

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**GEOLÓGICA**



**T E S I S**

**Estudio geológico y geotécnico para diseñar la trocha carrozable  
tramo Puente Primavera - Huaylasjrca en Yanahuanca, 2021**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Geólogo**

**Autor:**

**Bach. Antony Jhonnatan DEUDOR ROBLES**

**Asesor:**

**Dr. Reynaldo MEJIA CACERES**

**Cerro de Pasco – Perú – 2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**GEOLÓGICA**



**T E S I S**

**Estudio geológico y geotécnico para diseñar la trocha carrozable  
tramo Puente Primavera - Huaylasjrca en Yanahuanca, 2021**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

Dr. Julio Alejandro MARCELO AMES  
PRESIDENTE

---

Dr. Favio Máximo MENA OSORIO  
MIEMBRO

---

Mg. Eder Guido ROBLES MORALES  
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides  
Carrión Facultad de Ingeniería  
Unidad de Investigación

**INFORME DE ORIGINALIDAD N° 037-2023-UNDAC/UIFI**

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en merito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, El borrador de tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

**Título**

" Estudio geológico y geotécnico para diseñar la trocha carrozable tramo  
Puente Primavera – Huaylasjirca en yanahuanca, 2021"

**Apellidos y nombres de los tesisistas**

**Bach. DEUDOR ROBLES, Antony Jhonnatan**

**Escuela de Formación Profesional  
Ingeniería geológica**

**Indici de Similitud  
25 %**

**APROBADO**

Se informa al decanato para los fines pertinentes:

Cerro de Pasco, 8 de junio del 2023

  
UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN  
**Luis Villa Requiza Carvajal**  
DOCTOR EN CIENCIAS - INGENIERO

## **DEDICATORIA**

Dedico a mi amada madre, quien por ella soy lo que soy, por todo su apoyo, sus consejos, su esfuerzo, comprensión y amor supo guiarme por un buen camino del éxito y la superación

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por ser mi guía, mi fuerza y el pilar para poder cumplir mis sueños, a mis docentes, madre, hermanos y Noemi quienes fueron me ayudaron y comprendieron mis deseos de superación y a toda mi familia quienes contribuyeron desinteresadamente para desarrollarme desinteresadamente.

## RESUMEN

La investigación tuvo lugar en el distrito de Yanahuanca, provincia de Daniel Alcides Carrión y Región Pasco. La ejecución de una trocha carrozable, constituye una necesidad prioritaria para la población de Huaylasjirca y zonas aledañas, Teniendo como objetivos específicos,

Identificar las formaciones geológicas y los peligros geológicos existentes en el terreno para el diseño de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021, determinar las características físico-mecánicas de las muestras de suelos de la subrasante para el diseño de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021 y también identificar las características de las canteras y fuentes de agua a ser utilizados para el desarrollo de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021.

La investigación es de tipo aplicada y de nivel descriptivo. Reconocimiento geológico local, identificando los sectores inestables, exploración geotécnica y toma de muestras de las calicatas; usando materiales como GPS, brújula tipo Brunton, planos de campo en A3 y A1 y las imágenes satelitales en alta definición. Los límites de consistencia del suelo, su humedad es apropiados, el CBR se encuentran en un rango de 21% al 71% lo cual indican que son excelentes en las 6 calicatas muestreadas y considerando que los peligros geológicos pueden ser mitigados y/o eliminados; la investigación concluye que existe viabilidad geológica y geotécnica para construir la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca.

**Palabras clave:** trocha carrozable, geotecnia, propiedades físicas, propiedades mecánicas.

## ABSTRACT

The investigation took place in the district of Yanahuanca, province of Daniel Alcides Carrión and Pasco Region. The execution of a carriage trail, constitutes a priority need for the population of Huaylasjirca and surrounding areas, having as specific objectives, Identify the geological formations and geological hazards existing on the ground for the design of the carriageway track from the section from Puente Primavera to Huaylasjirca in Yanahuanca, 2021, determine the physical-mechanical characteristics of the soil samples of the subgrade for the design of the track bridge stretch from spring bridge to Huaylasjirca in Yanahuanca, 2021 and also identify the characteristics of the quarries and water sources to be used for the development of the stretch bridge spring bridge to Huaylasjirca development in Yanahuanca, 2021.

The research is applied and descriptive level. Local geological reconnaissance, identifying unstable sectors, geotechnical exploration and sampling from test pits; using materials such as GPS, Brunton type compass, field plans in A3 and A1 and high definition satellite images. The consistency limits of the soil, its humidity is appropriate, the CBR is in a range of 21% to 71%, which indicates that they are excellent in the 6 pits sampled and considering that geological hazards can be mitigated and/or eliminated; The investigation concludes that there is geological and geotechnical feasibility to build the carriageway trail from the section between the spring bridge and Huaylasjirca in Yanahuanca.

**Keywords:** skid trail, geotechnics, physical properties, mechanical properties.

## INTRODUCCIÓN

La investigación trata de un estudio geológico – geotécnico para diseñar una trocha carrozable en el distrito de Yanahuanca perteneciente a la Región Pasco. La mayoría de las poblaciones rurales no poseen carreteras y para poder desarrollarse necesitan contar con vías de comunicación. Por lo tanto, para iniciar un proyecto como el mencionado, se hace importante contar con un estudio geológico y geotécnico que detalla las características que presenta el suelo y los movimientos en masa que existe en el área de estudio, puesto que existen diferentes tipos de suelo lo cuales se hacen necesario investigar para conocer sus propiedades físicas y mecánicas para finalmente identificar cuál debe ser el diseño de la carretera. En dicha caracterización se determina la granulometría del terreno; en otras palabras, la plasticidad que tiene, el porcentaje de distintos tamaños de materiales, la densidad aparente y real y otras propiedades básicas de la composición del suelo donde se planea construir la carretera. En su mayoría, los ensayos se realizaron para materiales del suelo como grava, arena y materiales finos.

Esta investigación se estructuró en cinco capítulos. En el Capítulo I se describe la identificación y determinación del problema, también los objetivos de la investigación y la justificación y limitaciones de la investigación. En el Capítulo II se describe el marco teórico, donde indicamos los antecedentes de otras investigaciones referidas a nuestro tema de investigación; y bases teóricas que describen nuestras variables a analizar. En el Capítulo III se describe la metodología y técnicas de investigación. En el Capítulo IV se describe los resultados y discusión donde se incluye la prueba de hipótesis. Finalizando con las conclusiones y recomendaciones.



## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1.	Identificación y determinación del problema .....	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.3.	Formulación del problema .....	2
1.3.1.	Problema general.....	2
1.3.2.	Problemas específicos .....	2
1.4.	Formulación de objetivos.....	3
1.4.1.	Objetivo general .....	3
1.4.2.	Objetivos específicos .....	3
1.5.	Justificación de la investigación .....	3
1.5.1.	Justificación teórica.....	3
1.5.2.	Justificación social o práctica.....	4
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	4

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio.....	5
2.1.1.	Antecedentes internacionales .....	5
2.1.2.	Antecedentes nacionales .....	6
2.2.	Bases teóricas – científicas .....	10
2.2.1.	Estudio Geológico – Geotécnico.....	10
2.2.2.	Importancia de la mecánica de suelos en obras de carreteras .....	10
2.2.3	Trochas carrozables.....	11
2.2.4.	Geotecnia.....	11
2.2.4.1.	Mecánica de suelos: .....	11
2.2.4.2.	Mecánica de rocas:.....	12
2.2.4.3.	Geofísica: .....	12
2.2.4.4.	Hidrología: .....	12
2.2.5.	Propiedades físico - mecánicas del suelo .....	13
2.2.5.1.	Grado de compactación del suelo. ....	13
2.2.5.2.	Esfuerzo de compactación del suelo.....	13
2.2.5.3.	Tipo de suelo.....	13
2.2.5.4.	Relación de Soporte de California CBR.....	13
2.2.6.	Fuentes de agua .....	14
2.2.7.	Canteras .....	14
2.3.	Definición de términos básicos.....	18
2.4.	Formulación de hipótesis .....	20
2.4.1.	Hipótesis general .....	20
2.4.2.	Hipótesis específicas .....	20

2.5. Identificación de variables .....	21
2.5.1. Variable independiente:.....	21
2.5.2. Variable dependiente:.....	21
2.5.3. Variable interviniente:.....	21
2.6. Definición operacional de variables e indicadores .....	21

### **CAPITULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación.....	23
3.2. Nivel de investigación .....	23
3.3. Métodos de investigación .....	23
3.4. Diseño de investigación.....	24
3.5. Población y muestra.....	24
3.5.1. Población.....	24
3.5.2. Muestra.....	24
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	25
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	25
3.8. Tratamiento estadístico.....	26

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	30
4.1.1 Etapa de documentación y preparación.....	30

4.1.2. Etapa de campo .....	31
4.1.3. Trabajos de campo .....	31
4.1.4 Etapa de gabinete y post gabinete .....	33
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	33
4.2.1. Ubicación y accesibilidad.....	33
4.2.2. Clima .....	34
4.2.3. Inventario vial .....	37
4.2.4. Estudio de tráfico .....	37
4.2.5. Estudio de hidrología .....	38
4.2.6. Marco Geológico Regional y Local .....	39
4.2.6.1. Geología regional.....	39
4.2.6.2. Geología local.....	40
4.2.6.3. Litoestratigrafía.....	42
4.2.7. Sismicidad.....	47
4.2.8. Peligros geológicos .....	54
4.2.9. Geología del trazo.....	59
4.2.10. Clasificación de materiales de corte.....	62
4.2.11. Estudio de suelos.....	67
4.2.12. Ubicación de canteras: .....	74
4.2.13. Fuentes de agua .....	77
4.2.14. Ensayos de laboratorio .....	79
4.3. Prueba de hipótesis .....	80
4.3.1 Hipótesis general .....	80

4.3.2 Hipótesis específica.....	80
4.4. Discusión de resultados .....	81

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO A: FOTOGRAFÍAS TOMADAS DE TRABAJOS EN CAMPO

ANEXO B: PLANO TOPOGRÁFICO TROCHA CARROZABLE TRAMO PUENTE

PRIMAVERA - HUAYLASJIRCA

ANEXO C: PLANO GEOLÓGICO TROCHA CARROZABLE TRAMO PUENTE

PRIMAVERA - HUAYLASJIRCA

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables .....	21
Tabla 2.	Diseño ESAL (equivalent single axle load – carga equivalente por eje único) para el proyecto. ....	38
Tabla 3.	Resultados del caudal de la cuenca. ....	38
Tabla 4.	Factores de Zona “Z” .....	49
Tabla 5.	Zonificación sísmica de la provincia de Daniel Alcides Carrión y sus distritos correspondientes .....	50
Tabla 6.	Coordenadas UTM de los peligros geológicos ubicadas en la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021 .....	58
Tabla 7.	Clasificación para estimar el índice de dureza de la roca. ....	64
Tabla 8.	Criterio de Ripabilidad Propuesto por Weaver. ....	65
Tabla 9.	Clasificación de suelos. ....	67
Tabla 10.	CBR (California bearing ratio). ....	67
Tabla 11.	Características físicas del suelo. ....	68
Tabla 12.	Coefficiente de dureza, abrasión y tenacidad en golpes en rocas. ....	70
Tabla 13.	Clasificación de las rocas por su dureza relativa. ....	70
Tabla 14.	Coefficiente de rotura a presión. ....	71
Tabla 15.	Descripción de la cantera. ....	75
Tabla 16.	Ensayos realizados a los materiales GEOTOPSE E.I,R,L .....	80

