se va a realizar el diseño de las superficies de carreteras, se debe prestar mayor atención dada su importancia al tráfico pesado de autobuses y camiones. Por otro lado, AASHTO define como un EE, el desperfecto producido por un único eje convencional de dos ruedas que pesa 8.2 ton y neumáticos con presión de 80 lb/pulg². En conformidad al Glosario de Términos de Uso Frecuente en Proyectos de Infraestructura Vial, del MTC y con propósito de encontrar el número de repeticiones de ejes equivalentes (Nrep de EE 8.2 ton), se tomaron en cuenta los tipos de vehículos ligeros como auto, Station Wagon, Pick- Up Camioneta Panel, Combi Rural y como vehículos pesados al Camión C2, camión C3, Semi Trayler 2S1, Semi Trayler 2S3.

El Manual de Carreteras-Suelo del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, indica que para el cálculo de EE de 8.2 ton, que corresponde a vehículo pesado se usará las siguientes expresiones

Fórmula: Determinación del número de repeticiones de ejes equivalentes

$$N_{\text{rep de EE 8.2 ton}} = \sum (E_{\text{edía - carril}} \times F_{\text{ca}} \times 365)$$

Siendo el EE día –carril

Fórmula: Ejes equivalentes para cada tipo de vehículo

$$Eedía - carril = IMD_{api} * F_d * F_c * F_{vpi} * F_{pi}$$

Donde:

IMDA_{pi}: corresponde al Índice Medio Diario según tipo de vehículo pesado seleccionado.

F_d: Factor direccional, corresponde al número de vehículos que circulan en una dirección o sentido de tráfico.

F_c: Factor carril de diseño, es aquel carril que recibe el mayor número de ejes equivalentes.

F_{vpi}: Factor vehículo pesado del tipo seleccionado, calculado según su composición de ejes, simboliza el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo.

F_p: Factor de presión de neumáticos, este factor analiza el efecto adicional de avería que producen las presiones de los neumáticos sobre el pavimento. En el caso del afirmado y pavimentos rígidos este valor será de uno.

F_{ca}: Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo, este factor es diferente tanto para vehículos ligeros como pesados, este factor se define en correlación al crecimiento socioeconómico.

Los valores numéricos antes mencionados se especifican de la siguiente manera:

Cuadro 24

Determinación de factores para cada tipo de vehículo

Factores		V. Ligeros	V. Pesados
Factor de Crecimiento Acumulado	Fca	11.1521	11.79
Factor de Vehículo Pesado	Fvp	0.09	394.70
Factor Direccional	Fd	0.5	0.5
Factor Carril	Fc	1	1
Factor de Presión de Neumáticos	Fp	1	1

Nota. Especifica los Factores de Vehículo ligeros y pesados. **Fuente:** Elaboración Propia

Con el objetivo de establecer la relación de la carga del eje y poder calcular de los ejes equivalentes, para ello se trabajó en función a las siguientes características: eje simple con ruedas simples y eje simple con ruedas dobles, presentando las siguientes fórmulas:

Cuadro 25

Fórmulas para determinar la relación de carga del eje

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE _{8.2 ton})
Eje Simple de ruedas simples (EE _{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE _{S2})	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

Nota. Especifica las Fórmulas de los Ejes Equivalentes según su tipo de Eje. **Fuente.** MTC (2014)

El tráfico fue clasificado de acuerdo a los ejes equivalentes, para establecer los factores de vehículos pesados se relacionó la cantidad de los vehículos con la carga del vehículo por eje tanto delantero como trasero y el peso correspondiente. La carga de vehículo de acuerdo al fue detallada de en base a lo antes indicado, tomando en cuenta lo indicado por el manual de carreteras del Ministerio de Transporte.

Cuadro 26

Obtención del factor de vehículo pesado

Tipo de Vehículo	IMDA 2022	Tipo Eje	Número Llantas	Carga Vehículo por Eje	Eje Equivalente	Fvp
Autos	23.00	SIMPLE	2	1	0.000527	0.01212
	23.00	SIMPLE	2	1	0.000527	0.0121
Station Wagon	12.00	SIMPLE	2	1	0.000527	0.0063
	12.00	SIMPLE	2	1	0.000527	0.0063
Camioneta Pick Up	39.00	SIMPLE	2	1	0.000527	0.0206
	39.00	SIMPLE	2	1	0.000527	0.0206
Camioneta Panel	13.00	SIMPLE	2	1	0.000527	0.0069
	13.00	SIMPLE	2	1	0.000527	0.0069
Combi Rural	1.00	SIMPLE	2	1	0.000527	0.0005
	1.00	SIMPLE	2	1	0.000527	0.0005
Camión 2E	51.00	SIMPLE	2	7	1.265367	64.5337
	51.00	SIMPLE	4	11	3.238287	165.1526
Camión 3E	29.00	SIMPLE	2	7	1.265367	36.6956
	29.00	TANDEM	8	18	2.019213	58.5572
Semi Traylor 2S1	5.00	SIMPLE	2	7	1.265367	6.3268
	5.00	SIMPLE	4	11	3.238287	16.1914
	5.00	SIMPLE	4	11	3.238287	16.1914
Semi Traylor 2S3	5.00	SIMPLE	2	7	1.265367	6.3268
	5.00	SIMPLE	4	11	3.238287	16.1914
	5.00	TRIDEM	12	25	1.706026	8.5301

Nota. Se especifica el Factor de Vehículo Pesado (Fvp) de la Carretera. **Fuente.** Elaboración Propia

Los vehículos fueron divididos de función a los siguientes factores: vehículos ligeros Auto, Station Wagon, Pick Up, Camioneta Panel, Combi Rural y vehículos pesados Camión, Semi Traylor, y en base a ellos se analizaron de manera individual para poder obtener la cantidad de ejes a los que equivale, los cuales se precisan en el siguiente cuadro:

Cuadro 27
Número de ejes equivalentes

Tipo de Vehículo	Fvp	Fd	Fc	Fp	Fca	N° de Días	N° Ejes Equi
Autos	0.01212	0.5	1	1	10.558	365	23.36
	0.01212	0.5	1	1	10.558	365	23.36
Satation Wagon	0.00632	0.5	1	1	10.558	365	12.19
	0.00632	0.5	1	1	10.558	365	12.19
Camioneta Pick Up	0.02055	0.5	1	1	10.558	365	39.60
	0.02055	0.5	1	1	10.558	365	39.60
Camioneta Panel	0.00685	0.5	1	1	10.558	365	13.20
	0.00685	0.5	1	1	10.558	365	13.20
Combi Rural	0.00053	0.5	1	1	10.558	365	1.02
	0.00053	0.5	1	1	10.558	365	1.02
Camión 2E	64.53	0.5	1	1	11.786	365	138,805.55
	165.15	0.5	1	1	11.786	365	355,226.82
Camión 3E	36.70	0.5	1	1	11.786	365	78,928.65
	58.56	0.5	1	1	11.786	365	125,950.67
Semi Trayler 2S1	6.327	0.5	1	1	11.786	365	13,608.39
	16.191	0.5	1	1	11.786	365	34,826.16
	16.191	0.5	1	1	11.786	365	34,826.16
Semi Trayler 2S3	6.327	0.5	1	1	11.786	365	13,608.39
	16.191	0.5	1	1	11.786	365	34,826.16
	8.530	0.5	1	1	11.786	365	18,347.46
TOTAL						EE	849,133.12

Nota. Se especifica el número de Ejes Equivalente (EE) de la Carretera. **Fuente.** Elaboración Propia

Lográndose determinar que el total es de 849,133.12 EE, programados a 10 años el diseño. Cabe destacar que, la vía en estudio fue clasificada como Pavimentada a nivel de afirmado lo que indica que el Tipo de Tráfico Pesado resultó de rango N° 4 (TP4), siendo precisado en el siguiente cuadro:

Cuadro 28
Repeticiones acumuladas Caminos No Pavimentados

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
TON _{P1}	≤ 25,000 EE
TON _{P2}	> 25,000 EE ≤ 75,000 EE
TON _{P3}	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
TON _{P4}	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE

Nota. Se especifica las repeticiones acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el carril de Diseño para Caminos No Pavimentados. **Fuente.** MTC (2014)

Cuadro 29*Número de repeticiones para Caminos Pavimentados*

Tipos Tráfico Pesado expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
T_{P0}	$> 75,000 \text{ EE} \leq 150,000 \text{ EE}$
T_{P1}	$> 150,000 \text{ EE} \leq 300,000 \text{ EE}$
T_{P2}	$> 300,000 \text{ EE} \leq 500,000 \text{ EE}$
T_{P3}	$> 500,000 \text{ EE} \leq 750,000 \text{ EE}$
T_{P4}	$> 750,000 \text{ EE} \leq 1'000,000 \text{ EE}$

Nota. Se especifica las repeticiones acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2t, en el carril de Diseño para Caminos Pavimentados. **Fuente.** MTC (2014)

Las carreteras con menor o igual a 1'000,000 EE, son consideradas como caminos de bajo volumen de tráfico, por lo que se recomienda un período de diseño de 10 años según el MTC.

3.4.7.6. Plan de Horarios

Dado de que la vía vecinal no contaba con un tráfico estable, se tomó la decisión de trabajar en base a un plan de horarios, el cual fue establecido de la siguiente manera: de lunes a viernes se iba a realizaba el trabajo desde las 7:00am hasta las 05:00pm, en dicho horario se permitía el paso vehicular por un lapso de dos horas entre la 1:00pm y las 3:00pm, en cuanto a los días sábado él trabajó se ejecutaba desde las 7:00am hasta la 1:00pm, quedando el transito completamente libre el resto del fin de semana. El tránsito tendría que ajustarse a las consideraciones de cuidar y mantener la vía adecuadamente para garantizar la facilidad a los trabajos que se realizaran posteriormente. Durante el tiempo estipulado de cierre de la vía, se permitirá que transiten a aquellos vehículos que cuenten con un permiso o que su paso se deba a un requerimiento urgente.

Dichas limitaciones no serán motivo de contratiempos tomando en consideración que en el distrito de la Joya es una zona tanto agrícola como ganadera y cuenta con diversos accesos que permiten se pueda llegar caminando o con animales de carga para poder llegar sin dificultad a las chacras, lo que beneficiaría el proceso de ejecución de la obra.

3.5. Plan de análisis estadístico de los datos

Una vez recabados los registros arrojados en la investigación, se procederá a realizar el análisis de los mismos mediante los siguientes programas:

- Software especializado en sistemas de información geográfica. Se utilizará el ArcGIS Versión 10.1, versión estudiantil.

3.6. Normatividad utilizada

En la propuesta de investigación se tomará en cuenta EMP. PE-15 (GLORIA) – Las Mellizas – EMP. AR-744 – Distrito de la Joya para la ejecución del mantenimiento periódico y rutinario de la vía, se tuvo en cuenta los manuales siguientes:

- Manual de mantenimiento o conservación de carreteras (R.D. N° 08-2014-MTC/14) (27.03.14).
- Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial. (R.D. N° 18-2013-MTC/14) y sus modificatorias.
- Manual de especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013. (R.D. N° 22-2013-MTC/14) (07.08.13).

- Manual de ensayo de materiales para carreteras EM -2016. (R.D. N° 18-2016-MTC/14) (03.06.16).
- Manual de carreteras de suelos, geología y geotecnia, sección suelos y pavimentos. (RD N°10-2014-MTC/14) (09.04.14).
- Manual de hidrología, hidráulica y drenaje

La información plasmada en el presente plan de trabajo se desarrolló empleando los siguientes programas:

- Microsoft Office; procesador de textos y hoja de cálculos.
- Autocad/Autocad Land; para la elaboración de planos versión estudiante.
- Autocad /Civil3D 2020 versión estudiante.
- ArcGIS Versión 10.1 (ArcMap) versión estudiante.
- HYDROGNOMON versión estudiante.
- Hidroesta2 versión estudiante.



CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. Estudio de Hidrológico

4.1.1. Información hidro-meteorológica y pluviométrica

La delimitación de la cuenca se puede determinar mediante la información derivada por la autoridad nacional del agua (cuencas y sub cuencas del área de estudio), en formato shapes.

La delimitación de las cuencas se puede obtener en los datos del (ANA) en forma virtual, en donde se identifica las diferentes regiones hidrográficas.

4.1.1.1. Criterios de estimación de caudales

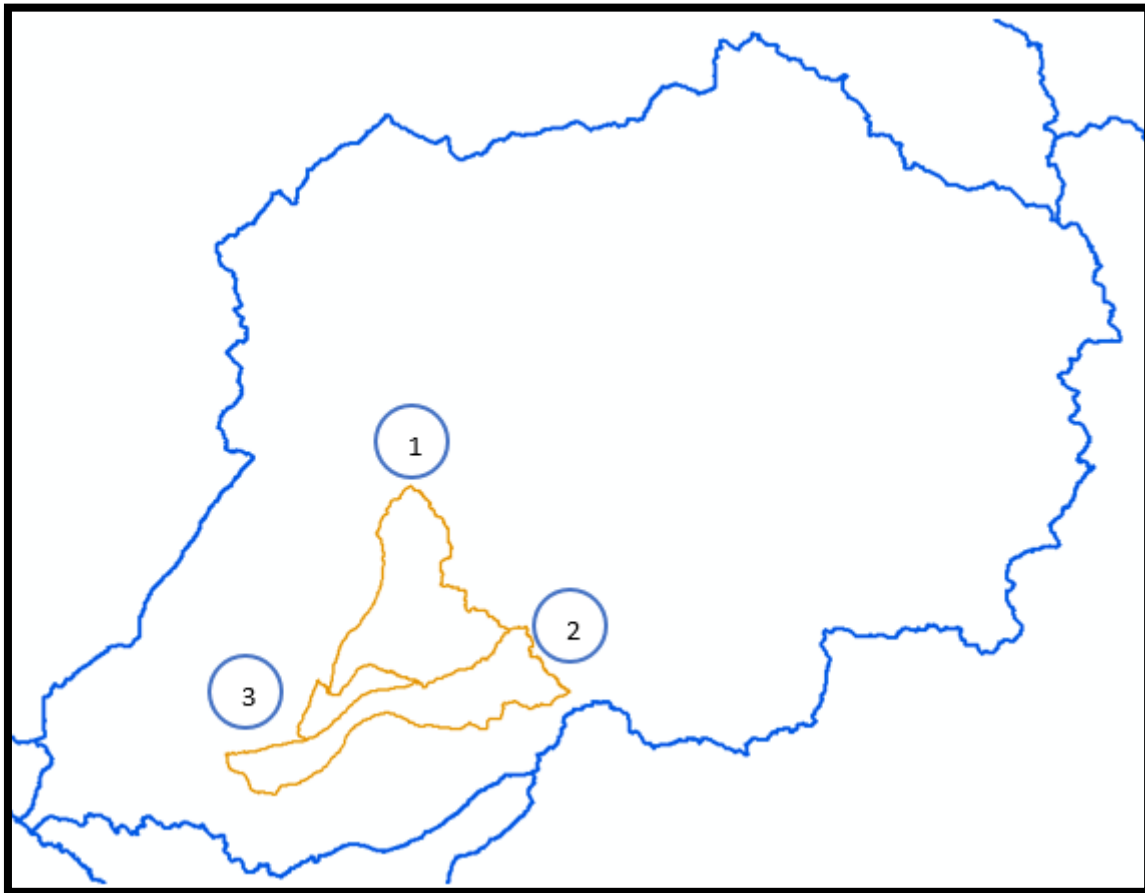
Los cursos de los caudales de agua que atraviesan el proyecto no cuentan con un registro de caudales por tratarse de subcuencas. La vía tendrá conocimiento del caudal para no tener filtraciones, ser compacto e impermeable.