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Datos de campo procesados en Ms-Excel para el tratamiento estadístico. ..	26
Figura 2.	Validación de coordenadas UTM.....	27
Figura 3.	Procesamiento de datos recolectados en el software Arc Gis 10.3 (vinculando a las coordenadas UTM Zona 18S). .....	27
Figura 4.	Cargar y direccionar data con extensiones procesables por Arc Gis 10.3. ..	28
Figura 5.	Edición y elaboración de Shapefiles en el software Arc Gis 10.3. ....	28
Figura 6.	Exportación de planos geológicos, topográficos, secciones, etc, en el software Arc Gis 10.3.....	29
Figura 7.	Ubicación de la zona del proyecto. ....	34
Figura 8.	Mapa de Zonificación Sísmica del Perú.....	49
Figura 9.	Mapa de ubicación del registro de actividades sísmica del Instituto Geofísico del Perú. ....	51
Figura 10.	Mapa del Perú mostrando las iso-aceleraciones, en la zona de estudio. ..	53
Figura 11.	Plano de ubicación de los peligros geológicos de la trocha carrozable en el tramo puente primavera – Huaylasjirca.....	59
Figura 12.	Plano de ubicación espacial con las 06 calicatas del proyecto. ....	62
Figura 13.	Perfil estratigráfico de las 06 calicatas tomadas para análisis. ....	69
Figura 14.	Plano topográfico de la cantera. ....	76

## ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1.	Mapeo geológico del tramo puente primavera – Huaylasjirca, realizado por el Bch. Deudor Robles, Antony. ....	32
Fotografía 2.	Zona de estudio donde se han identificado los grupos geológicos. ....	45
Fotografía 3.	Se muestra las rocas calizas, del grupo Pucara, teniendo un flujo de agua por el fracturamiento entre estas rocas.....	46
Fotografía 4.	Derrumbes de depósitos coluviales acompañados de rocas metamórficas del Complejo Marañon. ....	57
Fotografía 5.	Cantera ubicada en el km. 47+600 de la vía departamental PA-102....	76
Fotografía 6.	Fotografía de la fuente de agua, ubicado al SW del proyecto. ....	78
Fotografía 7.	Instrumentos de recolección de datos (brújula tipo brunton, picota, planos, libreta de campo).....	78
Fotografía 8.	Mapeo geológico realizado por el Bac. Antony Deudor Robles. ....	78
Fotografía 9.	Toma de muestra, para la determinación del tipo de roca. ....	79
Fotografía 10.	El equipo de trabajo antes de iniciar los trabajos de levantamiento topográfico con el equipo necesario de la estación total y prismas.....	79
Fotografía 11.	Levantamiento topográfico de la trocha carrozable. ....	80
Fotografía 12.	Vista previa de la proyección de la trocha carrozable tramo puente primavera – Huaylasjirca.....	80
Fotografía 13.	Punto de la segunda calicata realizada en la progresiva km 00+320.81	



## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

La escasa información de estudios técnicos de geología y geotecnia al momento de construir una vía en nuestro país, es muy notorio especialmente en zonas alejadas, sumados a ello se tiene que la geología del área no está estudiada a detalle, de la misma manera se tiene muchos inconvenientes al momento de desarrollar un proyecto tales como la presencia de movimientos de masa en taludes, topografía abrupta, entre otros inconvenientes que corresponden a efecto de una falta de previsión geológica y geotécnica en los procesos de diseño y construcción vial.

Por otro lado, las carreteras de nuestro país representan un importante medio de desarrollo que permite la comunicación entre las poblaciones, el acceso a servicios y recursos y la integración territorial del país. Según (Huarsaya, 2017) toda vía de comunicación exige inversión, el cual es necesario para su mantenimiento permanente con la finalidad que siempre se encuentre en condiciones favorable, importantes para la circulación de todo vehículo. La

ejecución de una trocha carrozable, constituye una necesidad prioritaria para la población de Huaylasjirca y zonas aledañas, por esta razón el presente estudio pretende elaborar un estudio geológico – geotécnico adecuado para realizar un diseño de la trocha carrozable con todos los parámetros obtenidos de las propiedades del suelo del área de estudio.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

El estudio queda delimitado espacialmente en la provincia Daniel Alcides Carrión, distrito de Yanahuanca que abarca el tramo desde la ciudad de Yanahuanca hasta el poblado de Huaylasjirca. En cuanto a la delimitación temporal la investigación duró desde diciembre del 2020 hasta diciembre del 2021 y para la delimitación teórica está basada en la teoría de la ingeniería geológica y finalmente él estudio tuvo una duración de un año.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema general**

¿Cómo elaborar el estudio geológico – geotécnico para el desarrollo de la trocha carrozable del -tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021?

### **1.3.2. Problemas específicos**

¿Cuáles son las formaciones geológicas y los peligros geológicos existentes en el terreno para el diseño de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021?

¿Cuáles son las características físico-mecánicas de las muestras de suelos de la subrasante para el diseño de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021?

¿Cuáles son las características de la canteras y fuentes de agua a ser utilizados para el desarrollo de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021?

#### **1.4. Formulación de objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Realizar el estudio geológico – geotécnico para el desarrollo de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca. 2021.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

a) Identificar las formaciones geológicas y los peligros geológicos existentes en el terreno para el diseño de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021.

b) Determinar las características físico-mecánicas de las muestras de suelos de la subrasante para el diseño de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021.

c) Identificar las características de las canteras y fuentes de agua a ser utilizados para el desarrollo de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

##### **1.5.1. Justificación teórica**

Se justifica la investigación porque constituye un aporte metodológico de los procedimientos que permitan realizar el estudio geológico – geotécnico para diseñar una trocha carrozable, los cuales serán utilizados en investigaciones similares.

### **1.5.2. Justificación social o práctica**

El presente trabajo de investigación es conveniente porque beneficiará directamente a los pobladores de la zona, y demás lugares del área de influencia; ya que la ejecución de este proyecto será la base para el progreso integral y sustentable de los pueblos beneficiarios. Considerando la necesidad de los pobladores de Huaylasjirca y de las comunidades aledañas de trasladar sus productos de estos lugares hacia Yanahuanca, facilitando el intercambio comercial e impulsando el desarrollo de dicha zona.

Se define como aquella población beneficiaria del proyecto, en este caso el distrito de Yanahuanca. De acuerdo a los Censos Nacionales de Población y de Vivienda del 2017, tiene una población de 11333 habitantes. De las cuales 5524 son varones; siendo el 48 % de la población de entre ellos el 77% viven en la zona urbana y el otro 23% en zona rural, y 5809 son mujeres; siendo el 52% de la población de los cuales el 77% viven en la zona urbana y el otro 23% en la zona rural.

### **1.6. Limitaciones de la investigación**

El presente estudio tuvo limitaciones económicas, porque se realizó varias reevaluaciones por parte de la empresa ejecutora, el cual afectó el avance en su ejecución. Asimismo, la investigación está limitado al área de estudio, por ser el terreno bastante accidentada.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **2.1.1. Antecedentes internacionales**

Gaona Tacuri, Jimmy (2013) en su tesis denominado “Estudio geológico-geotécnico de la vía El Limón – La Bocana – La Victoria en el Cantón Macará provincia de Loja”. Universidad Nacional de Loja – Loja – Ecuador (Ingeniería en geología ambiental y el ordenamiento territorial). El objetivo fue realizar un Estudio Geológico - Geotécnico de la vía El Limón – La Bocana - La Victoria. Se realizó un estudio descriptivo-analítico, síntesis e interpretativo que permitió interpretar y analizar el tiempo y espacio físico geográfico del objeto analizado. Se consideró 13 muestras, en el caso de los ensayos de cono de penetración dinámico se tuvo 52 muestras en toda la vía. Los resultados determinaron que la vía de estudio presenta un CBR con el 7% de condiciones regulares, el 63% buenas y el 30% excelentes. En conclusión, se llegó a determinar que las condiciones del suelo son buenas a excelentes para las diferentes construcciones ingenieriles de la vía.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Paredes Alayo y Alvarado Florindez (2019) realizaron la investigación denominada “Estudio del diseño de trocha carrozable de los caseríos Quillcaypirca - Adbon - Longotea- Bolívar - La Libertad - 2018”. Universidad Nacional de Trujillo - Facultad de Ingeniería - Escuela profesional de Ingeniería Civil. El objetivo fue elaborar el estudio de diseño de la trocha carrozable de los caseríos Quillcaypirca – Adbon distrito de Longotea. Corresponde a un estudio descriptivo no experimental, donde se aplicaron estudios de ingeniería. Como resultado se obtuvo una clasificación de carretera según su demanda y orografía: trocha carrozable y tipo 3 – 4. Se concluyó que el diseño de la trocha carrozable de los caseríos Quillcaypirca – Adbon del distrito de Longotea provincia de Bolívar – La Libertad, se consiguió como consecuencia la óptima vía sustentado bajo la normatividad peruana.

Torres Leveau, Franz (2019) desarrolló la tesis “Evaluación y diseño de la trocha carrozable de la carretera Dep. SM 116 Dv. San Pedro Km 5+000 Aucaloma para el mejoramiento de la calidad de vida de la localidad de Aucaloma, San Roque de Cumbaza, provincia de Lamas - 2018”. Universidad Cesar Vallejo - Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Escuela profesional de Ingeniería Civil. El objetivo fue determinar de la influencia de la Evaluación y Diseño de la Trocha Carrozable de la Carretera. El diseño de estudio fue experimental. Las muestras fueron todas las áreas críticas identificadas y analizadas. Los resultados indican que es necesario una mediación técnica considerando el respeto a la normativa actual. Se concluyó que prioridad la evaluación, diseño y construcción de la carretera.

Córdova Alvarado, Jordyn (2019) elaboró la tesis “ Evaluación de las características geométricas del camino vecinal cruce Tamborillo, caserío

Huaranguillo, El Faique Santa Fe, distrito de San José del Alto, provincia de Jaén – Cajamarca”. Universidad Nacional de Cajamarca - Facultad de Ingeniería - Escuela profesional de Ingeniería Civil. El objetivo fue evaluar las Características Geométricas del Camino Vecinal Cruce Tamborillo, Caserío Huaranguillo, El Faique, Santa Fe, distrito de San José del Alto, Provincia de Jaén - Cajamarca de Acuerdo con las Normas de Diseño Geométrico; dicha evaluación se realizó con el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018) desde el Km 0+00.00 hasta el Km 13+626.57. Al concluir la evaluación se determinó que la Carretera Cruce Tamborillo, Huaranguillo, el Faique, Santa Fe, no cumple con parámetros de diseño geométrico dispuestos en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras DG - 2018, específicamente en tramos en tangente y peraltes, por lo que se plantea mejorar la calidad con ciertos dispositivos de control para tener un tráfico vehicular seguro, cómodo y económico.

Alva Cuellar, Duglas (2021) realizó la tesis denominada “Estabilización de subrasantes blandas con agregados binarios en trochas carrozables, carretera Sandía – Yanahuaya, Puno 2021”. Universidad Cesar Vallejo - Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Escuela profesional de Ingeniería Civil. El objetivo de este estudio es emplear nuevas técnicas de estabilización de subrasantes para incrementar sus propiedades tanto mecánicas como físicas para la carretera Sandía – Yanahuaya (tramo II), progresiva (km 0+000 – km 1+000), incorporando agregados binarios procedentes de dos canteras (cantera de cerro y cantera de lecho de río), las cuales puedan cumplir con los parámetros mínimos que se encuentren en la EG-2013. Para realizar la presente tesis se empleó el método de investigación científica, debido a que se plantearon hipótesis para posteriormente contrastarla con resultados. El resultado obtenido da como 5.00% de CBR del suelo natural,

una máxima densidad seca 1.407 gr/cm<sup>3</sup> y una humedad óptima de 26.83%, así mismo se determinó que los valores de CBR para las dosificaciones 10%C-A+20%C-B, 15%C-A+15%C-B, 20%C-A+10%C-B demostraron resultados de 11.23%, 14.77%, 7.47% respectivamente. Se concluye que la incorporación de agregados binarios genera una variación positiva en los valores de CBR, Proctor e índice de plasticidad, siendo la más influyente la dosificación patrón 15% C-A + 15% C-B que logró incrementar el CBR del suelo natural a 14.77%.

Arribasplata Urbina, Edwin (2019) realizó la investigación denominada "Influencia de las características geométricas de la carretera entre C.P. Malat - San Antonio - El Tambo, distrito de José Sabogal - San Marcos - Cajamarca, para la seguridad de la Vía". Universidad Nacional de Cajamarca - Facultad de Ingeniería - Escuela profesional de Ingeniería Civil. El objetivo fue realizar el estudio comparativo de las características geométricas de la carretera y contrastar los resultados con el Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito complementaria con el Manual de Diseño de Carreteras DG-2018, para determinar la seguridad de la vía. La metodología del estudio es del tipo analítico – comparativo. Con el estudio del tráfico se determinó que es una Trocha Carrozable, con esta información se determinó la velocidad de diseño de 20 Km/h, procediéndose a la evaluación de las características geométricas, se puede apreciar que la longitud de tramos en tangente no cumple en 80%, la longitud de curva horizontal no cumple en 100 %, la pendiente no cumple en 30%, la longitud de curva vertical no cumple en 2%, el ancho de berma y calzada no cumple en 64%, sobreaño no cumple en 35% el peralte no cumple en 25% y el ancho de cuneta no cumple en un 100%. En total no cumple con las especificaciones técnicas del MPDCNPBVT, complementariamente con las DG-



2018, el 59.94 % del tramo en estudio por lo que se concluye que la carretera no presta las condiciones necesarias para facilitar la movilidad de la población, por lo que se debe abordar la incorporación de conceptos, procedimientos y metodologías que deben tomarse en cuenta durante las fases de preinversión, inversión, y postinversión de la infraestructura vial, identificando y desarrollando las consideraciones y disposiciones que deben adoptarse en materia de seguridad vial, con el propósito de que las mismas contribuyan de manera efectiva a la disminución de la probabilidad de accidentes de tránsito consiguiente pérdidas de vidas humanas, para obtener un tráfico seguro y cómodo que ayuden a garantizar la seguridad de la vía.

Hallasi Zarate, Angel (2019) desarrollo su tesis llamada “Trochas Carrozables, mejoramiento de trochas en la comunidad de Retiro del Carmen Distrito Yanatile - provincia Calca – Cusco”. Universidad Nacional De San Antonio de Abad del Cusco - Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil - Escuela Profesional de Ingeniería Civil. El Distrito de Yanatile se caracteriza por su actividad predominantemente agraria con una incipiente industrialización y una inadecuada comercialización, todo ello conlleva a que se tenga que pensar en una red vial adecuada de cobertura en términos de desarrollo, es decir, verdaderos ejes troncales de penetración tanto longitudinales como transversales, que signifiquen ventajas económicas al usuario y que finalmente satisfaga la exigencia técnica de equilibrio del costo de construcción y futura conservación vial. El presente trabajo de tesis tiene como propósito realizar el proyecto: Mejoramiento de las Trochas Carrozables en la Comunidad de Retiro del Carmen Distrito de Yanatile – Provincia de Calca - Cusco, a nivel de subrasante; contemplando el mantenimiento

vial de 07+226 Km. y apertura de 4+813.38 Km. de carretera en el sector de retiro del Carmen.

Fernández Tuni y Cuba Calizaya (2020) Desarrollo su tesis denominada “diseño de la trocha carrozable casa Blanca para el distrito de Huanchay provincia de Huaraz departamento de Ancash 2020”. Universidad Nacional de Trujillo - Facultad de Ingeniería - Escuela profesional de Ingeniería Civil. realizando una identificación a la problemática que se tiene, siendo una prioridad que se requiere solucionar el estado crítico de la vía en condiciones malas en su conservación, dificultando el transito normal de la persona, causando daño de tránsito de vehículos, además dificulta en comunicación fluida para intercambio de medios económicos.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. Estudio Geológico – Geotécnico**

Consiste en realizar estudios que permiten adquirir información geológica y geotécnica de la zona de estudio, el cual se realizará previo a cualquier proyecto, con la finalidad de encontrar las propiedades del terreno, y prevenir que ocurran inestabilidades del terreno o de la propia construcción.

### **2.2.2. Importancia de la mecánica de suelos en obras de carreteras**

La investigación de Mecánica de Suelos en trabajos de vías de transporte se efectúa con el propósito de determinar las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo. Asimismo, clasificar los diferentes tipos de materiales para corte, conocer la ubicación del nivel freático, delimitar y definir los materiales de cantera; esto nos conducen a efectuar una buena en obra y un adecuado control en la carretera

### **2.2.3 Trochas carrozables**

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014) las trochas carrozables son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día.

### **2.2.4. Geotecnia**

La geotecnia, también llamada mecánica de suelos, es la aplicación de métodos científicos y principios de ingeniería para la adquisición, interpretación y uso del conocimiento de los materiales de la corteza terrestre y los materiales de la tierra para la solución de problemas de ingeniería y el diseño de obras de ingeniería. Es la ciencia aplicada de predecir el comportamiento de la Tierra, sus diversos materiales y procesos para hacer que la Tierra sea más adecuada para las actividades humanas y el desarrollo

La geotecnia abarca los campos de la mecánica del suelo y la mecánica de rocas, y muchos de los aspectos de geología, geofísica, hidrología y otras ciencias relacionadas. La geotecnia es practicada por geólogos de ingeniería e ingenieros geotécnicos.

#### **2.2.4.1. Mecánica de suelos:**

El **estudio de mecánica de suelos** es un documento realizado por un especialista que ayuda a la planificación y construcción de un proyecto; porque determina la resistencia de tu **terreno**, su capacidad de carga, la composición estratigráfica (capas de suelo que lo componen en profundidad) y el tipo de cimentación que se recomienda usar para su construcción.

#### **2.2.4.2. Mecánica de rocas:**

La Mecánica de Rocas es la ciencia teórica y práctica que estudia las propiedades y comportamiento mecánico de los materiales rocosos ante las fuerzas internas y externas que se ejercen sobre ellos con la finalidad de predecir y controlar su comportamiento. La Mecánica de Rocas se basa en los principios de la Ingeniería Mecánica enfocada en el diseño de las estructuras de rocas generadas en la actividad minera.

#### **2.2.4.3. Geofísica:**

La geofísica es una ciencia derivada de la geología que trata del estudio de las propiedades físicas de la Tierra. Comprende aspectos como la investigación de la composición interna del planeta, el flujo de calor proveniente del interior de la Tierra, la fuerza de la gravedad que forma el campo gravitacional, la fuerza magnética de atracción, ejercida por un magneto ideal en el interior de la Tierra que crea el campo geomagnético, y la propagación de las ondas sísmicas a través de las rocas de la corteza terrestre.

#### **2.2.4.4. Hidrología:**

La hidrogeología trata del estudio integral del agua subterránea, su distribución y evolución en tiempo y espacio en el marco de la geología regional. La geohidrología se encarga de estudiar el comportamiento del agua en el ambiente geológico según las leyes de la hidráulica.

## **2.2.5. Propiedades físico - mecánicas del suelo**

### **2.2.5.1. Grado de compactación del suelo.**

Esta propiedad se mide mediante el peso unitario seco. Una de las propiedades índice que influyen directamente en el grado de compactación es el contenido de humedad, ya que el agua permite que las partículas del suelo se suavicen facilitando el proceso de conformación y compactación.

### **2.2.5.2. Esfuerzo de compactación del suelo.**

Se refiere a la energía por unidad de volumen que requiere el suelo para ser compactado exitosamente, el esfuerzo de compactación presenta una relación directamente proporcional con el peso unitario seco y una relación inversamente proporcional con el contenido óptimo de humedad y con el grado de compactación del suelo.

### **2.2.5.3. Tipo de suelo.**

Esta propiedad está conectada con el peso específico, granulometría, forma de las partículas y composición del suelo, ya que la correcta distribución permitirá al suelo resistir los esfuerzos que serán aplicados.

### **2.2.5.4. Relación de Soporte de California CBR.**

Esta propiedad determina la resistencia al corte que poseen las partículas del suelo ante la aplicación de un esfuerzo cortante, se la determina en porcentaje y relaciona la carga unitaria que necesita el suelo a analizar para ser deformado con el valor de la carga unitaria de un suelo patrón. Este valor se emplea en el diseño de pavimentos.