4.1.1.2. Cuenca general

La cuenca Quilca-Chili se encuentra ubicada en el sur del país en la parte occidental de la Cordillera de Los Andes y consecuentemente pertenece a la vertiente del Océano Pacífico, comprende de la provincia de Arequipa. El área de la cuenca Chili 13,457.0132 km².

- Sub-cuenca 1 (cuenca Quilca-vitor-chili)
Con un área de 424.5228 km área final 422.52997 km.
- Sub-cuenca 2
Con un área de 353.4454 km.
- Sub-cuenca 3
Con un área de 71.8711 km.

Figura 14
Cuencas aplicadas



Nota. Cuenca Quilca Chili y sus sub cuencas de la zona de estudio datos de la Autoridad Nacional del Agua. **Fuente.** ANA (AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA)

4.1.1.3. Precipitaciones Corregidas PISCO

La aplicación PISCO del SENAMHI, es el resultado de la combinación de datos de estaciones terrenas con climatologías, reanálisis y productos satelitales de estimación de lluvias para obtener una base de datos grillada a nivel nacional con información 1981-2016 facilitando mayor disponibilidad de datos de precipitación.

Se hizo una extracción de información y se ubicó los datos más cercanos a la zona de estudio de uno de los pixeles de PISCO, La información de pisco se encuentra en el anexo 15 donde figura 2.54mm la media y un máximo de 9.51mm para un historial de precipitación de 1981-2016 corregido con 35 años, sin datos faltantes.

Estas son las coordenadas del punto dentro del cuadrante del Pixel donde se tomó de PISCO.

Cuadro 30

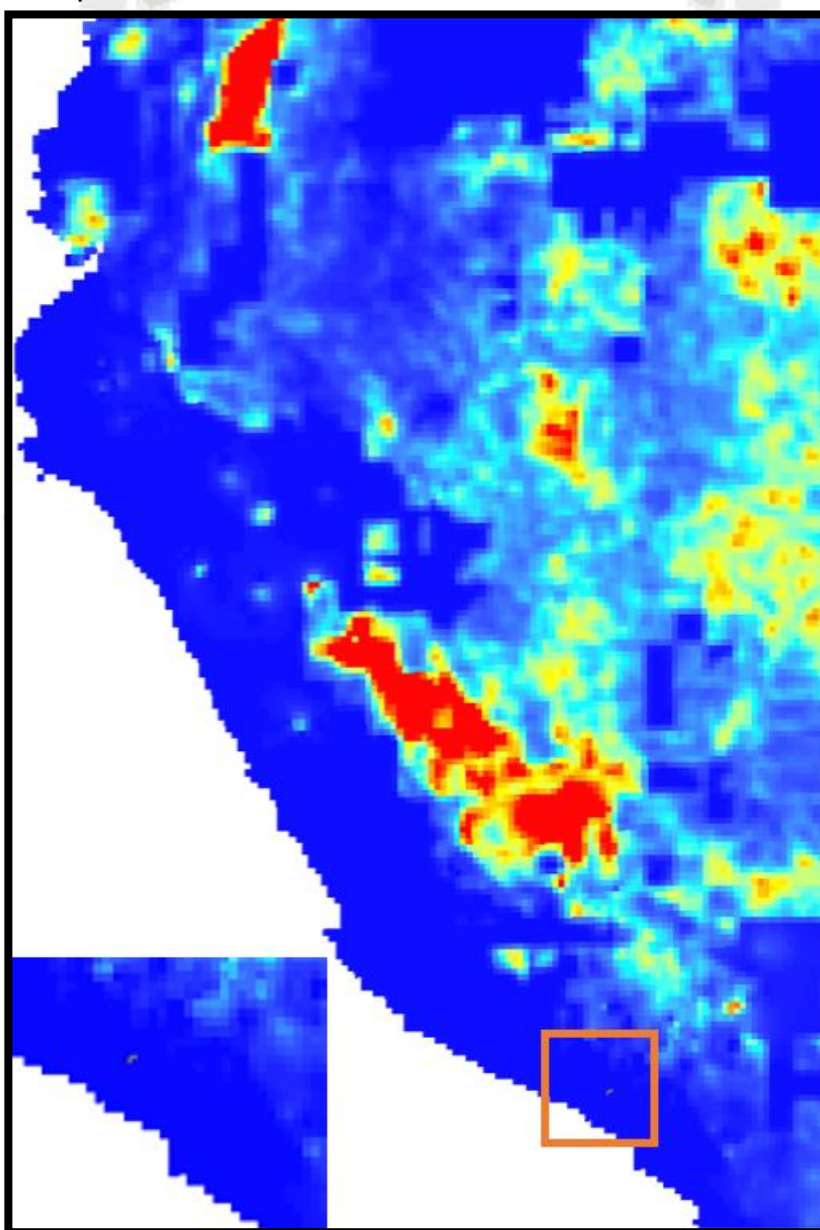
Ubicación del cuadrángulo del Pixel

Datos del Cuadrante	
Ubicación Geográfica	Lat. 16°13'1.20"
	Long. 71°44'56.40"

Nota. Adaptación del registro histórico del SENAMHI PISCO. **Fuente.** SENAMHI, 2022

Figura 15

Raster del Aplicativo PISCO



Nota. Vista donde se tomó el pixel de Pisco. **Fuente.** Elaboración Propia

Figura 16
Precipitación Máxima PISCO



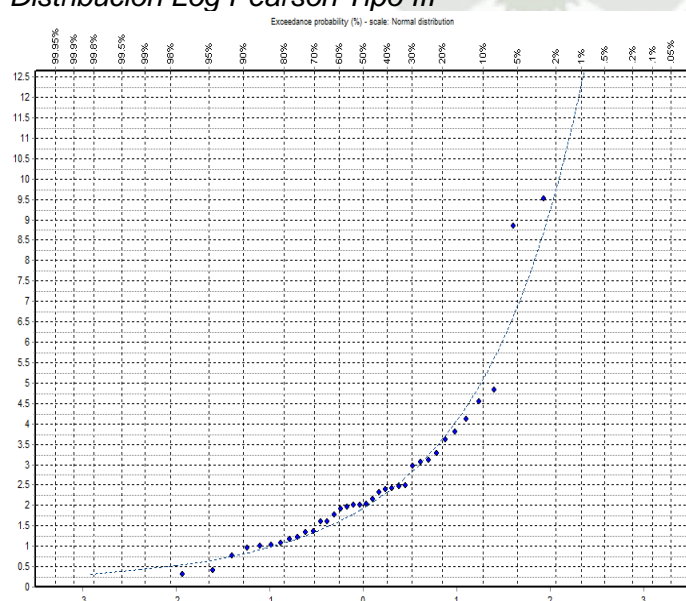
Nota. Adaptación del histórico del SENAMHI PISCO. **Fuente.** SENAMHI (2022)

4.1.2. Análisis estadístico de datos de precipitación máxima

4.1.2.1. Distribución Log Pearson tipo III

Existen varias funciones de distribución de probabilidad teórica de las cuales una recomendación es plasmarlo, del cual se tomará la decisión tomando en cuenta cual se asemeja más a la tendencia, se tomó distribución log Pearson tipo III de acuerdo al programa Hydrognomon.

Figura 17
Distribución Log Pearson Tipo III



Nota. Tendencia de Log Pearson Tipo III con la precipitación. **Fuente.** HYDROGNOMON

En relación con el resultado de la gráfica se debe tener en cuenta que para vías se tiene que saber las precipitaciones futuras de acuerdo a su estructura entonces se trabajó con periodos de retorno de, 25 años según drenaje rural según, sus valores son los siguientes (Ponce, 2008).

- Periodo de retorno de 10 años con un caudal de 5.04 m³/s según hidroesta 2
- Periodo de retorno de 25 años con un caudal de 7.35 m³/s según hidroesta 2

Por el tipo de obra que se tiene que es una trocha carrózable y interpretando el manual de transporte y comunicaciones se evalúa utilizado un periodo de retorno de 25 años la estructura de acuerdo a ponce.

Toda la información fue brindada del programa de Hidroesta 2, se entiende que para los próximos 10 años tendremos un caudal de 5.04 m³/s aproximadamente.

4.2. Estudio de Afirmado

El Manual de Carreteras-Suelos; indica que el afirmado, es una capa de revestimiento con materiales de cantera que es dosificada de manera natural o mecánica (agitación) y radica en la combinación correcta de tres tipos de materiales: piedra la cual se encarga de soportar cargas existentes, arena que rellenar los vacíos existentes entre las piedras y da estabilidad a la capa, y finos o arcillas que se encargan de unir los materiales de la capa afirmada; el material debe tener un tamaño máximo de 25 mm.

Los caminos afirmados comprenden los siguientes tipos:

- Afirmados con gravas naturales o zarandeadas (Utilizado)
- Afirmados con gravas homogenizadas mediante chancado

4.2.1. CBR de sub-rasante

Con la finalidad de obtener el CBR de diseño se tomó el valor del percentil 75, en base a los sugerido en el manual de carreteras, ya que es este dato será utilizado para el diseño del afirmado en todo el tramo del proyecto, por lo que fue necesario conocer con exactitud los valores de CBR en los estratos representativos de cada calicata, y en base a ello se determinó el percentil de diseño según lo indicado en el siguiente cuadro.

Cuadro 31

Percentiles de diseño por Número de Ejes Equivalentes

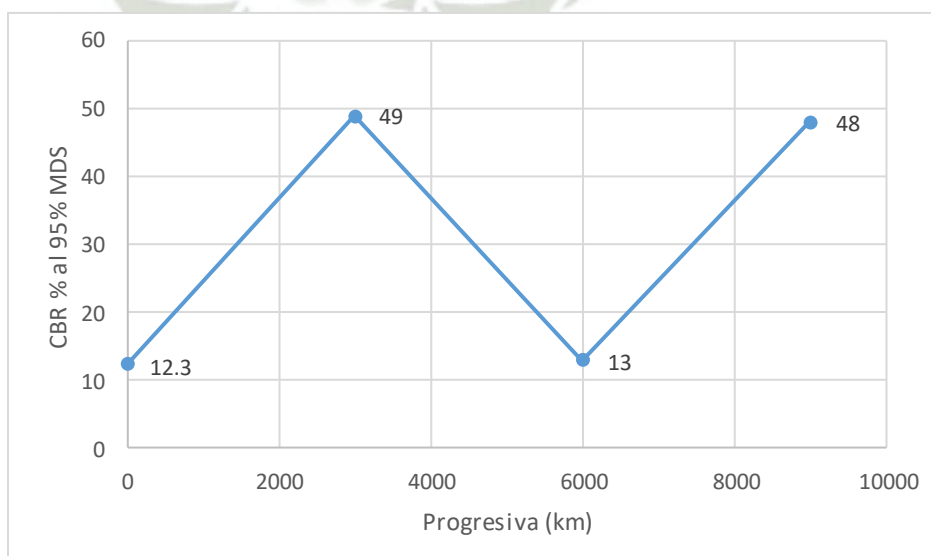
Ejes Equivalentes	Percentil
$\leq 10^4$	60
$10^4 \gg 10^6$	75
$\geq 10^6$	87.5

Nota. Para Hallar CBR de la carretera con el percentil 75. **Fuente.** AASHTO (1993)

El análisis del CBR de la sub-rasante concernió a una penetración de 0.1" y al 95% de la máxima densidad seca. La dispersión de valores de CBR obtenido en las calicatas C-1, C-4, C-7, C-10.

Figura 18

Perfil de CBR obtenidos



Nota. Se observa el perfil de CBR a lo largo de la progresiva **Fuente.** Elaboración Propia.

Para un percentil del 75%, el CBR de diseño de la sub-rasante con las características antes mencionadas fue dado en 21.8%. El siguiente cuadro detalla la cantidad de calicatas realizadas junto con su CBR.

Cuadro 32

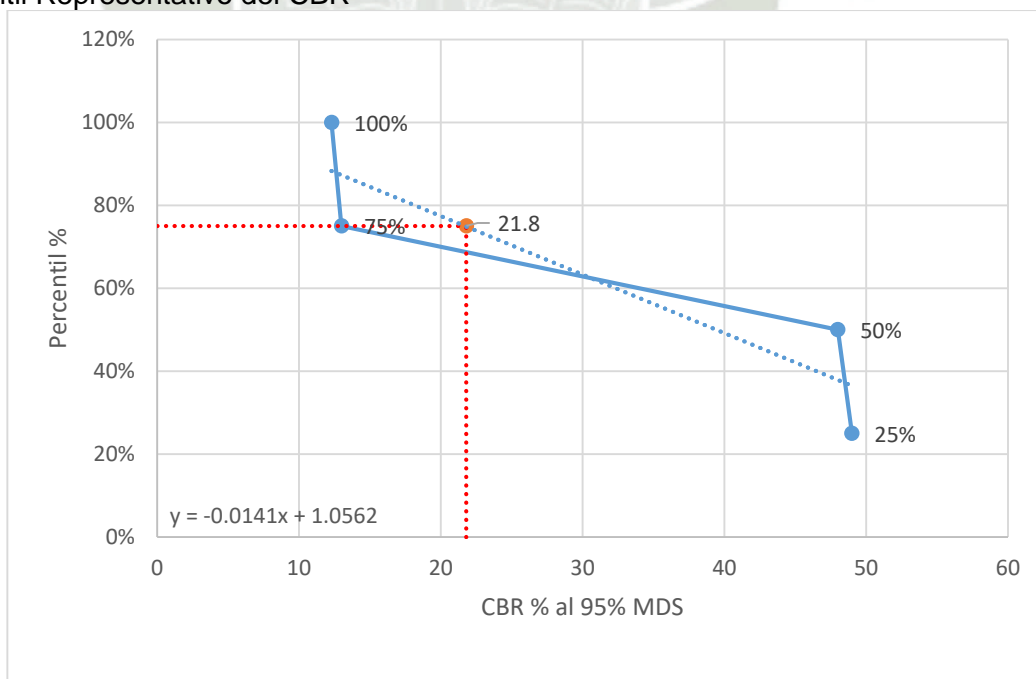
Detalle del número de calicatas junto con su CBR

N° de Calicata	Ubicación	CBR	%
C-1	km 00+000	12.30%	100%
C-7	km 06+000	13.00%	75%
C-9	km 09+000	48.00%	50%
C-4	km 03+000	49.00%	25%

Nota. Se evidencia en detalle el número de calicatas y los CBR. **Fuente.** Elaboración Propia.