### **2.2.6. Fuentes de agua**

Se deberá efectuar un estudio y/o análisis de las fuentes de aguas aledañas o próximas al tramo del diseño de la trocha carrozable. Para el caso de fuentes de agua que cuenten con estudios previos, se efectuarán solamente ensayos que confirmen la calidad y potabilidad de las mismas.

Estas fuentes de agua serán calificadas por su potabilidad y cantidad, viendo si es una fuente apropiada, sin tener interferencia, ni ningún tipo de percance con los vecinos aledaños de estas fuentes de agua, dado que estas fuentes podrían ser la que dota de agua potable para su consumo diario.

### **2.2.7. Canteras**

Se deberá efectuar un estudio de canteras - fuentes de materiales para rellenos, subbase, base, pavimentos asfálticos, obras de concreto hidráulico etc. Para el caso de canteras que cuenten con estudios previos, se efectuarán solamente ensayos que confirmen la calidad y potencia de las mismas.

Las canteras serán evaluadas y seleccionadas por su calidad y cantidad (potencia), así como por su menor distancia a la obra. Las prospecciones que se realizarán en las canteras se efectuarán en base a calicatas, de las que se obtendrán las muestras necesarias para los análisis y ensayos de laboratorio.

El número mínimo de calicatas será de 6 por cantera ubicadas de tal forma que cubra toda el área de explotación y cuya profundidad no será menor de la profundidad mínima de explotación. Las muestras representativas de los materiales de cada calicata serán sometidas a la totalidad de los ensayos de calidad, a fin de determinar sus características y aptitudes para los diversos usos que sean necesarios (rellenos, subbase, base, pavimentos asfálticos, obras de concreto

hidráulico, etc.), de acuerdo al uso propuesto y especificaciones técnicas recomendadas en el presente manual.

La exploración de las canteras o fuentes de materiales debe cubrir un área que asegure un volumen de material útil explotable del orden de 1.5 veces las necesidades del proyecto.

Estos trabajos se efectuarán a criterio, experiencia y responsabilidad del Proyectista, los resultados y conclusiones que presente deben ser los representativos y con una confiabilidad aceptada, de tal manera que los materiales procedentes de las canteras seleccionadas por el proyectista cumplan estrictamente las Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras (EG-2000).

El informe geotécnico de canteras – fuentes de materiales deben incluir, al menos, la siguiente información:

- ✓ Ubicación y potencia de la cantera.
- ✓ Condiciones de explotación, tales como nivel freático, accesos, pendientes, taludes.
- ✓ Características principales de los materiales que puedan obtenerse.
- ✓ Características y propiedades de los materiales para definir su aptitud como agregados para rellenos, subbase, base, pavimentos asfálticos, obras de concreto hidráulico, etc.
- ✓ Rendimientos por tipo de uso, limitaciones o condicionantes constructivas que puedan restringir su uso (por ejemplo, condiciones de humedad, sobre tamaño, etc.)
- ✓ Propiedad y disponibilidad de uso de la cantera o fuente de materiales.

- ✓ Ubicación de las fuentes de agua y su calidad para ser usada en la obra.

**Estudio de canteras en suelos.** El interés del estudio de las fuentes de materiales de donde se extraerán agregados para diferentes usos principales como mejoramientos de suelos, terraplenes, afirmado, agregados para rellenos, sub base y base granular, agregados para tratamientos bituminosos, agregados para mezclas asfálticas y agregados para mezclas de concreto, es determinar si los agregados son o no aptos para el tipo de obra a emplear, en tal sentido se requiere determinar sus características mediante la realización de los correspondientes ensayos de laboratorio, para esto detallaremos los procesos a seguir para el estudio de las canteras

**Descripción.** Las Canteras serán evaluadas y seleccionadas por su calidad y cantidad (potencia), así como por su menor distancia a la obra. Las prospecciones que se realizarán en las canteras se efectuarán en base a calicatas, sondeos y/o trincheras de las que se obtendrán las muestras necesarias para los análisis y ensayos de laboratorio.

El estudio de canteras incluye la accesibilidad a los bancos de materiales, descripción de los agregados, usos, tratamiento, tipo, periodo de explotación, propiedad, permisos de uso y otras informaciones.

**Muestreo-** Para muestreo de los estratos revisaremos el Manual de Ensayo de Materiales del MTC vigente, norma MTC E 101. En lo no especificado en el Manual de Ensayo de Materiales, se procederá de acuerdo a lo siguiente:

- ✓ Se realizar exploraciones, por cada área menor o igual a una hectárea o la ubicación de los puntos de prospección será a distancias aproximadamente iguales.



- ✓ Las exploraciones consistirán en calicatas, sondeos y/o trincheras, a profundidades no menores de la profundidad máxima de explotación, a fin de garantizar la real potencia de los bancos de materiales. La cantidad de muestras extraídas de canteras deberá ser tal que permita efectuar los ensayos exigidos, como también ensayos de verificación para rectificar y/o ratificar resultados poco frecuentes.
- ✓ Las muestras representativas de los materiales de cada cantera serán sometidas a los ensayos estándar, a fin de determinar sus características y aptitudes para los diversos usos que sean necesarios (rellenos, afirmado, subbase, base, tratamientos superficiales, carpetas asfálticas, obras de concreto hidráulico, etc.).
- ✓ Se presentarán registros de exploraciones para cada una de las prospecciones, en donde se detallarán las ubicaciones de las prospecciones con coordenadas UTM-WGS84, las características de los estratos encontrados tales como: tamaño, forma, color, espesor de cada estrato, profundidad de la prospección, así como material fotográfico de las calicatas; de tal manera que en los registros se precisen las características de los estratos encontrados.
- ✓ Estas muestras se clasifican según Hvorslev (1949), en muestras representativas y no representativas:

**Muestras representativas.** son las que contienen todos los materiales constituyentes del estrato, del cual fueron tomadas, no han tenido ningún cambio químico. Sin embargo, su condición física o estructural, se ha alterado, además de su contenido de humedad, estas muestras se usan para llevar a cabo una

clasificación general, gracias a sus propiedades índice, y la identificación de cada material.

**Muestras no representativas.** se les conoce a las muestras, que no representan algún estrato en especial, sino que sus partículas se han mezclado con los de otros estratos o materiales, por lo cual resultan inadecuados para un examen de laboratorio, sin embargo, son útiles para establecer una clasificación preliminar, y una determinación de las profundidades a las cuales ocurren cambios mayores en los estratos, y de donde o a partir de cuándo, podemos obtener muestras representativas o no alteradas.

### **2.3. Definición de términos básicos**

#### **Calicata**

Consiste en realizar excavaciones de una profundidad pequeña o mediana en puntos elegidos del terreno. La idea de una calicata es tener una visión directa del terreno, que generalmente nunca vemos, para su caracterización y análisis.

#### **Suelo**

El suelo es un elemento natural compuesto de minerales, agua, gases y material orgánico (organismos vivos y muertos) derivadas de la combinación de factores geológicos, climáticos, biológicos las partículas que componen el suelo deben su origen a la erosión de los tipos de rocas preexistentes (ígneas, sedimentaria y metamórficas).

#### **Suelos residuales**

Los suelos residuales se originan cuando los productos de la meteorización de las rocas no son transportados como sedimentos, sino que se acumulan in

situ. Si la velocidad de descomposición de la roca supera a la de arrastre de los productos de descomposición, se produce una acumulación de suelo residual.

### **Suelos transportados**

Los suelos transportados son el producto de la acción de agentes de transporte que actúan sobre la roca madre o el suelo original entre los que vale la pena mencionar el viento, los ríos, las fuerzas de gravedad, los volcanes y los glaciares, generando depósitos eólicos, aluviales, lacustres y marinos, de piemonte.

### **Cantera**

Fuente de suministro de agregados de diferentes características necesarios para la construcción de una infraestructura sea vial o de otra índole.

### **Estudio de suelos**

Es un conjunto de tareas que nos permiten adquirir información del área de estudio.

### **Trocha carrozable**

Carretera sin afirmar construidos con un mínimo movimiento de tierras.

### **Geotecnia**

Rama de la geología que se ocupa aplicación de los principios geológicos en la investigación del terreno implicados en el diseño, la construcción y la explotación de proyectos de ingeniería en general.

### **Ensayo de laboratorio**

Son pruebas que se llevan a cabo con la finalidad de determinar las características geotécnicas de un terreno.

### **Subrasante**

Es una capa del terreno que soporta la estructura del afirmado o pavimento y que se prolonga a cierta profundidad en que no le afecte la carga que le corresponde al tránsito previsto.

### **Rasante**

Son pendientes, más o menos pronunciadas que pueden aparecer al circular por una carretera y que en muchas ocasiones nos impiden ver lo que ocurre al otro lado de las mismas

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

El estudio geológico – geotécnico influirá considerablemente en el desarrollo de la trocha carrozable tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

La identificación de las formaciones geológicas aflorantes y los peligros geológicos que más repercuten en el terreno, contribuirá significativamente en el diseño de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021.

La determinación de las propiedades físico – mecánicas de las muestras de suelos de la subrasante aportará a la elaboración de un buen diseño de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021.

La identificación de las características de las canteras y fuentes de agua son favorables para el desarrollo de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021.

## 2.5. Identificación de variables

### 2.5.1. Variable independiente:

Estudio Geológico y geotécnico.

### 2.5.2. Variable dependiente:

Trocha carrozable

### 2.5.3. Variable interviniente:

Formaciones geológicas. peligros geológicos, tipo de suelo, fuente de agua

## 2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

**Tabla 1. Operacionalización de variables**

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Estudio Geológico y Geotécnico	Fase de estudio de recoger información geológicas y geotécnicos que permiten el conocimiento del comportamiento de los materiales del subsuelo (suelos y rocas).	Es la caracterización geológica y geotécnica, mediante el análisis de muestras y cálculos.	Formaciones geológicas, peligros geológicos  Parámetros físicos-químicos.	Número de formaciones geológicas y número de eventos con peligros geológicos  Número de ensayos de mecánica de suelos.	Ficha de Observación directa  Ficha de los parámetros físico-químicos
Trocha carrozable	Son vías transitables, que no tienen las	Es el diseño de la vía mediante un levantamiento topográfico	Topografía del terreno	Angulo de talud	Ficha de observación directa.

---

características geométricas de una carretera.	determinando sus taludes y el sentido de la pendiente.	Porcentaje de pendiente
---	--	-------------------------

---

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPITULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

Es una investigación aplicada y nivel descriptivo, los resultados de la geología de trazo de la trocha carrozable poniendo énfasis en el comportamiento geotécnico, para determinar los procesos erosivos que se encuentran en el área de estudio, las propiedades físico-mecánicas de las muestras de suelos de la subrasante.