Estos datos se trasladaron a la gráfica que se presenta a continuación para determinar su CBR de diseño:

Figura 19
Percentil Representativo del CBR



Nota. Se muestra el porcentaje de percentil y el porcentaje de CBR. **Fuente.** Elaboración Propia

4.2.2. Categoría de subrasante

Con el propósito de que el afirmado se apoyado sobre la sub-rasante los últimos 0.60 metros debajo de esta capa de suelo de fundación se debe tener un CBR mayor al 6%. Puesto que el CBR de diseño es del 21.8% la sub-rasante a la que pertenece es de categoría excelente (S4), como se muestra en el cuadro 33.

Cuadro 33
Categorías de Sub-rasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Nota. Se muestran las diferentes categorías de sub-rasante. **Fuente.** MTC (2014)

4.2.3. Espesor del Afirmado

El Manual de Carreteras-Suelos, señala que para poder dimensionar el espesor de la capa de afirmado es necesario utilizar como referencia la ecuación del método NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities), el cual relaciona el valor soporte del suelo (CBR) y la carga actuante sobre el afirmado expresada en número de repeticiones de EE:

Fórmula: Cálculo del espesor de la capa de afirmado

$$e = \left(219 - 211 \times (\log_{10}(\text{CBR})) + 58 \times (\log_{10}(\text{CBR}))^2 \right) \times \log_{10} \left(\frac{N_{\text{rep}}}{120} \right)$$

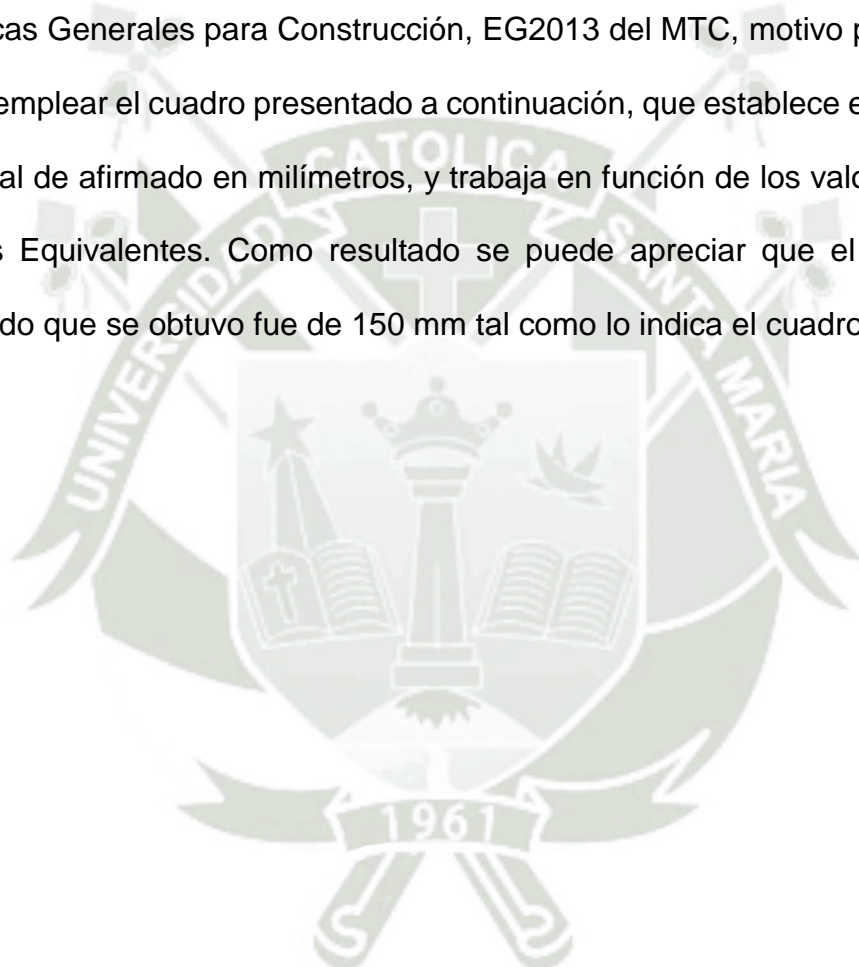
Dónde:

e = espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR = valores del CBR de diseño de la subrasante.

Nrep = número de repeticiones de E.E. para el carril de diseño

Cuando se realizó el reemplazo el valor de CBR de diseño calculado del percentil 75 se consiguió que el espesor a usar es de 15.5 cm, cuyo valor se encuentra por igual de lo que indica el Manual de Carreteras-Especificaciones Técnicas Generales para Construcción, EG2013 del MTC, motivo por el cual se eligió emplear el cuadro presentado a continuación, que establece el espesor del material de afirmado en milímetros, y trabaja en función de los valores del CBR y Ejes Equivalentes. Como resultado se puede apreciar que el espesor del afirmado que se obtuvo fue de 150 mm tal como lo indica el cuadro adjunto.



Cuadro 34

Espesores de capas de revestimiento granular

CBR % Diseño	EJES EQUIVALENTES																		
	10,000	20,000	25,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	75,000	80,000	90,000	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000	150,000	200,000	300,000
	ESPESOR DE MATERIAL DE AFIRMADO (mm)																		
6	200	200	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	350
7	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300	300	300
8	150	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300
9	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250
10	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250
11	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250
12	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
13	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
14	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
15	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200
16	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200
17	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200
18	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200
19	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
20	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
21	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
22	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
23	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
24	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
25	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
26	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
27	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
28	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
29	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
30	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
> 30 *	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150

Nota. Se evidencia los diferentes espesores de revestimiento granular **Fuente.** MTC (2014)

4.2.4. Material de afirmado

De acuerdo al Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos (2014) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se requiere que el afirmado tenga un porcentaje de piedra que le permita sostener la carga, de igual manera, se requiere un porcentaje de arena clasificada el cual será utilizado para rellenar los huecos vacíos entre las piedras y brindar estabilidad a la capa, de igual manera es primordial un porcentaje de finos plásticos que logre que los materiales de la capa afirmado se unan. Dado que no son muchos los depósitos naturales de material que tengan gradación ideal a fin de poder usar directamente la materia prima, se debe agitar el material a fin de adquirir la granulometría especificada. En términos generales, los materiales son áridos naturales de canteras, de trituración de piedras y grava, o también pueden ser el resultado de una mezcla de productos de ambas fuentes. Las propiedades que debe cumplir el material afirmado son las descritas en el cuadro 35 especificaciones para un óptimo material de afirmado.

Cuadro 35

Especificaciones para un óptimo material de afirmado

Propiedades Físico Mecánicas	Parámetros
Índice de Plasticidad	4-9%
Límite Líquido	Máximo 35%
Desgaste de los Angeles	Máximo 50%
CBR (referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una penetración de carga de 0.1")	Mínimo 40%

Nota. Se evidencia las especificaciones para que el material afirmado sea óptimo. **Fuente.** MTC (2014)

Con la intencionalidad de poder regular y mezclar material de afirmado, se debe emplear las gradaciones que recomienda AASHTO M 147 tanta para referencia como para punto de partida. Para el presente estudio de empleo la gradación A-1, dado que fue el que se ajustó a los porcentajes pasantes en la granulometría, indicando a su vez los requisitos que se expresan a continuación con el propósito de que el afirmado tenga buenas condiciones y servicios.

Cuadro 36
Especificaciones del material de la vía.

Propiedades Físico Mecánicas		Índice de Plasticidad	Limite Líquido	Desgaste de los Ángeles	CBR
Parámetros	0.000 al 1560	7.77%	26.60%	31.14%	72%
	1560 al 3250	5.41%	22.66%	30.27%	65%
	3250 al 4610	5.92%	21.47%	27.33%	62%
	4610 al 6120	5.52%	21.86%	26.46%	81%
	6120 al 7800	0.39%	17.21%	29.63%	73%
	7800 al 9550	4.83%	21.24%	24.60%	58%
	Requerimiento	4-9%	Máximo 35%	Máximo 50%	Mínimo 40%

Nota. Adaptación donde se evidencia las propiedades del material de la vía de la carretera Rural Gloria La Joya al finalizar la investigación. **Fuente.** Elaboración Propia

De acuerdo al cuadro 35 se hizo el análisis óptimo del afirmado donde los resultados del estudio post ejecutado son los del cuadro 36, podemos concluir que los parámetros del estudio son adecuados.

4.2.5. Comparativa del CBR Subrasante y CBR del afirmado

Teniendo como resultado una subrasante con un CBR de 21.8% al 95% de la máxima densidad seca y penetración de carga 0.1 pulgada hallamos el subrasante al 95% de la máxima densidad seca y penetración de carga 0.1 pulgada.

Como valores del afirmado tenemos

Cuadro 37 Calicatas del afirmado

N° de Calicata	Ubicación	Progresiva	CBR
C-1	km 0000 - 1560	0	47.47%
C-2	km 1560 - 3250	1560	40.42%
C-3	km 3250 - 4610	3250	45.76%
C-4	km 4610 - 6120	4610	61.94%
C-5	km 6120 - 7800	6120	52.52%
C-6	km 7800 - 9550	7800	38.38%

Nota. Adaptamos el CBR de las calicatas al 95% de la máxima densidad seca y penetración de carga al 0.1 pulgada. Fuente: Propia

Con la finalidad de obtener el CBR del afirmado más certero con respecto a toda a carretera se determinó el percentil según el cuadro 31, la dispersión de los valores de CBR de acuerdo al percentil fue:

Detalle del número de calicata junto a su CBR de afirmado con respecto a su percentil

Cuadro 38

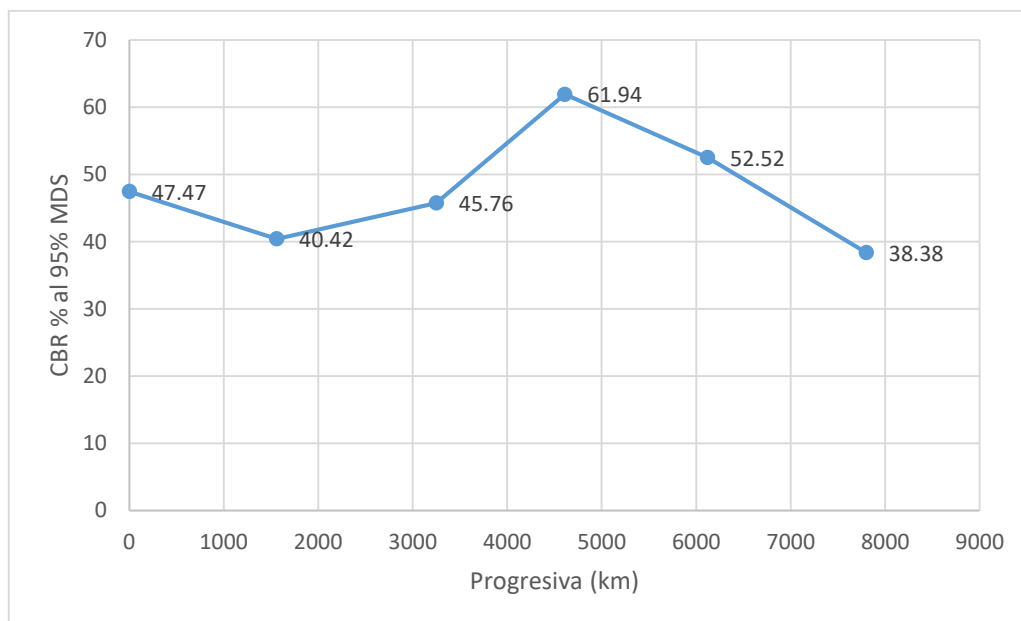
Calicatas del afirmado

N° de Calicata	Ubicación	CBR	%
C-6	km 7800 - 9550	38.38%	100%
C-2	km 1560 - 3250	40.42%	83%
C-3	km 3250 - 4610	45.76%	67%
C-1	km 0000 - 1560	47.47%	50%
C-5	km 6120 - 7800	52.52%	33%
C-4	km 4610 - 6120	61.94%	17%

Nota: se evidencia en detalle el CBR con su respectivo percentil Fuente: Propia

Figura 20

Perfil de CBR afirmado obtenidos

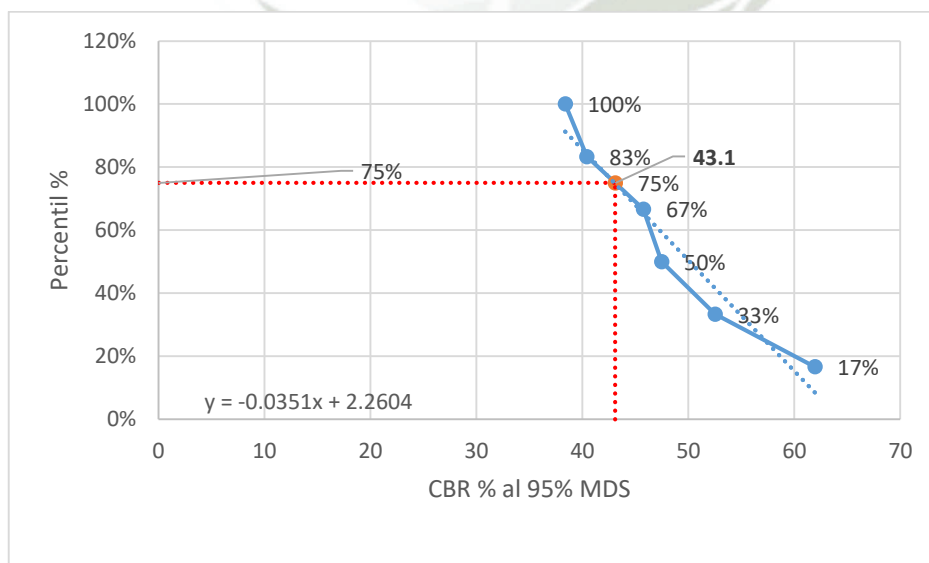


Nota. Se observa el perfil de CBR a lo largo de la progresiva **Fuente.** Elaboración Propia.

Esta información se trasladó a una gráfica que representa a continuación para determinar el CBR real de afirmado total.

Figura 21

Percentil Representativo del CBR afirmado

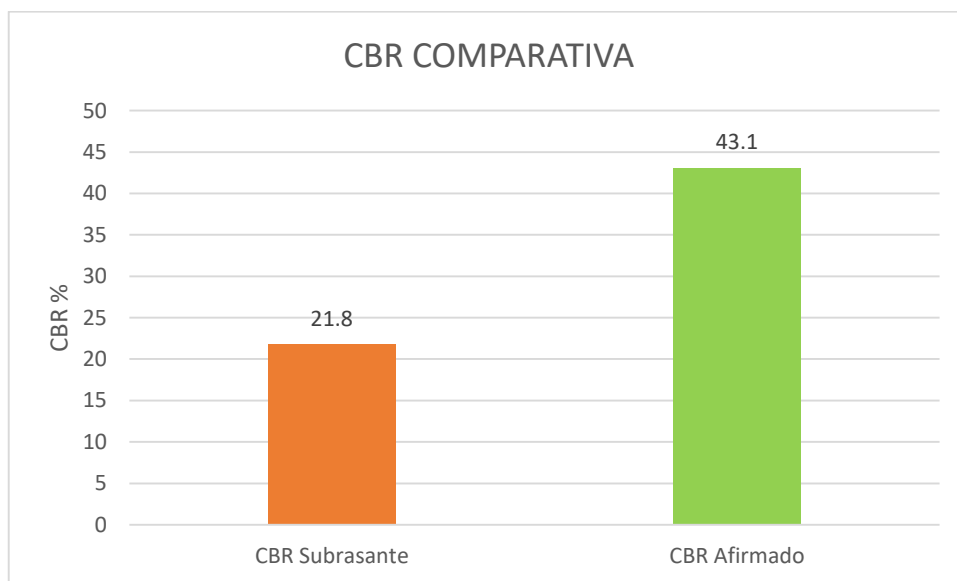


Nota. Se muestra el porcentaje de percentil y el porcentaje de CBR afirmado. **Fuente.** Elaboración Propia

Ya conociendo los valores de CBR en ambas partes de Subrasante y Afirmado, haremos una comparativa de ambos, teniendo que ellos son los encargados de la resistencia en los suelos.

Figura 22

Comparativa de CBR



Nota. Grafica de comparación e CBR Subrasante y CBR afirmado. **Fuente.** Elaboración Propia

La comparativa se evidencia que el afirmado es mayor considerando su resistencia, efectivamente proporcionara un soporte a la subrasante, teniendo en cuenta que las tolerancias del afirmado son más exigentes que los de subrasante.

Figura 23

Estudio geotécnico en laboratorio



Nota. Ensayo de proctor modificado del espécimen a evaluar. **Fuente.** Elaboración Propia

Figura 24

Estudio geotécnico en campo



Nota. Estudio de afirmado realizado en campo. **Fuente.** Elaboración Propia



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

Se aplicaron parámetros geotécnicos de estudios de campo y ensayos de laboratorio, granulometría, límites de consistencia, CBR, considerando la normativa MTC factores que permitieron determinar la capacidad de soporte de la subrasante para el diseño de vías.

Se realizaron los trabajos de campo y ensayos de laboratorio necesarios de granulometría y límites de consistencia que brindo la información necesaria para su clasificación de AASHTO y SUCS fundamental para reconocer el tipo de material, el estudio de CBR brindo la información de la resistencia de la subrasante con un valor de 21.8% en la vía del cual se considera como bueno de acuerdo al MTC y resistente para aplicar los esfuerzos.

Se evaluó los factores de impacto que influyen en el comportamiento de la subrasante considerando el estudio de tráfico e hidrológico que brindan información del comportamiento de la vía en el futuro, con un índice medio diario anual real de 163veh/día considerado por su clasificación vial como trochas carrozables de acuerdo a su demanda y el número de ejes equivalentes (EE) considerado como tráfico pesado de bajo volumen de acuerdo al MTC. El SENAMHI proporcione información del comportamiento de las precipitaciones pluviales en mi zona de estudio.

Se optimizo el desempeño y la eficiencia de la vía Carretera rural ruta Gloria de acuerdo a los valores del índice de plasticidad, límite liquido, desgaste de los ángeles, CRB para el afirmado cumpliendo con los requerimientos de la norma M147 y por lo tanto demuestra que se ha optimizado el desempeño en su diseño.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar los estudios de campo en temporada seca de baja precipitación pluvial para tener información más eficiente, siempre tener en cuenta el manual del MTC como la normativa peruana NTP para realizar un buen trabajo.

Se recomienda contar con un perfil estratigráfico actualizado de la ruta para lograr visualizar como están trabajando los estratos, considerando los estudios geológicos y geomorfológicos para poder tomar mejores decisiones. Se recomienda complementar la vía con aditivos aceptados por el MTC para proporcionar una mejor estabilidad y mejorar su eficiencia.

Se recomienda en un futuro que la subrasante de acuerdo a las cargas aplicadas como el índice medio diario anual cambien a otra clasificación vial ya que se evidencia que está llegando su límite en carga y demanda. La información acerca de las precipitaciones se puede recolectar del SENAMHI que proporciona información más adecuada para la toma de decisiones.

Se recomienda aplicar aditivos si el material de la subrasante es de mala calidad para generar una mejor estabilidad. De acuerdo a los antecedentes mostrados y de acuerdo a la metodología mostrada en el presente trabajo de investigación podemos recomendar en utilizar materiales como: melaza de caña (terrazye), ceniza de carbón, cal que sean aprobados por el MTC. Se recomienda seguir con las investigaciones del uso de relaves mineros para la utilización de material para la subrasante o afirmado, según los antecedentes mostrados.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Chipana, E. (2018). *Empleo del relave minero par el mejoramiento de las características mecánicas de la carretera Ananea - Suches*. Juliaca: Universidad Andina Nèstor Cáceres Velázquez.
- AASHTO. (1993). *Guide for design of pavement Structures*. Washintong D.C.: American Association of state Highway Transportation Officials – AASHTO-93.
- Aldana, R. (19 de agosto de 2021). *Aula carreteras*. Obtenido de <https://www.aulacarreteras.com>
- Arroyo Hilton, N. (2010). *Diseño y conservación de pavimentos rígidos*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Bellver, E. (10 de Mayo de 2021). *Tendencias.com*. Obtenido de <https://tendencias.com>
- Cal , R. (2017). *Fundamentos y aplicaciones* .
- Cañar Tiviano, E. S. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón*. Ambato, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.
- Cárdenas Grisales, J. (2013). *Diseño geométrico de carreteras* . Bogotá: ECOE Ediciones.
- Chávez Arbayza, D. M., & Odar Yabar, G. (2019). *Propuesta de estabilización con cal para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales y su influencia en el pavimento rígido bajo metodología de diseño AASHTO 93 aplicado al tramo 1 de la carretera Oyón-Ambo*. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Coleman, O. (2002). *Highways : the location, design, construction and maintenance of road pavements*. Butterworth-Heinemann.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de los suelos y cimentaciones*. México: Limusa. Noriega Ediciones.
- David, M. (2019). *Aplicación de bolsas de polietileno para mejorar la subrasante del pavimento*. Obtenido de Repositorio UCV: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/56274/Mat%C3%A1Das_ADZ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Definición.de, Pérez Porto, J., & Merino, M. (2012). *Definición.de*. Obtenido de <https://definición.de/via/>
- Dudas legislativas. (25 de Enero de 2020). *Dudas legislativas*. Obtenido de <https://dudaslegislativas.com/tipos-y-clases-de-vias/>
- Eddy, H. (12 de abril de 2011). *Estabilidad volumétrica de los suelos*. Obtenido de Notas de pavimento: <http://notasdepavimentos.blogspot.com/2011/04/estabilidad-volumetrica-de-los-suelos.html>
- Escuela Universitaria de Oficios. (s.f.). *Clase 6. Mantenimiento de espacios verdes. El suelo: un universo invisible*. Obtenido de Universidad Nacional de la Plata: <https://unlp.edu.ar/frontend/media/98/27598/3f23fc987dbbda82587753c979600a.pdf>
- FAO. (s.f.). *¿Qué es el suelo?* Obtenido de <https://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>
- García Márquez, F. (2005). *El topógrafo descalzo*. Pax Mexico.
- García, M. (2004). (Trabajo de Grado para optar el Título de Ingeniero Civil). *Guía práctica para el curso: Resistencia de Materiales 1*. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.
- GeologíaWeb. (s.f.). Obtenido de Deslizamientos de Tierra y sus tipos: <https://geologiaweb.com/riesgos-naturales/deslizamientos/#:~:text=Los%20movimientos%20en%20masa%20se,a%20valanchas%2C%20movimientos%20laterales%20y%20reptaciones.>
- GeologíaWeb. (s.f.). *Resistencia al corte de los suelos*. Obtenido de <https://geologiaweb.com/ingenieria-geologica/resistencia-corte-suelos/>
- Geoquantics. (5 de febrero de 2020). *Geoquantics*. Obtenido de <https://geoquantics.com>
- Geotecnia. (26 de marzo de 2016). *Concepto de índice de plasticidad*. Obtenido de <https://glosarios.servidor-alicante.com/geotecnia/indice-de-plasticidad>
- Gómez, Y. (4 de Agosto de 2020). *La maravillosa naturaleza*. Obtenido de <https://lamaravillosanaturaleza.com>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México: Mc. Graw Hill.
- INEI. (2017). *Resultado definitivo de los censos nacionales*.
- INTAGRI. (15 de julio de 2017). *INTAGRI.COM*. Obtenido de <https://www.intagri.com>

- Jiménez Ricalde, D. W. (2019). *Estudio geotécnico para determinación de capacidad de soporte de subrasante para mejoramiento de sevicialidad en carretera rural- Provincia de Andahuaylas, Apurimac*. Lima, Perú: Universidad Nacional Federico Villareal.
- Kerner, B. (2009). *Introduction to modern traffic flow theory and control*. ISBN 9783642026041.
- Kutz, M. (2003). *Handbook of transportation engineering*. DOI.
- Leoni, A. (2015). *Propiedades físicas de los suelos*. Obtenido de Ing. Leoni & Asociados. Servicios geotécnicos: <http://ingenieroleoni.com/wp-content/uploads/2015/09/Capitulo-1-Propiedades-F--sicas-de-los-suelos.pdf>
- Lozano Bocanegra, E., Ruiz Ramos, J. M., & Alfonso, J. C. (2015). *Análisis del mejoramiento de un suelo de subrasante con un aditivo orgánico*. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- Matinez, G. (2 de abril de 2020). *Tipos de pavimento*. Obtenido de <https://www.ingenieriaconstruccioncolombia.com/tipos-de-pavimento/>
- Meléndez Calvo, L. (21 de mayo de 2015). *Pavimentos* . Obtenido de <https://es.slideshare.net/felixyarangaguillen/pavimentos-48445113>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2015). *Guía metodológica para la identificación, formulación y evaluación social de proyectos de vialidad interurbana a nivel de perfil*. Lima- Peru: Servicios Gráficos JMD S.R.L.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones . (2008). *Manual de Diseño de carretera de bajo volúmen de tránsito*.
- Miranda, R. (2014). *Acondicionamiento y ajuste de la geomorfología a nivel “meso” de la zonificación ecológica económica en la region arequipa en marco del convenio de apoyo presupuestario AL P.P. 035*. Arequipa: Gobierno Regional.
- Miranda, R. (2015). *Acondicionamiento y ajuste de la geología a nivel “meso” de la zonificación ecológica económica en la region arequipa en marco del convenio de apoyo presupuestario al P.P. 035*. Arequipa: Gobierno Regional.
- Montoya Morales, R. A., & Quispe García, J. L. (2020). *Aplicación de la metodología MEPDG-AASHTO 2008; en el eje de integración Vial Norte-Yura*. Arequipa, Perú: Universidad Nacional de San Agustín.

- MTC. (22 de marzo de 2006). *Manual técnico de mantenimiento rutinario para la red vial departamental no pavimentada*. Obtenido de https://www.sutran.gob.pe/wp-content/uploads/2015/08/manualmatenimiento_rutinario_para_la_red_vial_departamental__no_pavimentada.pdf
- MTC. (27 de agosto de 2007). *Especificaciones técnicas generales para la conservación de carreteras*. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_2951.pdf
- MTC. (2008). *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje*.
- MTC. (2013). *Manual de carreteras. Suelos, geología, geotécnia y pavimentos*. Obtenido de Instituto de Construcción y Gerencia: https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Manual_Suelos_Pavimentos.pdf
- MTC. (2013b). *Manual de carreteras conservación vial*. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4877.pdf
- MTC. (11 de julio de 2013c). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Obtenido de <http://spij.minjus.gob.pe/Graficos/Peru/2013/Julio/14/RD-18-2013-MTC-14.pdf>
- MTC. (2014). *Manual de carreteras suelos geología, geotecnia y pavimentos Sección Suelos y Pavimentos R.D. N° 10*. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf
- MTC. (2017). *Ficha Técnica estandar*. Obtenido de https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/ficha_tecnica/transporte/1a_Ficha_Tecnica_Estandar_para_Carreteras_Interurbanas-Sector_Transporte.xlsm
- MTC. (2018). *Manual de carreteras diseño geométrico DG - 2018*. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf
- MTC. (2018). *Manual de Carreteras Mantenimiento o Conservación vial*. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_9%20MCV-2014_2016.pdf
- NTP. (2001). *SUELOS. Descripción e identificación de suelos. Procedimiento visual - manual*. Obtenido de Norma Técnica Peruana. NTP 339.150.