#### **3.2. Nivel de investigación**

La investigación es de nivel descriptivo porque describe situaciones temporales de un área determinada según las evaluaciones y parámetros determinados en campo, así como los ensayos de laboratorio que servirán para describir la geología y geotecnia.

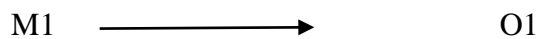
#### **3.3. Métodos de investigación**

La investigación es deductiva, pues se determinará la metodología para realizar el estudio geológico – geotécnico, utilizando datos de muestras tomadas

de las calicatas a lo largo del tramo donde se construirá la trocha carrozable, cuyos parámetros obtenidos serán analizadas e interpretadas.

### **3.4. Diseño de investigación**

El diseño de investigación que se empleará es descriptivo no experimental transversal, porque los sujetos no están establecidos aleatoriamente y no existirá manipulación deliberada de la variable y sólo se observará el fenómeno en su ambiente natural para después analizarlos y procesarlo, considerando el siguiente diseño:



Donde:

$M_1$ = número muestras tomadas en que se realiza el estudio

$O_1$ = información obtenida de las calicatas

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

La población estará representada por la extensión lineal de la zona de estudio, es decir desde el tramo puente primavera hasta la localidad de Huaylasjirca, desde la progresiva km 0+ 000 hasta la progresiva km 3+062.97, haciendo un total de de 3.0628 kilómetros de longitud.

#### **3.5.2. Muestra**

La muestra representa todos los datos geológicos y geotécnicos. El número de muestras que se estudiaron son las 03 formaciones geológicas y las muestras obtenidas de las 6 calicatas. En la toma de muestra se empleará el método no probabilístico.



### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para realizar las investigaciones geológicas y geotécnicas se utilizó las siguientes técnicas:

1. Análisis documental

Consiste en la búsqueda de información geológica y geotécnica del área de estudio para luego interpretarlos.

2. Observación de Campo

Tendrá en cuenta los datos de campo y las observaciones directas en el campo.

3. Mapeo Geológico

4. Técnica de muestreo

**Los instrumentos a utilizar serán:**

1. Guía de revisión documental

2. GPS

3. Brújula Brunton

4. Picota geológica

5. Libreta de campo

### **3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

La técnica de procesamiento de datos comprende la entrada, el proceso y la salida. Considerando que ya se realizó la recolección de datos topográficos y de las 6 calicatas, sobre una línea de eje, se tiene que tabular los datos y luego hacer un control de calidad de datos para luego seleccionar el software adecuados (Arc GIS), procesarlo y finalmente presentar los datos en tablas y figuras.

### 3.8. Tratamiento estadístico

Los datos serán ingresados al software Ms-Excel v. 2016 para el tratamiento estadístico. Los resultados han sido analizados estadísticamente y luego interpretados.

**Figura 1. Datos de campo procesados en Ms-Excel para el tratamiento estadístico.**

The image shows a screenshot of an Excel spreadsheet with the following data:

TIPO	DESCRIPCION
1	CANTERA
1	DEPOSITO M.E
1	FUENTE DE AGUA
2	YANA1
2	YANA2
2	YANA3
2	YANA4
2	PA01
3	AR1
3	AR2
3	AR3
4	F1
4	F2
4	F3
4	F4
4	F5
5	RCH1
5	RCH2
5	RCH3
5	RCH4
6	EROSION DE LADERA - QUEBRADA COSFORAGRA
6	CAIDA DE ROCAS - HUAYLASIRCA 1
6	CAIDA DE ROCAS - HUAYLASIRCA 2
6	HUNDIMIENTO

Annotations in the image:

- A yellow dashed box highlights rows 2-9, with a red arrow pointing to the text "Atributo 1: Puntos claves de la trocha".
- A yellow dashed box highlights rows 5-9, with a red arrow pointing to the text "Atributo 2: Puntos de cambio de estación".
- A yellow dashed box highlights rows 22-25, with a red arrow pointing to the text "Atributo 6: Peligros geológicos".

Fuente: Elaboración propia.

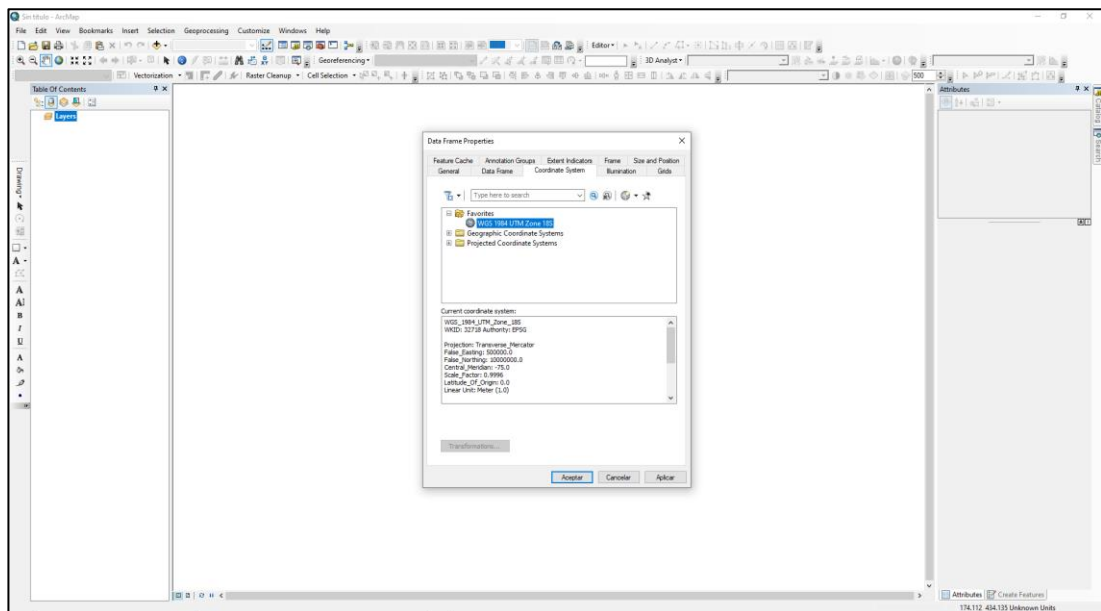
**Figura 2. Validación de coordenadas UTM.**

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	TIPO	DESCRIPCION	X	Y	Z										
1															
2	1	CANTERA	332765	8837976	3844										
3	1	DEPOSITO M.E	340604.05	8828069.3	4383										
4	1	FUENTE DE AGUA	335167	8839703	3241										
5	2	YANA1	335455.85	8839845.4	3279.797										
6	2	YANA2	335482.54	8839837	3265.592										
7	2	YANA3	335473.84	8840072.6	3116.177										
8	2	YANA4	335453.93	8840139.4	3135.432										
9	2	PA 01	363051.26	8820733.5	4363.747										
10	3	AR1	336199	8840552.3	3218.1066										
11	3	AR2	336206.02	8840563.5	3212.7303										
12	3	AR3	336208.86	8840566.2	3212.2453										
13	4	F1	336243.84	8840594.4	3189.371										
14	4	F2	336245.41	8840599.9	3185.8848										
15	4	F3	336246.07	8840605	3182.348										
16	4	F4	336245.92	8840608.3	3181.3048										
17	4	F5	336238.23	8840621.7	3173.023										
18	5	RCH1	336208.94	8840115	3097.4911										
19	5	RCH2	336207.26	8840114.1	3097.52										
20	5	RCH3	336204.14	8840118.8	3097.5143										
21	5	RCH4	336206.09	8840119.9	3097.4903										
22	6	EROSION DE LADERA - QUEBRADA QOSEORAGRA	335466.64	8839854.4	3279.797										
23	6	CAIDA DE ROCAS - HUAYLASIRCA 1	335880.99	8839998.8	3270.784										
24	6	CAIDA DE ROCAS - HUAYLASIRCA 2	335566.88	8840333.8	3097.4903										
25	6	HUNDIMIENTO	33522.47	8840082	3106.864										
26															
27															
28															

Coordenadas UTM X,  
Y, Z.

Fuente: Elaboración propia.

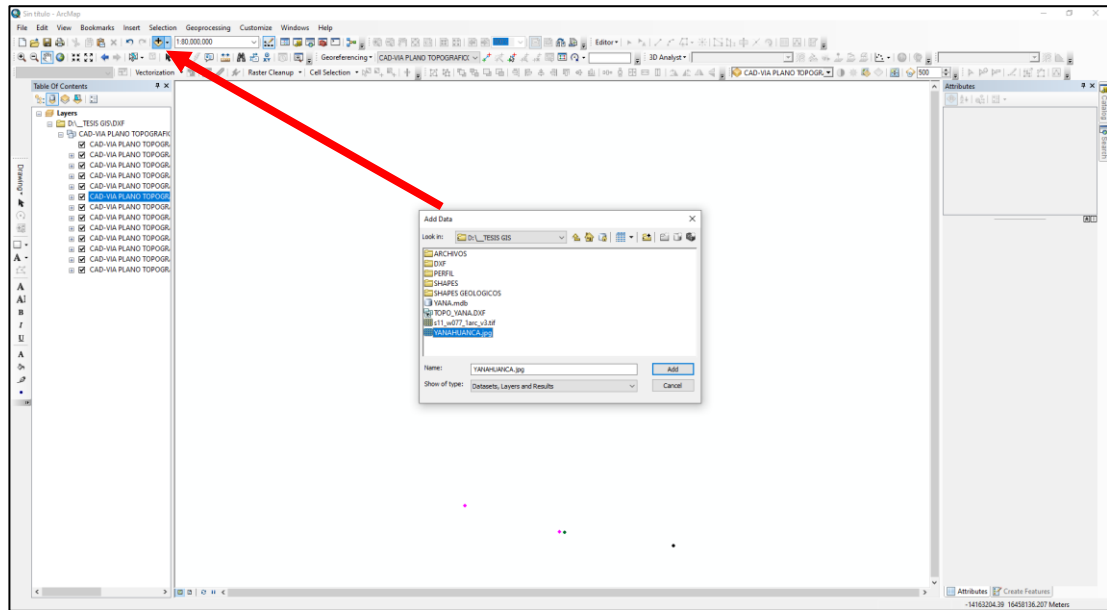
**Figura 3. Procesamiento de datos recolectados en el software Arc Gis 10.3 (vinculando a las coordenadas UTM Zona 18S).**



Fuente: Elaboración propia.