- Orta Amaro, P. (2021). *Tecnología de Construcción de las Explanaciones*. Geología viva.
- Ortiz, L. (2007). *Resistencia de Materiales* (3era ed.). México: Mc. Graw Hill.
- Pavimento. (10 de marzo de 2011). *Características de subrasante*. Obtenido de <https://libro-pavimentos.blogspot.com/2011/03/caracteristicas-de-la-subrasante.html>
- Pérez, J., & Ribero, R. (2008). *Evaluación de la Capacidad cementante de la ceniza de caña y Ceniza Volante para Suelos Granualdos Limpios*. Bucaramanga.
- Perez, M., & Rodríguez, J. (2021). *Influencia de la dosificación de relave minero sobre la compactación y la capacidad de soporte de un material granular para el afirmado de la carretera Carata-Motil*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Pezo, R. (2019). *Evaluación de fenómenos geoambientales determinados entre Characta y Hacienda Paican (Camaná) Arequipa*. Obtenido de Universidad Nacional de San Agustín: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10865>
- Ponce, V. (mayo de 2008). *Preguntas y respuesta sobre periodo de retorno para uso para diseño*.
- PSI. (2003). *El suelo*. Ministerio de agricultura.
- Ravines Merino, P. J., & Rivas Salazar, R. (2010). *Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras*. Piura, Perú: S.N.
- Rico, A., Orozco, J., Téllez, R., & Pérez, A. (1990). *Manual de calidad de los materiales en secciones estructurales de pavimentos carreteros*. Instituto Mexicano de Transporte.
- Riesco, G. (2021). *Economía y empleo en arequipa*.
- Rocas y Minerales. (10 de Enero de 2019). *Rocas y Minerales*. Obtenido de <https://www.rocasymienrales.net>
- Rodriguez Rufino, G., & Alonzo Salomón, L. (2005). *Carreteras*. México: Universidad Autónoma de Yucatán.
- Saber de todo. (s.f.). *Saber de todo*. Obtenido de <https://saberdetodo.com/naturaleza/suelo-arcilloso/>
- Sanz Llano, J. J. (1975). *Mecánica de los suelos*. Barcelona: Editores Técnicos Asociados, S.A.

- Sarango, P., & Díaz, B. (2020). Sistema web y móvil híbrido para la recolección muestral de datos sobre flujo vehicular en la zona de regeneración urbana de la ciudad de Loja, Ecuador. *Espacios*, 4.
- SCT. (2017). *Guía de procedimientos y técnicas para la conservación de carreteras*. México.
- SENAMHI. (2022). *Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional*. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Solminihaq, H. (2018). *Gestión de infraestructura vial: Tercera edición*. Ediciones UC.
- TRB. (2000). *Highway capacity manual. Environmental Protection*. Obtenido de Transportation Research Board.: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)HY.1943-7900.0000746](https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000746)
- Twenergy. (22 de Julio de 2020). *Twenergy*. Obtenido de <https://twenergy.com/ecologia-y-reciclaje/tipos>
- WISE. (09 de noviembre de 2021). *Funciones de las capas de un pavimento*. Obtenido de <https://blog.wise.com.mx/funciones-de-las-capas-de-un-pavimento>

ANEXOS



ANEXO 1 Símbolos gráficos para suelos – SUCS

	Grava bien graduada, mezcla de grava con poco o nada de materia fina, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal granulada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediana, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedios		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elástico

	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa
	Arcilla orgánica de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico
	Turba, suelo considerablemente orgánico

Nota. Se muestran los símbolos gráficos del suelo según la SUCS. **Fuente.** MTC (2014)



Anexo 2 Perfil estratigráfico de la calicata N°1

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO						
TESIS : APLICACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE EN EL DISEÑO DE VÍA DE LA CARRETERA RURAL RUTA EMP. PE-15 (GLORIA) DISTRITO DE LA JOYA, PROVINCIA DE AREQUIPA						CALICATA C -01
UBICACIÓN : SECTOR RUTA EMP. PE-15 (GLORIA) - LAS MELLIZAS –EMP. DEL KM 0+000 AL 9+535 AR-744 DISTRITO La Joya PROVINCIA Arequipa DEPARTAMENTO Arequipa						
ELABORADO POR : Bach. Antony Zevallos Castillo						
TECNICA DE INVESTIGACION : Calicatas			DIMENSION DE LA CALICATA		LARGO: 2.00m ANCHO: 1.50m PROFUNDIDAD: 1.50m	
COTAS : REFERENCIA : Nivel del Terreno						
COORDENADAS : 198587.031 E 8173143.673 N						
FECHA : Marzo del 2020						
ESTRATO	PROFUNDIDAD	COTA	SÍMBOLO GRAFICO	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
1	0.00 0.50	1616.6		GP-GM	A-1-a	Grava limosa pobremente graduada de baja compresibilidad, se obtuvo un 60% de grava 27% de arena y 11% de finos con partículas de forma subangulosa de color beige claro hasta la siguiente capa, con un límite líquido de 18%, carece de límite plástico, de clasificación SUCS (GP-GM) (grava pobremente graduada- grava limoso con arena), densidad seca al 100% de compactación es de 1.85g/cm ³ y densidad seca con 95% de compactación 1.74g/cm ³ y un óptimo contenido de humedad de 9.8% y un CBR al 95% de compactación de 53%
2	0.50 1.50			SM	A-4	Arena con Limo de compresibilidad baja, se obtuvo un 23% de grava 27% de arena y 49% de finos semicompactados de color amarillento de compacidad relativa media, con un límite líquido de 33%, límite plástico de 25%, de clasificación SUCS (SM) (Arena limosa con grava), densidad seca al 100% de compactación es de 1.57g/cm ³ y densidad seca con 95% de compactación 1.30g/cm ³ y un óptimo contenido de humedad de 16.8% y un CBR al 95% de compactación de 12.3%

Nota. Se evidencia las especificaciones del perfil estratigráfico de la calicata N° 1 de la Carretera Rural Gloria Ruta EMP-15 Gloria La Joya.

Fuente. MTC (2014)

Anexo 3 Perfil estratigráfico de la calicata N°2

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO						
TESIS : APLICACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE EN EL DISEÑO DE VÍA DE LA CARRETERA RURAL RUTA EMP. PE-15 (GLORIA) DISTRITO DE LA JOYA, PROVINCIA DE AREQUIPA						CALICATA C -02
UBICACIÓN : SECTOR RUTA EMP. PE-15 (GLORIA) - LAS MELLIZAS –EMP. DEL KM 0+000 AL 9+535 AR-744 DISTRITO La Joya PROVINCIA Arequipa DEPARTAMENTO Arequipa						
ELABORADO POR : Bach. Antony Zevallos Castillo						
TECNICA DE INVESTIGACION : Calicatas			DIMENSION DE LA CALICATA		LARGO: 2.00m ANCHO: 1.50m PROFUNDIDAD: 1.50m	
COTAS : REFERENCIA : Nivel del Terreno						
COORDENADAS : 198116.4877 E 8172261.4668 N						
FECHA : Marzo del 2020						
ESTRATO	PROFUNDIDAD	COTA	SÍMBOLO GRAFICO	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
1	0.00 0.60	Nivel de la subrasante		GP-GM	A-1-a	Grava limosa pobrementemente graduada de baja compresibilidad, se obtuvo un 60% de grava 28% de arena y 11% de finos con partículas de forma subangulosa de color beige claro hasta la siguiente capa, con un límite líquido de 19%, carece de límite plástico, de clasificación SUCS (GP-GM) (grava pobrementemente graduada- grava limoso con arena), densidad seca al 100% de compactación es de 1.79g/cm ³ y densidad seca con 95% de compactación 1.68g/cm ³ y un óptimo contenido de humedad de 8.7%.
2	0.60 1.50			SM	A-4	Arena con limo de compresibilidad baja, se obtuvo un 23.8% de grava 26.7% de arena y 49.5% de finos semcompactados de color amarillento de compacidad relativa media, con un límite líquido de 31%, límite plástico de 24%, de clasificación SUCS (SM) (Arena limosa con grava), densidad seca al 100% de compactación es de 1.44g/cm ³ y densidad seca con 95% de compactación 1.33g/cm ³ y un óptimo contenido de humedad de 18%.

Nota. Se evidencia las especificaciones del perfil estratigráfico de la calicata N° 2 de la Carretera Rural Gloria Ruta EMP-15 Gloria La Joya.

Fuente. MTC (2014)

Anexo 4 Perfil estratigráfico de la calicata N°3

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL SUELO						
TESIS : APLICACIÓN DE PARÁMETROS GEOTÉCNICOS PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE EN EL DISEÑO DE VÍA DE LA CARRETERA RURAL RUTA EMP. PE-15 (GLORIA) DISTRITO DE LA JOYA, PROVINCIA DE AREQUIPA						CALICATA C -03
UBICACIÓN : SECTOR RUTA EMP. PE-15 (GLORIA) - LAS MELLIZAS –EMP. DEL KM 0+000 AL 9+535 AR-744 DISTRITO La Joya PROVINCIA Arequipa DEPARTAMENTO Arequipa						
ELABORADO POR : Bach. Antony Zevallos Castillo						
TECNICA DE INVESTIGACION : Calicatas			DIMENSION DE LA CALICATA		LARGO: 2.00m ANCHO: 1.50m PROFUNDIDAD: 1.50m	
COTAS : REFERENCIA : Nivel del Terreno						
COORDENADAS : 197743.9569 E 8171383.7986 N						
FECHA : Marzo del 2020						
ESTRATO	PROFUNDIDAD	COTA	SÍMBOLO GRAFICO	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACIÓN AASHTO	DESCRIPCIÓN DEL SUELO
1	0.00 0.60	Nivel de la subrasante		GP-GM	A-1-a	Grava limosa pobremente graduada de baja compresibilidad, se obtuvo un 59.90% de grava 28.50% de arena y 11.60% de finos con partículas de forma subangulosa de color beige claro hasta la siguiente capa, con un límite líquido de 17%, carece de límite plástico, de clasificación SUCS (GP-GM) (grava pobremente graduada- grava limoso con arena), densidad seca al 100% de compactación es de 1.83g/cm3 y densidad seca con 95% de compactación 1.71g/cm3 y un óptimo contenido de humedad de 9.4%.
2	1.50			SM	A-4	Arena con limo de compresibilidad baja, se obtuvo un 22.8% de grava 27.7% de arena y 47.2% de finos semicompactados de color amarillento de compacidad relativa media, con un límite líquido de 34, límite plástico de 25%, de clasificación SUCS (SM) (Arena limosa con grava), densidad seca al 100% de compactación es de 1.61g/cm3 y densidad seca con 95% de compactación 1.45g/cm3 y un óptimo contenido de humedad de 15.7%.

Nota. Se evidencia las especificaciones del perfil estratigráfico de la calicata N° 3 de la Carretera Rural Gloria Ruta EMP-15 Gloria La Joya.

Fuente. MTC (2014)

Anexo 12 Factores de correlación estacionales para vehículos ligeros y pesados

Peaje Variante de Uchumayo		
Meses	Factor de Corrección Ligeros	Factor de Corrección Pesados
Enero	0.7271	1.0098
Febrero	0.6706	0.9718
Marzo	1.0249	1.0488
Abril	1.1471	1.0730
Mayo	1.1965	1.0687
Junio	1.1952	1.0488
Julio	1.1283	1.0203
Agosto	1.0842	0.9727
Setiembre	1.1307	0.9680
Octubre	1.1457	0.9544
Noviembre	1.1340	0.9535
Diciembre	0.8249	0.8176

Nota. Se observan los factores de corrección entre los vehículos livianos y los vehículos pesados en el período 2010-2016. **Fuente.** MTC (2017)

Anexo 13 Datos históricos de la precipitación del SENAMHI

PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24HR														
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MAXIMO
1966	0.00	0.01	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.03	0.02 MAYO
1967	1.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	1.53	1.01 ENERO
1968	3.52	3.02	1.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.55	3.52 ENERO
1969	0.01	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.05	0.02 MAR - ABR
1970	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.10	5.11	5.10 DICIEMBRE
1971	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NP	1.20	1.20 ENERO
1972	0.01	1.20	2.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NP	3.41	2.20 MARZO
1973	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.60	0.00	0.00	0.00	0.81	0.60 SETIEMBRE
1974	6.01	0.20	0.00	0.00	0.00	NP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.21	6.01 ENERO
1975	3.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.60	3.00 ENERO
1976	7.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	9.20	7.60 ENERO
1977	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 NP
1978	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 NP
1979	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 NP
1980	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.00	3.00 FEBRERO
1981	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 NP
1982	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 NP
1983	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 NP
1984	0.90	0.00	3.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.90	3.00 MARZO
1985	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	2.31	2.30 DICIEMBRE
1986	0.81	21.40	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.30	22.81	21.40 FEBRERO
1987	0.00	0.00	0.00	NP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 NP
1988	0.10	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	NP	0.00	0.00	0.00	0.12	0.10 ENERO
1989	0.00	1.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.80	1.80 FEBRERO

Nota. Adaptación de la información que registra el SENAMHI de las estaciones convencionales. **Fuente.** SENAMHI (2022)

PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24HR														
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MAXIMO
1990	0.50	0.00	4.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	NP	5.40	4.90 MARZO
1993	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	0.00	0.00	0.00 NP
1994	NP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 NP
1995	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 NP
1996	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 NP
1997	0.00	0.01	0.70	0.00	0.00	0.00	0.00	1.91	0.00	0.00	0.00	0.00	2.62	1.91 AGOSTO
1998	0.00	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.50	0.50 FEBRERO
1999	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 NP
2000	0.00	0.51	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.01	0.51 ENERO
2001	0.00	0.02	2.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.62	2.60 MARZO
2002	0.01	2.50	0.90	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.41	2.50 FEBRERO
2003	0.00	0.00	NP	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00 NP
2004	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00	2.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.90	2.30 JULIO
2005	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01 DICIEMBRE
2006	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01 FEBRERO
2007	6.72	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.22	6.72 ENERO
2008	10.11	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.11	10.11 ENERO
2009	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01 FEBRERO
2010	0.00	0.00	0.00	0.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.61	0.61 ABRIL
2011	0.01	1.51	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	1.54	1.51 FEBRERO
2012	0.01	1.04	0.00	4.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.60	6.65	4.00 ABRIL
2013	0.01	0.61	1.20	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.32	1.20 MARZO
2014	0.00	0.00	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	0.00	0.00 NP
TOTAL	41.55	41.28	17.04	5.14	0.02	0.00	3.31	3.52	0.60	0.00	0.30	9.82	122.6	41.55
PROMEDIO	0.92	0.90	0.39	0.12	0.00	0.00	0.07	0.08	0.01	0.00	0.01	0.23	2.61	
MAXIMO	10.11	21.40	4.90	4.00	0.02	0.00	2.30	1.91	0.60	0.00	0.30	5.10		

Nota. Adaptación de la información que registra el SENAMHI de las estaciones convencionales. **Fuente.** SENAMHI (2022)