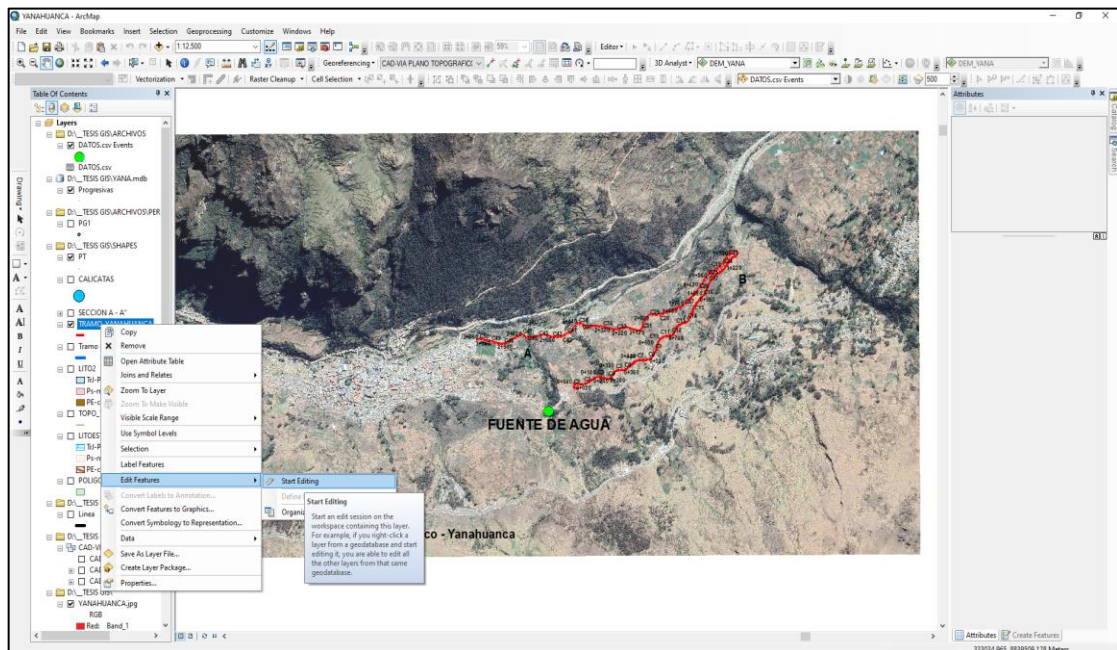
**Figura 4. Cargar y direccionar data con extensiones procesables por Arc Gis**

**10.3.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 5. Edición y elaboración de Shapefiles en el software Arc Gis 10.3.**



Fuente: Elaboración propia.

**Figura 6. Exportación de planos geológicos, topográficos, secciones, etc, en el software Arc Gis 10.3.**



Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

El estudio geológico se realizó en tres etapas, la etapa de campo y la etapa de gabinete.

##### **4.1.1 Etapa de documentación y preparación**

En esta etapa se han seguido las actividades que se mencionan a continuación:

- ✓ Recopilación y evaluación de información topografía existente.
- ✓ Elaboración de Planos base topográfico y geológico, en una escala de 1:5000
- ✓ Preparación de equipos e instrumentos para la etapa de campo.
- ✓ Elaboración de planos con imágenes de alta definición para la ubicación y acceso.

Posteriormente se realizó las siguientes actividades, los mismos que fueron con posterioridad a los trabajos de campo y comprendió:

#### **4.1.2. Etapa de campo**

En la etapa de campo se han seguido las actividades que se mencionan a continuación:

Primera fase:

- ✓ Reconocimiento de la geología regional, de los boletines del INGEMMET.
- ✓ Mapeo de la geología local en un plano a escala 1:2500
- ✓ Identificación de los sectores inestables, con ayuda de los planos con las imágenes de alta definición descargadas del software SAS Planet.
- ✓ Listado de estudios especiales que se requerirán (calicatas).

Segunda fase:

- ✓ Clasificación de los materiales de corte. Toma de muestras.
- ✓ Evaluación de taludes inestables y sectores críticos.
- ✓ Exploración geotécnica y muestreo (calicatas).

Asimismo, para la investigación geotécnica se consideró las siguientes etapas:

#### **4.1.3. Trabajos de campo**

Los trabajos de investigación de campo, se llevaron a cabo mediante la ejecución de exploraciones geotécnicas; tanto de geología aflorante y la ejecución de calicatas. En la zona de ubicación de cada área se realizó el levantamiento geológico y selección del sitio de la calicata, procediéndose finalmente a la ejecución de los mismos. Se llevó un registro continuo de la litología, anotándose las características principales de cada estrato, así como la ubicación e identificación de las muestras obtenidas. Las muestras disturbadas representativas de los diferentes horizontes tomadas en las calicatas fueron clasificadas y seleccionadas según las normas ASTM y NTP.

## **Mapeo Geológico**

Para identificar las formaciones geológicas se realizó el mapeo geológico, el cual consiste en la recolección de datos geológicos y de datos estructurales de las rocas aflorantes con ayuda del plano topográfica y de la brújula Brunton.

**Fotografía 1. Mapeo geológico del tramo puente primavera – Huaylasjirca, realizado por el Bch. Deudor Robles, Antony.**



Fuente: Elaboración propia.

## **Excavación de Calicatas**

Para determinar las características del subsuelo de la zona en estudio se realizaron calicatas de las cuales se extrajeron muestras alteradas e inalteradas para ser ensayadas en el laboratorio.



#### **4.1.4. Etapa de gabinete y post gabinete**

En esta etapa se han seguido las actividades que se mencionan a continuación:

- ✓ Análisis y evaluación de la información geológica de campo.
- ✓ Análisis y evaluación de la información de laboratorio de las muestras extraídas.
- ✓ Propuesta de diseño para los Sectores Críticos.
- ✓ Elaboración de planos, mapas secciones estratigráficas, gráficos y otros.
- ✓ Elaboración de las memorias descriptivas.

### **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

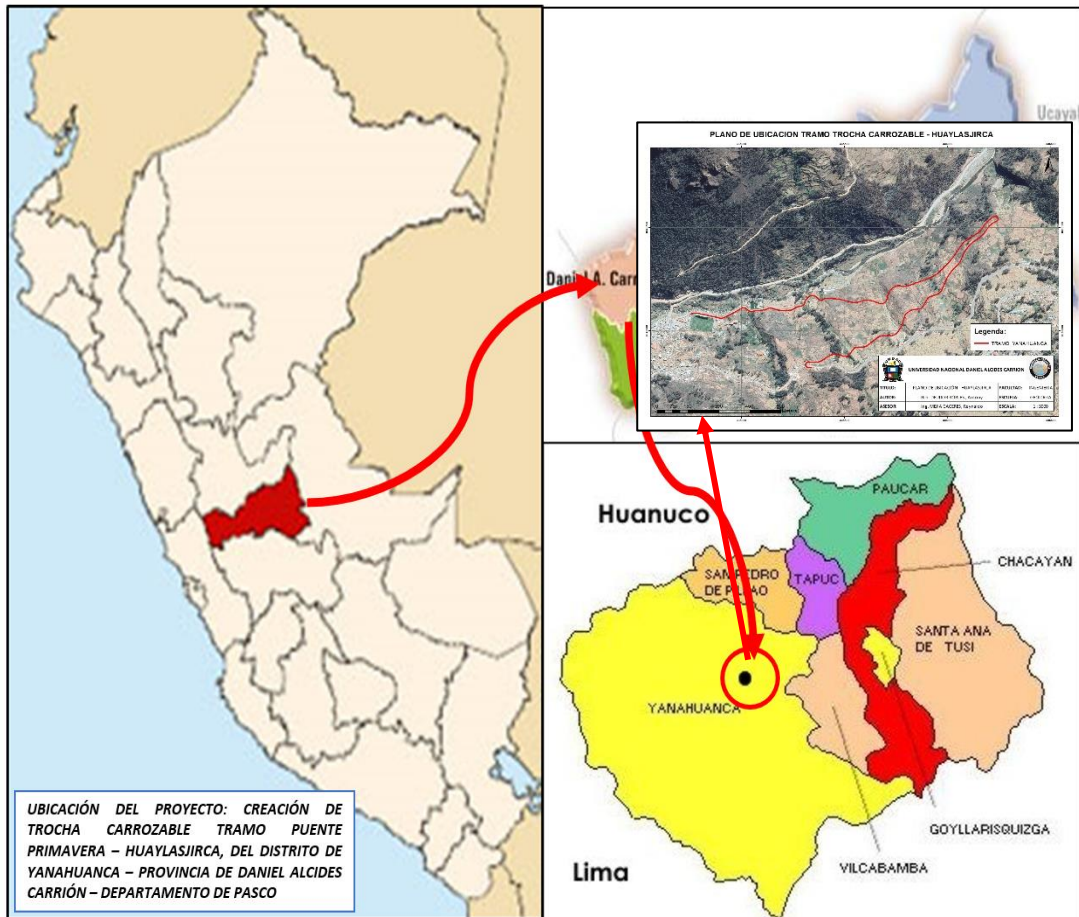
#### **4.2.1. Ubicación y accesibilidad**

El área en estudio se encuentra ubicado dentro de la jurisdicción que corresponde a la región de Pasco, provincia de Daniel Alcides Carrión y distrito de Yanahuanca.

El acceso principal, desde la ciudad de Lima, lo constituye la carretera nacional, con código de ruta N° PE-3N, más conocida como Carretera Central (Tramo: Lima – La Oroya – Cerro de Pasco) de aproximadamente 297 km de recorrido, esta vía se encuentra totalmente asfaltada y en buen estado de conservación. El tramo se recorre en un tiempo aproximado de 7.00 horas. Desde la ciudad de Cerro de Pasco, se sigue por la carretera departamental, con código de ruta N° PA-102, con dirección hacia la localidad de Yanahuanca, esta vía se encuentra asfaltada hasta el km. 41+250, el tramo restante hacia la localidad de Yanahuanca se encuentra con actividades de mejoramiento de la superficie de rodadura.

El inicio (Km. 00+000) de la carretera se encuentra en el empalme con la carretera departamental con código de ruta N° PA-102 y tiene como punto final en la proximidad del puente vehicular “Primavera“, ubicado dentro de la zona urbana de la capital del distrito de Yanahuanca.

**Figura 7. Ubicación de la zona del proyecto.**



Fuente: Mapa geopolítico del Perú, e imagen de alta definición descargada del software Sas Planet.

#### 4.2.2. Clima

##### Temperatura.

La temporada templada dura 2.6 meses; que va desde el 06 de setiembre al 26 de noviembre, y la temperatura máxima promedio diaria es de 14 °C. El día

más caluroso del año es el 1 de octubre, con una temperatura máxima promedio de 15 °C y una temperatura mínima promedio de 2 °C.

La temporada fría dura 1.50 meses; que va del 12 de junio al 28 de julio, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 14 °C. El día más frío del año es el 14 de julio, con una temperatura mínima promedio de -1 °C y máxima promedio de 13 °C.

### **Nubes.**

El promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía extremadamente en el transcurso del año. La parte más despejada del año comienza aproximadamente el 28 de abril; dura 4.90 meses y culmina aproximadamente el 26 de setiembre. El 2 de agosto, el día más despejado del año, el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 64% del tiempo y nublado o mayormente nublado el 36 % del tiempo.

La parte más nublada del año comienza aproximadamente el 26 de septiembre; dura 7.10 meses y se termina aproximadamente el 28 de abril. El 23 de febrero, el día más nublado del año, el cielo está nublado o mayormente nublado el 91 % del tiempo y despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 9 % del tiempo.

### **Precipitación.**

La temporada de lluvias dura 5.50 meses, del 24 de octubre al 8 de abril. La temporada más seca dura 6.50 meses, del 8 de abril al 24 de octubre.

El tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 22 % el 29 de febrero.

### **Lluvia.**

La temporada de lluvia dura 5.90 meses, del 14 de octubre al 11 de abril, con un intervalo móvil de 31 días de lluvia de por lo menos 13 mm. La mayoría de la lluvia cae durante los 31 días centrados alrededor del 25 de febrero, con una acumulación total promedio de 29 mm.

El periodo del año sin lluvia dura 6.10 meses, del 11 de abril al 14 de octubre. La fecha aproximada con la menor cantidad de lluvia es el 12 de agosto, con una acumulación total promedio de 1 mm.

### **Viento.**

Trataremos sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora. La velocidad promedio del viento por hora en Yanahuanca tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.

La época durante más presencia de vientos en el año dura 3.40 meses, del 5 de julio al 19 de octubre, con velocidades promedio del viento de más de 8.50 km/h. El día con más vientos del año es el 20 de agosto, con una velocidad promedio del viento de 10.00 km/h. El tiempo más calmado del año dura 8.60 meses, del 19 de octubre al 5 de julio. El día más calmado del año es el 1 de diciembre, con una velocidad promedio del viento de 7.00 km/h.

### **Geotecnia para estructura propuestas.**

La Investigación Geotécnica se realizó para definir el perfil estratigráfico y determinar, de manera cualitativa y cuantitativa, las características geotécnicas del suelo de fundación en las áreas donde estarán ubicadas las nuevas estructuras (alcantarillas) a lo largo de la vía; basándose en las Investigaciones geotécnicas de campo, por medio de trabajos de exploración (calicatas).

La información obtenida de las investigaciones geotécnicas, correlacionada con la geología local, permitió conocer las características y propiedades de los materiales confortantes del subsuelo de cada una de las estructuras.

Estas investigaciones dieron como resultado los siguientes puntos:

- ✓ Identificación y caracterización física de los suelos y rocas que conforman el área de emplazamiento de las alcantarillas.
- ✓ Caracterización y evaluación de los macizos rocosos.
- ✓ Identificación y evaluación de la geodinámica que se encuentran afectando el área de emplazamiento.

#### **4.2.3. Inventario vial**

Para la “Creación de la trocha carrozable tramo: Puente Primavera-Huaylasjrca del distrito de Yanahuanca, provincia de Daniel Alcides Carrión - Pasco”, no amerita un inventario vial porque no cuenta con plataforma y obras de arte y drenaje, señalización, cunetas, etc., es un camino que recién se va establecer.

#### **4.2.4. Estudio de tráfico**

En el tramo: Puente Primavera-Huaylasjrca, el 77.55% del volumen del tránsito está compuesto por vehículos pesados que transportan principalmente productos agropecuarios (hortalizas, tubérculos, productos varios) y ganaderos para que estos logren llegar a los mercados interprovinciales.

Del ESAL de diseño obtenido del estudio de tráfico, para las calles del presente proyecto será:  $ESAL = 3.91 \times 10$

**Tabla 2. Diseño ESAL (equivalent single axle load – carga equivalente por eje único) para el proyecto.**

N°	TIPO DE PELIGRO	PELIGRO ESPECÍFICO	PARAJE	COORDENADAS UTM - (WGS - 1984)			CUADRÁNGULO
				NORTE	ESTE	ALTITUD	
1	Otro peligro	Erosión de ladera	Quebrada Qoseoragra	8839708.00	335159.00	3293.00	21-j (Yanahuanca)
2	Caída	Caída de rocas	Huaylacirca	8839474.00	335826.00	3479.00	21-j (Yanahuanca)

Fuente: Municipalidad Provincial Daniel Alcides Carrión.

#### 4.2.5. Estudio de hidrología

Se presenta la intensidad de lluvia para cada periodo de retorno (Según la Norma OS 0.60 -100 los periodos de retorno para obras de drenaje urbano son de 25 años) y cálculo de la curva IDF de la cuenca en investigación.

Cálculo del caudal por el método racional para las áreas que escurren las alcantarillas del Proyecto.

los límites de consistencia del suelo, su humedad es apropiados, el CBR se encuentran en un rango de 21% al 71% lo cual indican que son excelentes en las 6 calicatas muestreadas.

**Tabla 3. Resultados del caudal de la cuenca.**

Descripción área de escurrimiento (microcuencas)	Área (km <sup>2</sup> )	Punto de drenaje	Long. Hidráulica (l en m)	Pendiente (s %)	Coef. Escorrentía (c)	Pend. (s /m)	Tiempo de concentración (min)	Intensidad máxima (mm/hr) a 25 años	Caudal de diseño (m <sup>3</sup> /seg)
Alto Huallaga	298.8	P1	800	62.5	0.34	0.6250	4.0117276	87.1898779	0.00246247

Fuente: Municipalidad Provincial Daniel Alcides Carrión.

#### **4.2.6. Marco Geológico Regional y Local**

En esta sección se han desarrollado las características geológicas, geomorfológicas, estructurales y geodinámicas tanto regionales y locales del área de influencia de la vía.

##### **4.2.6.1. Geología regional.**

Para la realización del estudio se ha tomado como referencia la Carta Geológica Nacional, Serie A publicada por el INGEMMET: Boletín No. 076 – Geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca, poniendo especial énfasis al cuadrángulo 21-j.

La geología del área de estudio tiene sus orígenes ligados a la tectónica regional, que inicia desde el Proterozoico hasta la actualidad. Los rasgos morfo-estructurales actuales han sido creados por el último período tectónico ocurrido entre el Cretáceo Tardío al Mío-Plioceno correspondiente al Ciclo Andino. Estos movimientos formacionales se intercalaron con períodos de estabilidad, para posteriormente producirse períodos volcánicos y magmáticos. Al finalizar este ciclo sobrevino un período netamente erosivo el cual ha originado las características actuales de este territorio.

La zona de estudio se desarrolla en el lado oeste de la mega Unidad Geomorfológica de la Cordillera Oriental, determinada por INGEMMET, la cual se encuentra constituida por un núcleo paleozoico, en partes, cubiertas por rocas del Jurásico, las cuales se encuentran

deformadas por fuertes plegamientos, fallas y sobreescurrecimientos, teniendo como basamento a las rocas metamórficas del Grupo Excélsior.

A lo largo del recorrido del camino se han identificado sectores con problemas geodinámicos del tipo: erosión ribereña, deslizamiento, derrumbes y hundimientos. Se ha encontrado sectores altamente críticos, los fenómenos más significativos corresponden a deslizamientos y los menos relevantes a caída de derrubios.

El estudio geológico local comprende los siguientes aspectos:

- ✓ Geomorfología
- ✓ Lito estratigrafía
- ✓ Geoestructuras
- ✓ Sismicidad

Geomorfológica de la Cordillera Oriental, la cual se caracteriza por ser una cadena de montañas con dirección preferencial NO-SE, de topografía accidentada con valles estrechos y zonas de erosión que forman altiplanicies.

Geodinámicamente, la región es afectada por pequeños deslizamientos, derrumbes, hundimientos, erosión por escorrentía superficial y erosión fluvial, los cuales se incrementan en la época de lluvias estacionales.

#### **4.2.6.2. Geología local.**

En el área, las rocas más antiguas están representadas por afloramientos secuencias lito-estratigráficas sedimentarias parcialmente



metamorfizadas correspondiente al grupo Excélsior, sobre yaciendo a esta formación se presenta las secuencias clásticas del Grupo Mitú, seguidamente se encuentran las secuencias calcáreas del Grupo Pucará, en general.

Cubriendo estas rocas se ubican numerosos depósitos cuaternarios recientes de variada naturaleza, estos depósitos se encuentran acumulados en los conos eyectivos de las quebradas, lechos de los ríos y/o quebradas, cubriendo -en parte- los afloramientos rocosos con una cobertura delgada; estos depósitos son de tipo coluvial, residual+

Se ha elaborado en base a la información recopilada en gabinete y los trabajos de campo efectuados en el mes de Junio, con la finalidad de reconocer las principales formaciones litoestratigráficas del área, sus características físicas, químicas y estructurales y sus implicancias ingenieriles con respecto a las obras que se ejecutarán en la carretera; también se abordan las características geomorfológicas y geotécnicas del sector estudiado (ver Anexo C).

### **Geomorfología.**

La geomorfología de la zona de estudio es una morfología de cordillera, puna, laderas cordilleranas y etapa de valles fluvio-glaciares con escarpas bien pronunciados, donde en una gran parte de su extensión hay presencia de terrenos de cultivo.

La Unidad Geográfica que corresponde a esta área de estudio es la Cordillera Oriental, que se caracteriza por sus crestas escarpadas, valles fluvio-glaciares y quebradas. Asimismo, los valles fluvio-glaciares drenan

con dirección hacia el Oriente del territorio patrio con dirección a la Selva. La región natural donde se encuentra ubicada la localidad de Yanahuanca es la quechua, que se caracteriza por tener un clima frígido con terrenos agrícolas, especialmente el maíz y una pequeña ganadería, como ovejas. Los terrenos agrícolas son formados por andenes preparados por los agricultores.

#### **4.2.6.3. Litoestratigrafía.**

##### **Complejo Marañón.**

Corresponde al Neo proterozoico, son las rocas más antiguas de la zona, consiste en esquistos, filíticos de color verde a gris según el grado de intemperismo, la estratificación tiene rumbos de NW – SE y buzamientos de 60° - 70° de NE, los paquetes tiene espesores de 0.10 hasta 0.40 metros Estas unidades afloran en la zona de Quishuarcancha.

##### **Grupo Mitu.**

Correspondientes al Pérmico superior y al Jurásico inferior, superponiéndose en discordancia angular al Complejo Marañón, son rocas sedimentarias con coloraciones rojizas, distribuyéndose como una franja como planchas, en variedades de areniscas, hasta conglomerados, tienen rumbos de NW – SE y buzamientos de hasta 50° – 70° de NE.