Anexo 14 Las Precipitaciones Máximas en 24hr del SENAMHI

LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS		
AÑO	MÁXIMO (mm/24hr)	
1966	0.02	MAYO
1967	1.01	ENERO
1968	3.52	ENERO
1969	0.02	MAR - ABR
1970	5.1	DICIEMBRE
1971	1.2	ENERO
1972	2.2	MARZO
1973	0.6	SETIEMBRE
1974	6.01	ENERO
1975	3	ENERO
1976	7.6	ENERO
1977	0	NP
1978	0	NP
1979	0	NP
1980	3	FEBRERO
1981	0	NP
1982	0	NP
1983	0	NP
1984	3	MARZO
1985	2.3	DICIEMBRE
1986	21.4	FEBRERO
1987	0	NP
1988	0.1	ENERO
1989	1.8	FEBRERO

LAS PRECIPITACIONES MÁXIMAS		
AÑO	MÁXIMO (mm/24hr)	
1990	4.9	MARZO
1993	0	NP
1994	0	NP
1995	0	NP
1996	0	NP
1997	1.91	AGOSTO
1998	0.5	FEBRERO
1999	0	NP
2000	0.51	ENERO
2001	2.6	MARZO
2002	2.5	FEBRERO
2003	0	NP
2004	2.3	JULIO
2005	0.01	DICIEMBRE
2006	0.01	FEBRERO
2007	6.72	ENERO
2008	10.11	ENERO
2009	0.01	FEBRERO
2010	0.61	ABRIL
2011	1.51	FEBRERO
2012	4	ABRIL
2013	1.2	MARZO
2014	0	NP
TOTAL	41.55	

Nota. Adaptación de la información que registra el SENAMHI de las estaciones convencionales. **Fuente.** SENAMHI (2022)

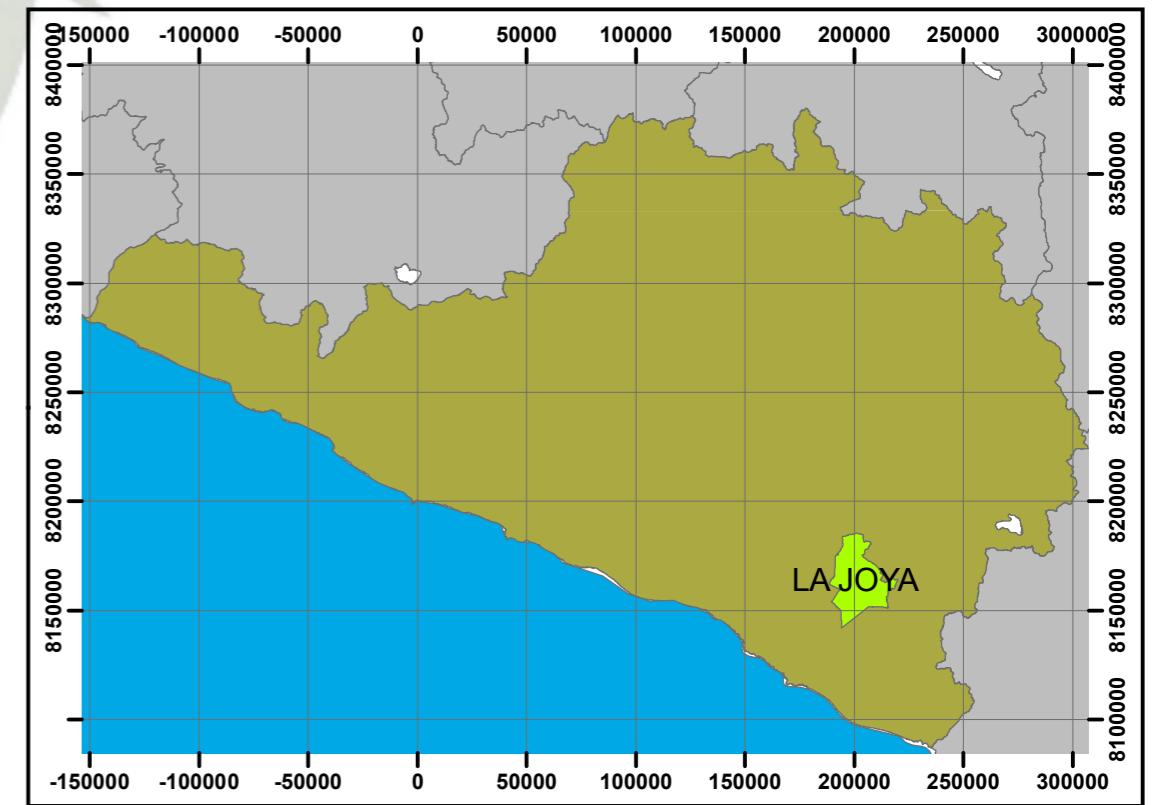
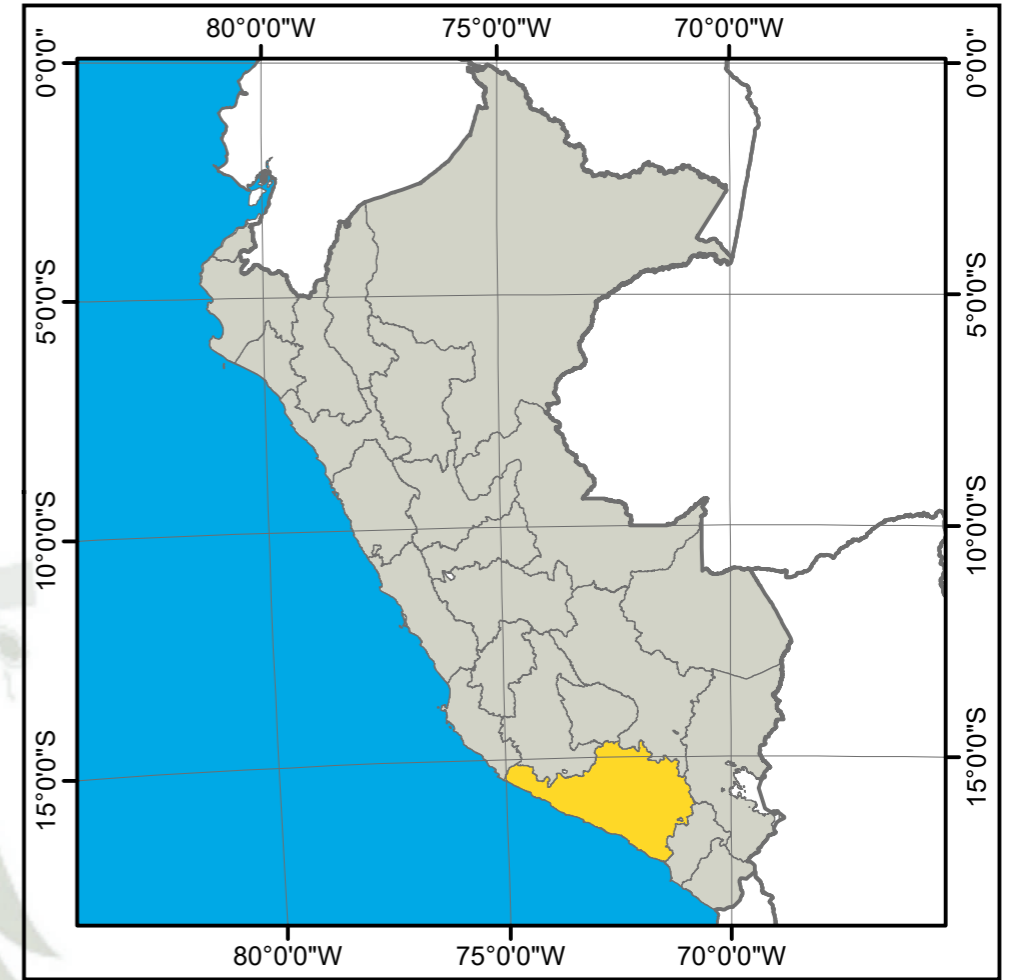
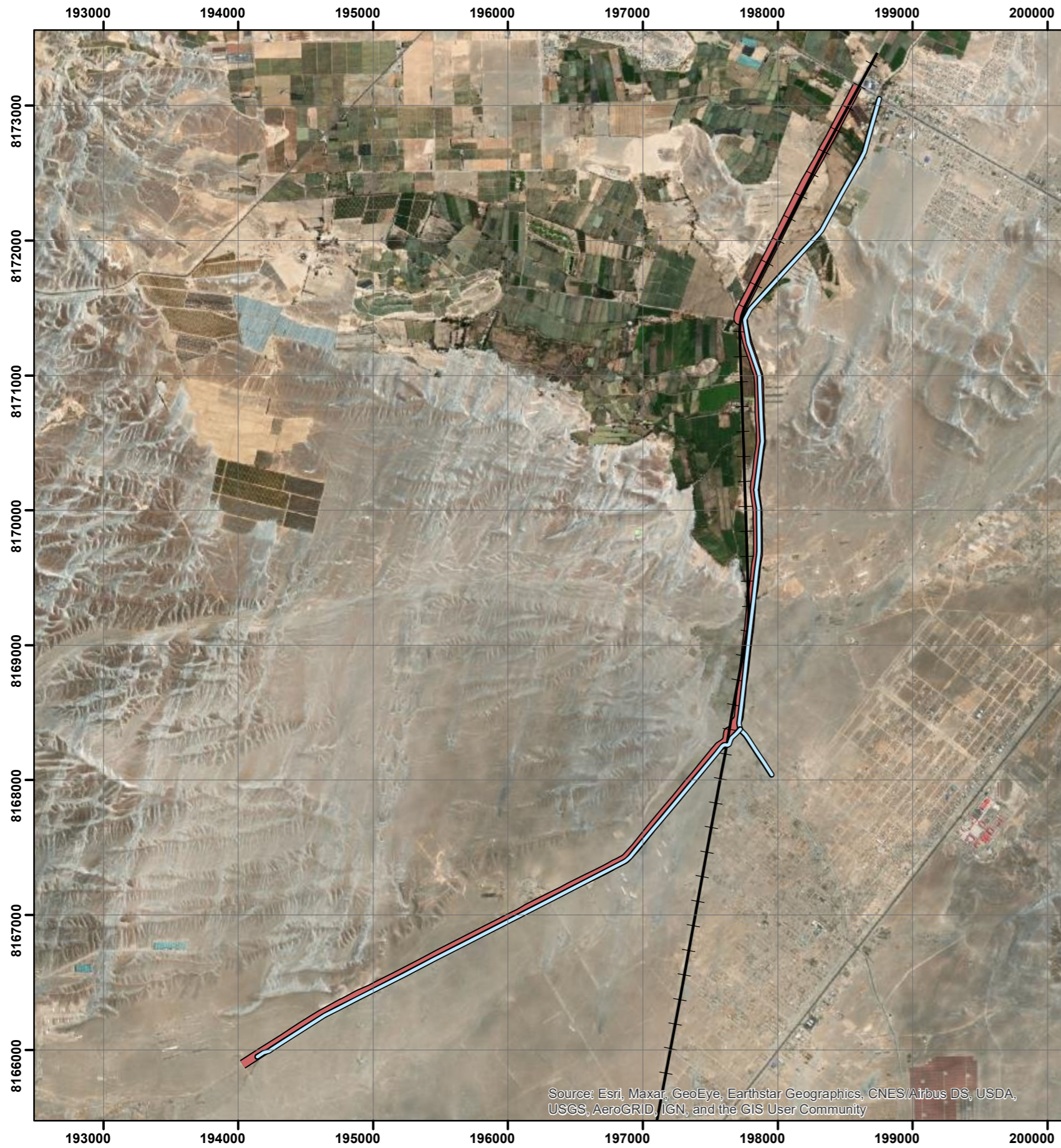
Anexo 15 Las Precipitaciones Máximas en 24hr del SENAMHI PISCO 1981-2016

Años	Precipitaciones
1981	1.92
1982	1.61
1983	0.41
1984	2.31
1985	1.00
1986	9.51
1987	1.95
1988	1.35
1989	2.04
1990	1.21
1991	0.96
1992	0.31
1993	3.11
1994	3.27
1995	2.39
1996	1.04
1997	2.01
1998	1.60
1999	2.00
2000	4.84
2001	2.46
2002	4.11
2003	0.76
2004	2.48
2005	1.36
2006	1.18
2007	4.55
2008	8.84
2009	1.78
2010	1.08
2011	2.97
2012	3.07
2013	3.62
2014	2.15
2015	3.81
2016	2.41
PROMEDIO	2.54



Planos

PLANO 1 UBICACION CARRETERA LA JOYA



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



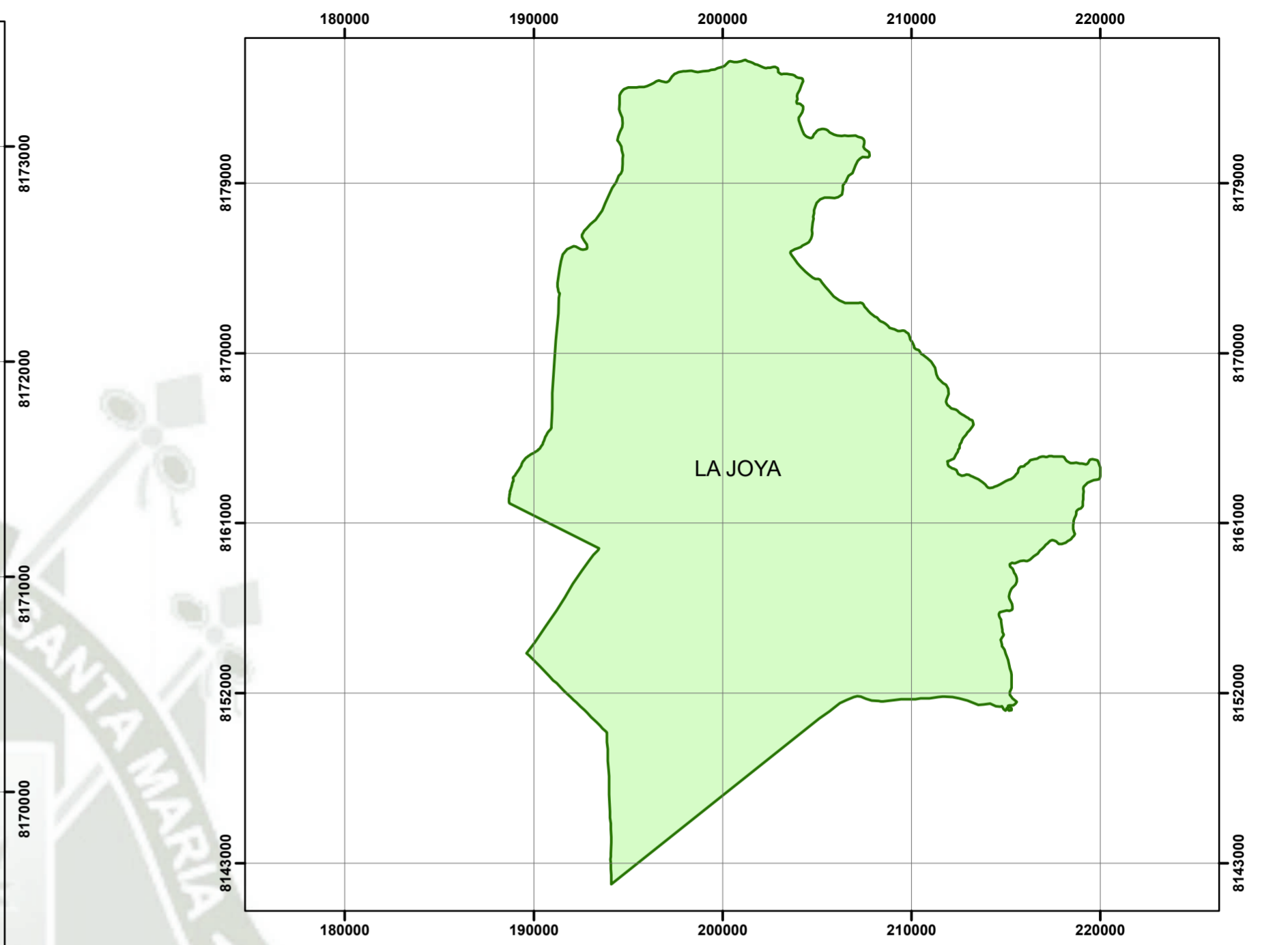
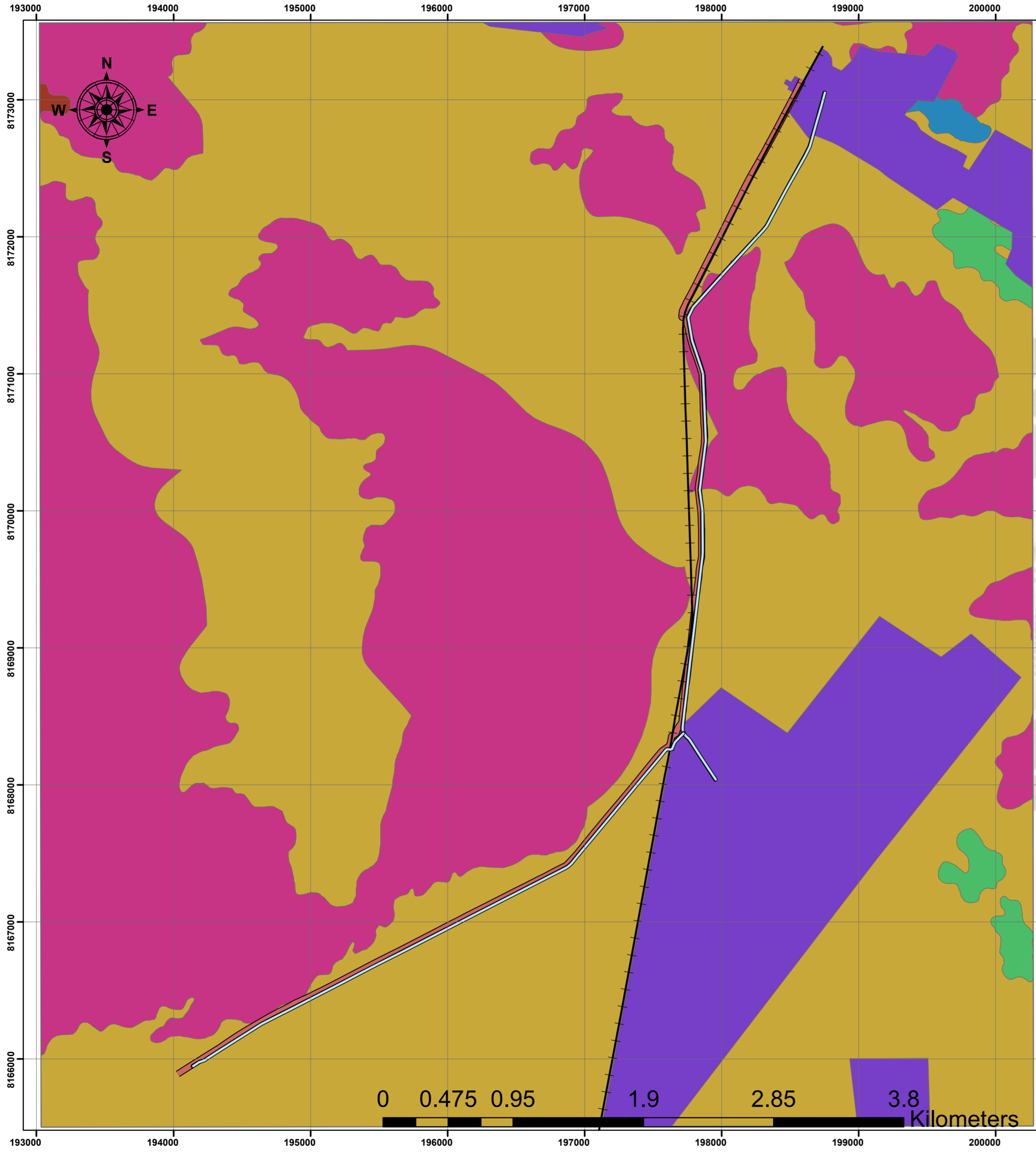
TESIS:
APLICACION DE PARAMETROS GEOTECNICOS PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUB RASANTE EN EL DISEÑO DE LA VIA DE LA CARRETERA RURAL RUTA EMP. PE - 15 (GLORIA) DISTRITO DE LA JOYA, PROVINCIA DE AREQUIPA

BACHILLER: **ANTONY ZEVALLOS CASTILLO**
 DEPARTAMENTO: AREQUIPA
 PROVINCIA: AREQUIPA
 DISTRITO: LA JOYA

PLANO:
 UBICACIÓN CARRETERA RURAL EMP. PE - 15 (GLORIA) - LAS MELLIZAS - EMP. DEL KM 0+000 AL 9+535 AR - 744 - DISTRITO DE LA JOYA

ESCALA: 1:35,000
 FECHA: MAYO 2022
 PLANO: UBICACION

PLANO 2 GEOLOGIA CARRETERA LA JOYA



LEYENDA

DESCRIPCION LITOLOGICA

- Area Urbana
- Aglomerados polimicticos subredondeados a redondeados con una matriz arenosa
- Areniscas cuarzosas gris clara, intercaladas con delgados niveles areniscas calcareas y limolitas
- Conglomerados, intercalados con areniscas y riolitas
- Gravas y arenas mal seleccionadas de matriz limoarenosa
- Intercalacion de caliza grainstone gris oscuras de grano fino, con areniscas y lutitas

ESTRUCTURAS

- Canal
- Tren
- Carreter1

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



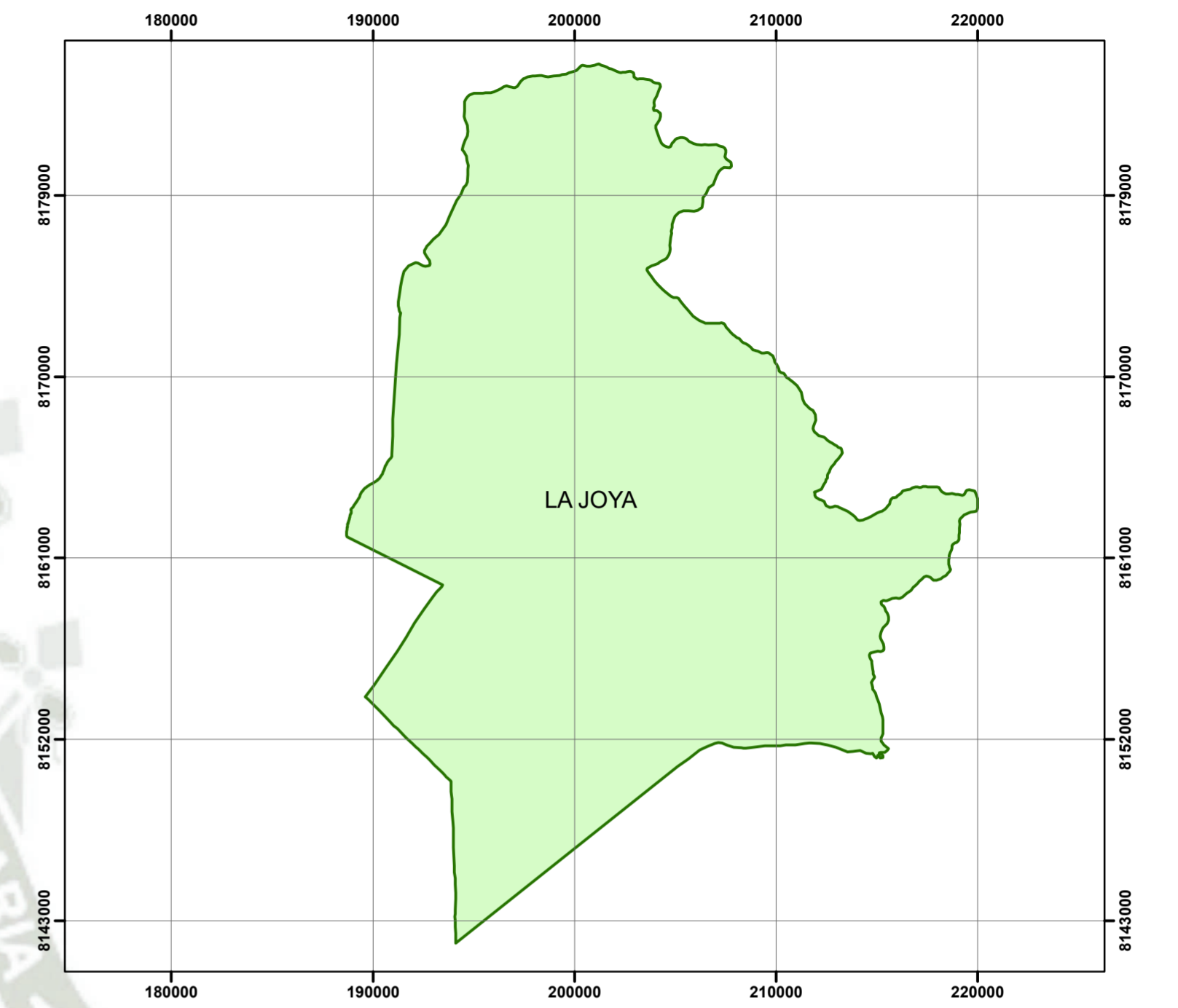
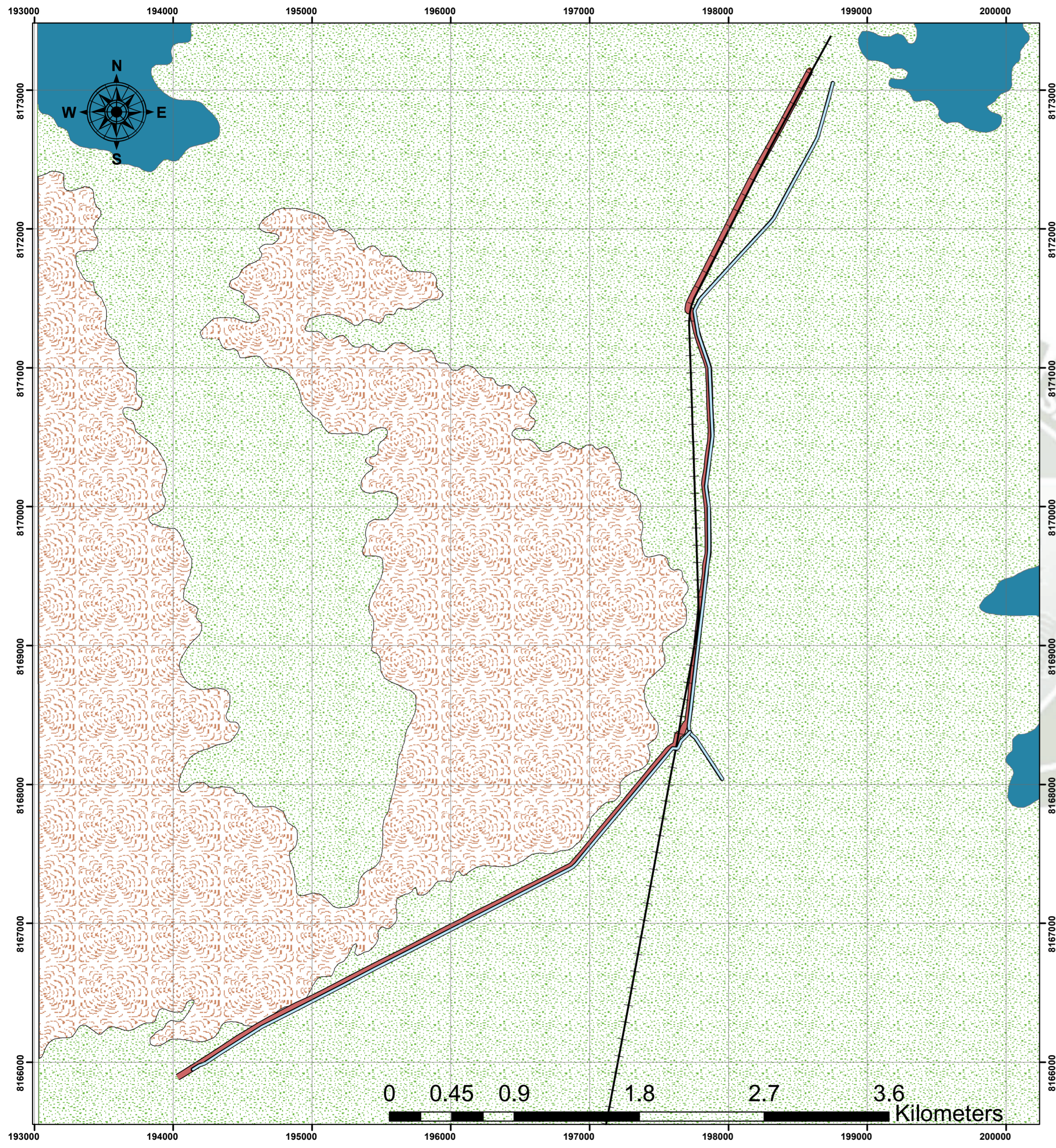
TESIS:
 APLICACION DE PARAMETROS GEOTECNICOS PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUB RASANTE EN EL DISEÑO DE LA VIA DE LA CARRETERA RURAL RUTA EMP. PE - 15 (GLORIA)- DISTRITO DE LA JOYA, PROVINCIA DE AREQUIPA

BACHILLER:	ANTONY ZEVALLOS CASTILLO	
DEPARTAMENTO:	AREQUIPA	
PROVINCIA:	AREQUIPA	
DISTRITO:	LA JOYA	

PLANO:	GEOLOGIA CARRETERA RURAL EMP. PE - 15 (GLORIA) - LAS MELLIZAS - EMP. DEL KM 0+000 AL 9+535 AR - 744 - DSITRITO DE LA JOYA
--------	---




ESCALA:	1:24,000
FECHA:	MAYO 2022
PLANO:	GL-2

PLANO 3 GEOMORFOLOGIA CARRETERA LA JOYA






LEYENDA

UNIDAD GEOMORFOLOGICA

-  Laderas algo escarpadas con carcavas
-  Planicie Ondulada
-  Planicie desertica

ESTRUCTURAS

-  Carreter1
-  Tren
-  Canal

UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
 FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



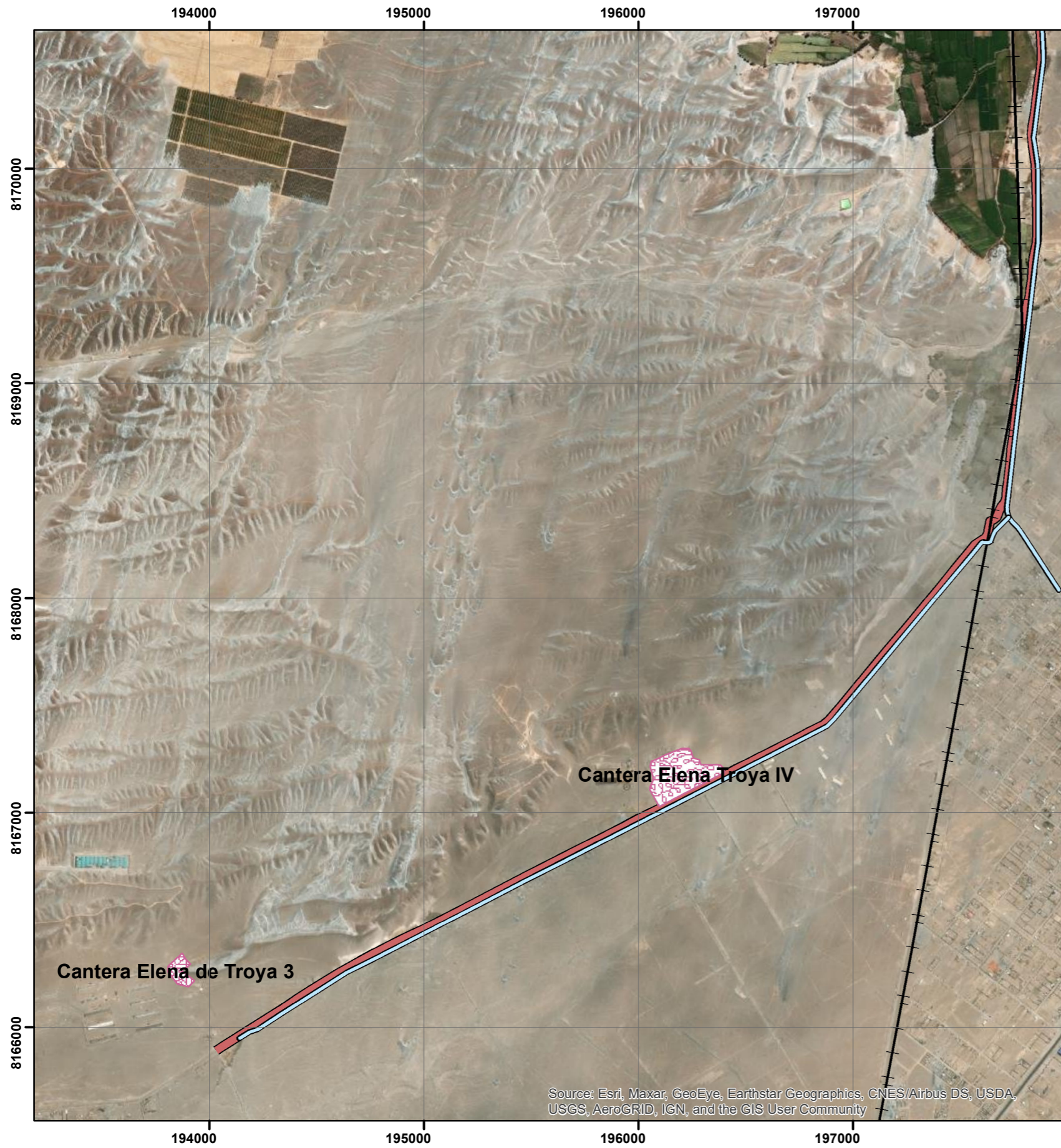
TESIS:
 APLICACION DE PARAMETROS GEOTECNICOS PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUB RASANTE EN EL DISEÑO DE LA VIA DE LA CARRETERA RURAL RUTA EMP. PE - 15 (GLORIA) DISTRITO DE LA JOYA, PROVINCIA DE AREQUIPA

BACHILLER:	ANTONY ZEVALLOS CASTILLO
DEPARTAMENTO:	AREQUIPA
PROVINCIA:	AREQUIPA
DISTRITO:	LA JOYA

PLANO:	GEOMORFOLOGIA CARRETERA RURAL EMP. PE - 15 (GLORIA) - LAS MELLIZAS - EMP. DEL KM 0+000 AL 9+535 AR - 744 - DSITRITO DE LA JOYA
--------	--

ESCALA:	1:23,500
FECHA:	MAYO 2022
PLANO:	GM-1

PLANO 5 CANTERAS CARRETERA LA JOYA



Source: Esri, Maxar, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AeroGRID, IGN, and the GIS User Community



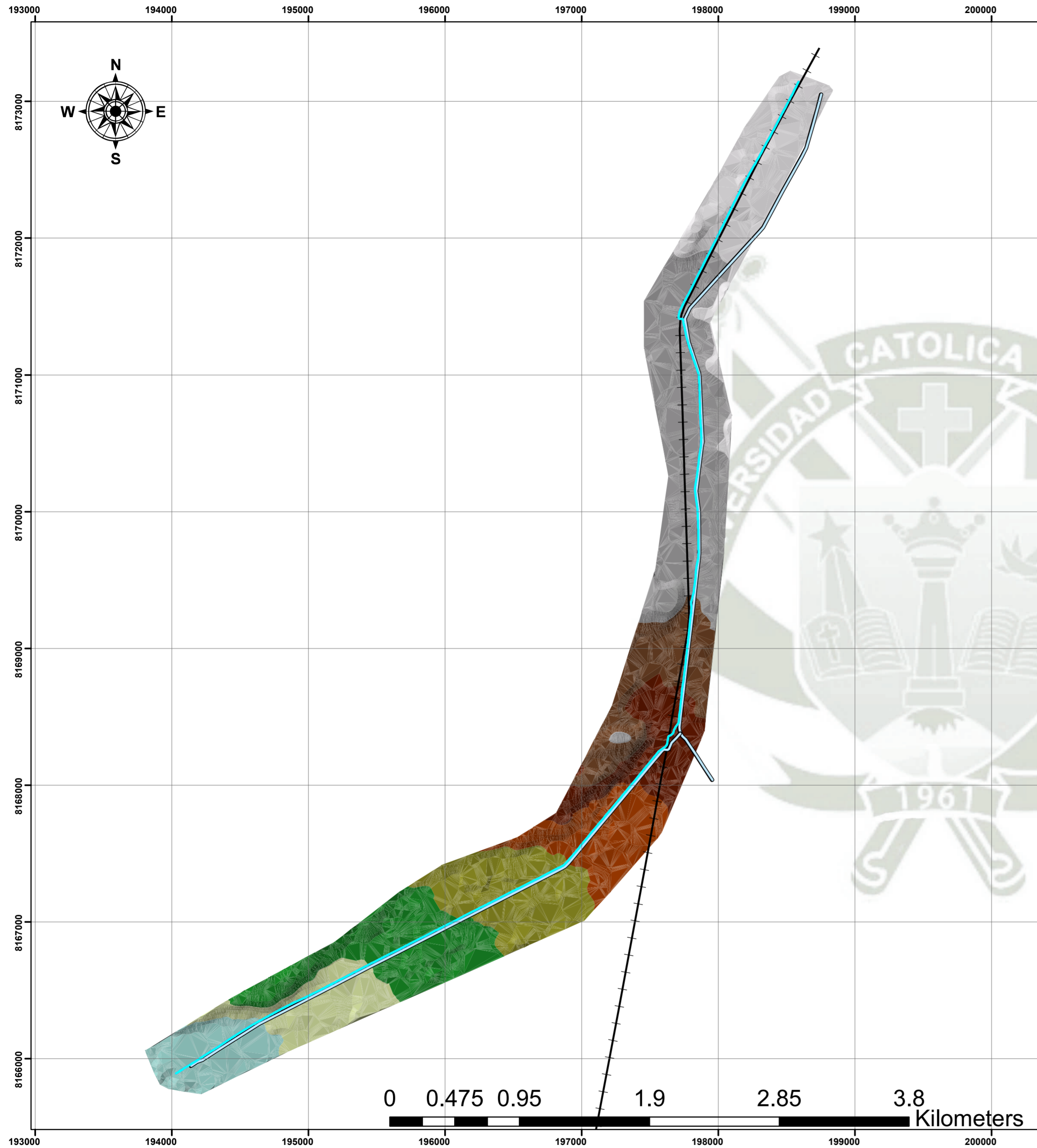
CANTERA ELENA DE TROYA IV



CANTERA ELENA DE TROYA III



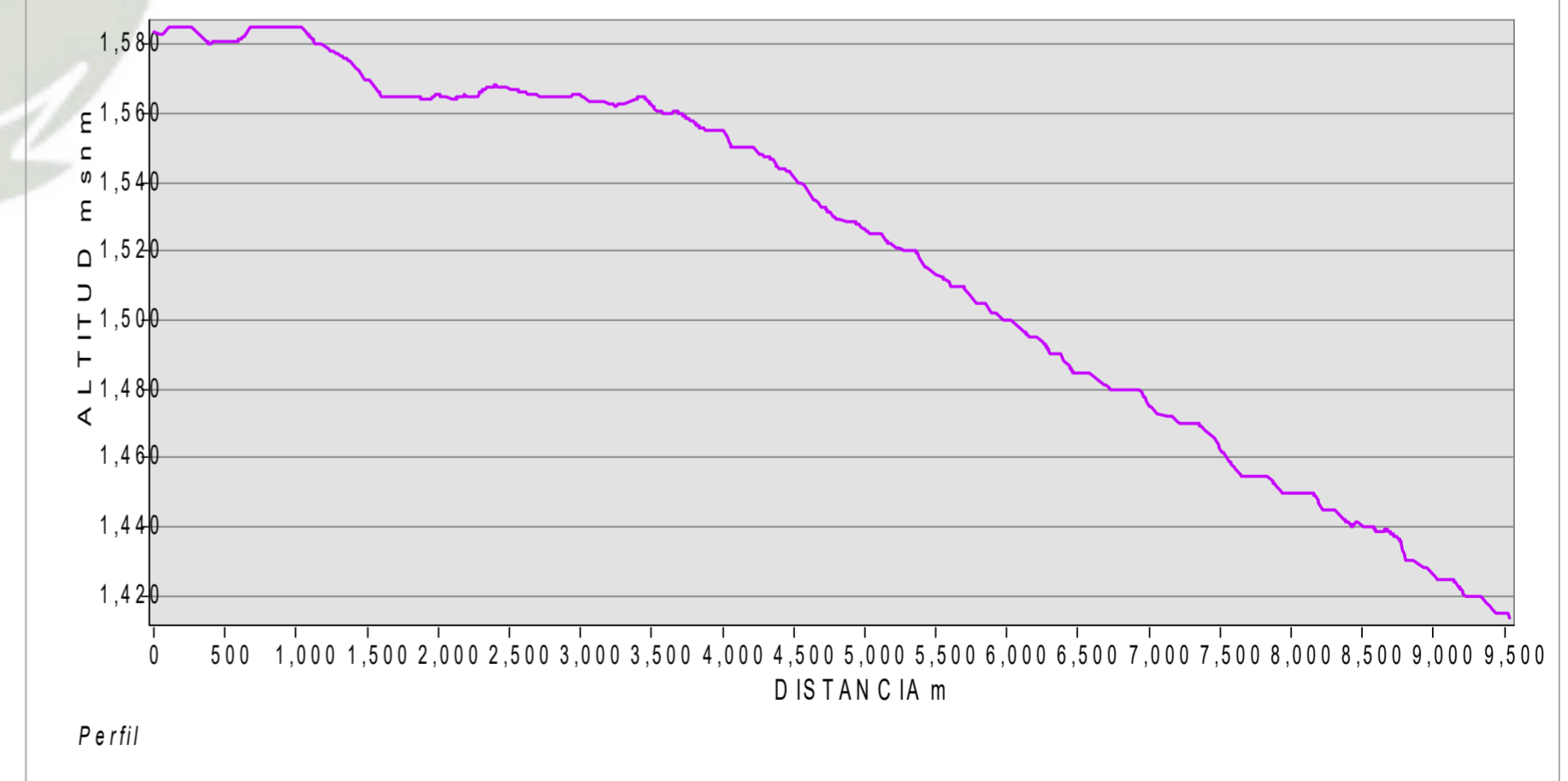
PLANO 6 TOPOGRAFIA CARRETERA LA JOYA



MODELO DIGITAL DE ELEVACION



PERFIL TOPOGRAFICO CARRETERA LA JOYA



UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIAS FISICAS Y FORMALES
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



TESIS:
APLICACION DE PARAMETROS GEOTECNICOS PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUB RASANTE EN EL DISEÑO DE LA VIA DE LA CARRETERA RURAL RUTA EMP. PE - 15 (GLORIA)- DISTRITO DE LA JOYA, PROVINCIA DE AREQUIPA

BACHILLER:	ANTONY ZEVALLOS CASTILLO	
DEPARTAMENTO:	AREQUIPA	
PROVINCIA:	AREQUIPA	
DISTRITO:	LA JOYA	

PLANO:
TOPOGRAFIA - MODELO DIGITAL DE ELEVACION - PERFIL

ESCALA:	1:24,000
FECHA:	MAYO 2022
PLANO:	T-1