##### **Grupo Pucará.**

Corresponde al Jurásico inferior, son rocas de calizas grises, que se caracterizan por presentar en estratos de 0.20 a 0.40 metros de espesor

con rumbos NW a SE y buzamiento 50° NE, se presentan en la zona en la parte SW de Chogopampa y también en la parte NE de Jatunpunta.

### **Formación Pariatambo.**

Esta formación descansa concordantemente sobre la Formación Chúlec, tiene grosor de 100 m que se mantiene regularmente constante y en la cordillera de Huayhuash alcanza 500 m de espesor. La Formación Pariatambo consiste principalmente de margas marrón oscuras que tienen un olor fétido en superficie de fractura fresca.

### **Depósitos residuales.**

Están compuestos por arenas, limos y arcillas, esporádicamente presentan gravas: Son el producto de la meteorización “in situ” de rocas preexistentes y que se encuentran aflorando en los alrededores, en especial de las secuencias pelíticas (lutitas) formando los llamados suelos residuales o aluviales; estos se encuentran poco consolidados o parcialmente compactos, cubriendo, en parte, los afloramientos rocosos con una capa generalmente delgada, que puede llegar a unos pocos metros de espesor. En la zona de estudio se encuentra con espesores importantes en sectores irregulares a lo largo de la vía, generalmente en los lugares cóncavos, formando un suelo de cobertura.

Estos tipos de depósito se presentan formando zonas llanas y/o taludes de poca altura, generalmente menores a 2 metros; presentan una mediana plasticidad y estabilidad moderada, se vuelven inestables cuando se encuentran saturados, generalmente por periodos de fuertes lluvias y la carencia de obras de drenaje. En el camino bajo estudio se han inventariado

zonas con leves hundimientos y pequeños deslizamientos acontecidos sobre los depósitos residuales. Estos depósitos se clasifican como material suelto.

### **Depósitos Coluviales.**

Estos depósitos se encuentran cubriendo las diferentes laderas de los cerros, mayormente al pie de las laderas. Se han originado por procesos de meteorización física-química, transportados por la acción de la gravedad. Están compuestos por fragmentos angulares de variado tamaño, desde bolones y gravas (aisladamente fragmentos mayores), englobados en una matriz areno-limo y/o limo-arcillosa, de naturaleza cuarcítica, areniscosas, calcáreas y en menor proporción de lutitas.

Estos depósitos, por lo general, tienen poca distancia de transporte en relación a la roca de origen. Se localizan cubriendo las laderas de los cerros con una cobertura de variado espesor, se pueden apreciar mejor en los cortes del talud realizados en la construcción de la carretera.

Presentan una compacidad de moderada a buena, pudiendo aprovecharse como materiales de relleno si los fragmentos rocosos (de calizas y areniscas solamente) se encuentran poco meteorizados y/o alterados. Se clasifican como material suelto.

En taludes naturales, con cubiertas vegetales, estos depósitos se presentan estables, pero en cortes artificiales, desprovistos de vegetación, son propicios al inicio de desplazamientos del tipo derrumbes, también son afectados por la erosión por escorrentía superficial, primeramente, formando surcos y luego cárcavas muy profundas que reducen el ancho de

la plataforma de la carretera. Estos fenómenos se podrán controlar con la implementación de un buen sistema de drenaje (cunetas y alcantarillas) y un buen diseño de corte de los taludes donde se ubiquen este tipo de sedimento.

**Fotografía 2. Zona de estudio donde se han identificado los grupos geológicos.**



Fuente: Elaboración propia.

### **Geoestructuras.**

El tectonismo principal que domina estas latitudes es consecuencia del tectonismo regional del Perú, con énfasis al centro del país. Las estructuras presentes son el resultado de varias etapas de procesos tectónicos pertenecientes al Ciclo Andino, el cual deformó la superficie pre- existente dejando como consecuencia pliegues y fallas de decenas de

kilómetros, las fallas presentan dos direcciones preferenciales NO-SE y N-S.

Estas estructuras han determinado, en general, la dirección preferencial de los cauces de los ríos y quebradas de la región, así mismo, han otorgado la morfología alargada de las montañas y colinas de la zona.

### **Geoestructuras locales.**

Localmente el resultado de los procesos tectónicos se evidencia en los afloramientos rocosos por el fracturamiento y la inclinación de los estratos.

**Fotografía 3. Se muestra las rocas calizas, del grupo Pucara, teniendo un flujo de agua por el fracturamiento entre estas rocas.**



Fuente: Elaboración propia.

### **Pliegues**

El camino, en su desarrollo, atraviesa varias estructuras de este tipo, de varios kilómetros de extensión que se encuentran afectando los afloramientos rocosos, estas estructuras desde la carretera solo se observan por la dirección y buzamiento de los estratos.

### **Cizallamientos**

Viene a ser el fracturamiento de la matriz rocosa debido a las fuerzas de compresión por los procesos tectónicos, los mismos que han originado el debilitamiento de la estructura rocosa original, incrementando, en gran medida, el efecto de la meteorización en las zonas expuestas y más superficiales, originando la mayoría de las quebradas secundarias presentes en el área.

#### **4.2.7. Sismicidad.**

La ubicación geográfica el Perú, dentro del contexto geotectónico mundial “Cinturón de Fuego del Pacífico” y la existencia de la placa tectónica de Nazca, que se introduce debajo de la Placa Sudamericana, hacen de nuestro país un territorio con alto índice de sismicidad. Ello se advierte por los continuos movimientos telúricos producidos a lo largo de nuestra historia; así como por los eventos catastróficos registrados.

La tectónica de la región andina es controlada principalmente por el desplazamiento de la Placa de Nazca bajo la Placa Sudamericana, esto genera un plano de fricción de ambas placas, originando un número ilimitado de sismos de diversas magnitudes a diferentes niveles de profundidad. El profesor Hernando Tavera, del Instituto Geofísico del Perú menciona: “La placa sudamericana crece a partir de la cadena Meso-oceánica del Atlántico, avanzando hacia el noroeste

con una velocidad de 2 a 3 cm por año, encontrándose con la placa de Nazca en su extremo occidental. A su vez, la placa de Nazca crece en la cadena meso-oceánica del Pacífico y avanza hacia el este con una velocidad de 5 a 10 cm por año, hundiéndose bajo la Placa Sudamericana con una velocidad de convergencia de 7 a 13 cm por año”.

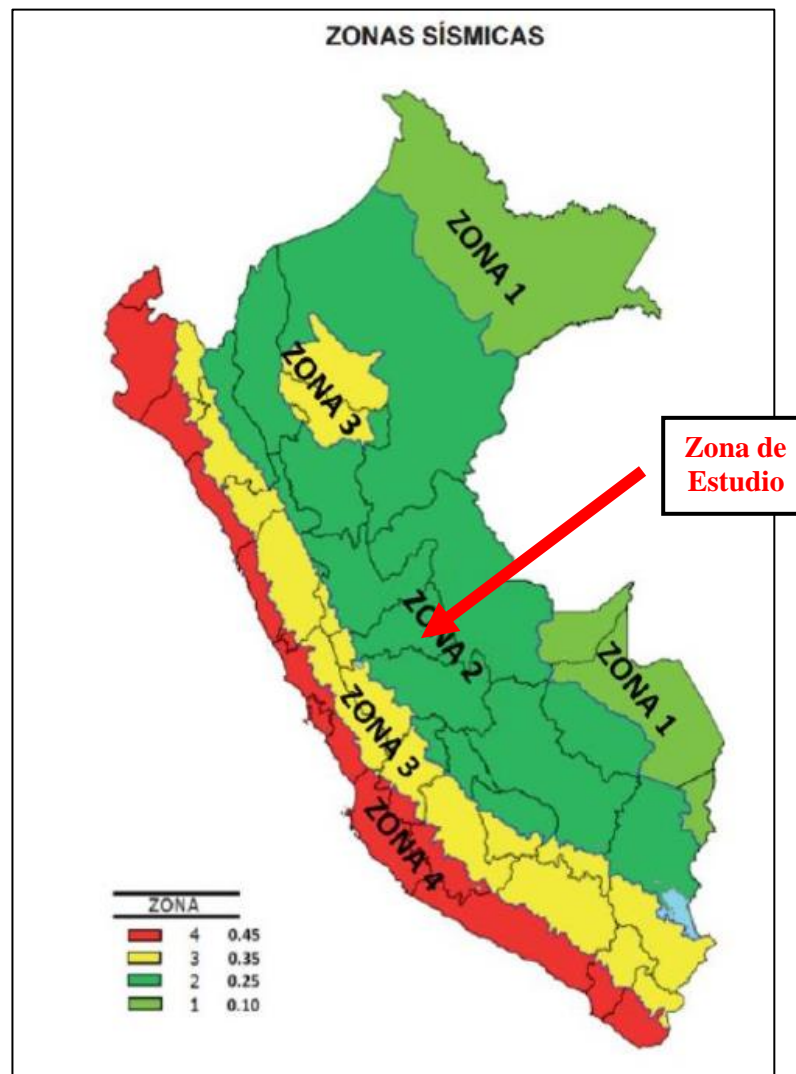
Estos sismos constituyen la principal fuente sismogénica presente en el Perú, debido a la ocurrencia de sismos de magnitud elevada de manera muy frecuente, los mismos que han producido un alto grado de destrucción y mortalidad en la zona oeste del Perú. La ocurrencia menos frecuente de sismos destructores se produce en el interior del continente, siendo esta la segunda fuente sismogénica, caracterizada por generar sismos de magnitud menor, pero al ser más superficiales son igual de destructivos que los anteriores.

### **Características sísmicas de la zona de estudio.**

El Instituto Geofísico del Perú (IGN) ha elaborado un mapa del territorio peruano en el que se establece cuatro (04) zonas de actividad sísmica (Zona 1, Zona 2, Zona 3 y Zona 4)), las cuales presentan diversas características de acuerdo a la mayor o menor actividad sísmica. Este mapa denominado Mapa de Zonificación Sísmica, ha sido tomado para elaborar la “Norma Técnica de Edificación E.030: Diseño Sismorresistente”, del Reglamento Nacional de Edificaciones, que fue aprobada por la Resolución Ministerial N° 121-2017-VIVIENDA, el 03 de abril del 2017.



**Figura 8. Mapa de Zonificación Sísmica del Perú.**



Fuente: Norma E.30 (Diseño Sismorresistente) - Reglamento Nacional de Edificaciones.

**Tabla 4. Factores de Zona “Z”**

Zona		
	4	0.45
	3	0.35
	2	0.25
	1	0.15

Fuente: Norma E.30 – Reglamento Nacional de Edificaciones

La provincia de Daniel Alcides Carrión, en su totalidad, se encuentran ubicados dentro de la Zona 3, esto significa que la superficie donde se lleva a cabo el estudio se encuentra dentro de la zona antes mencionada.

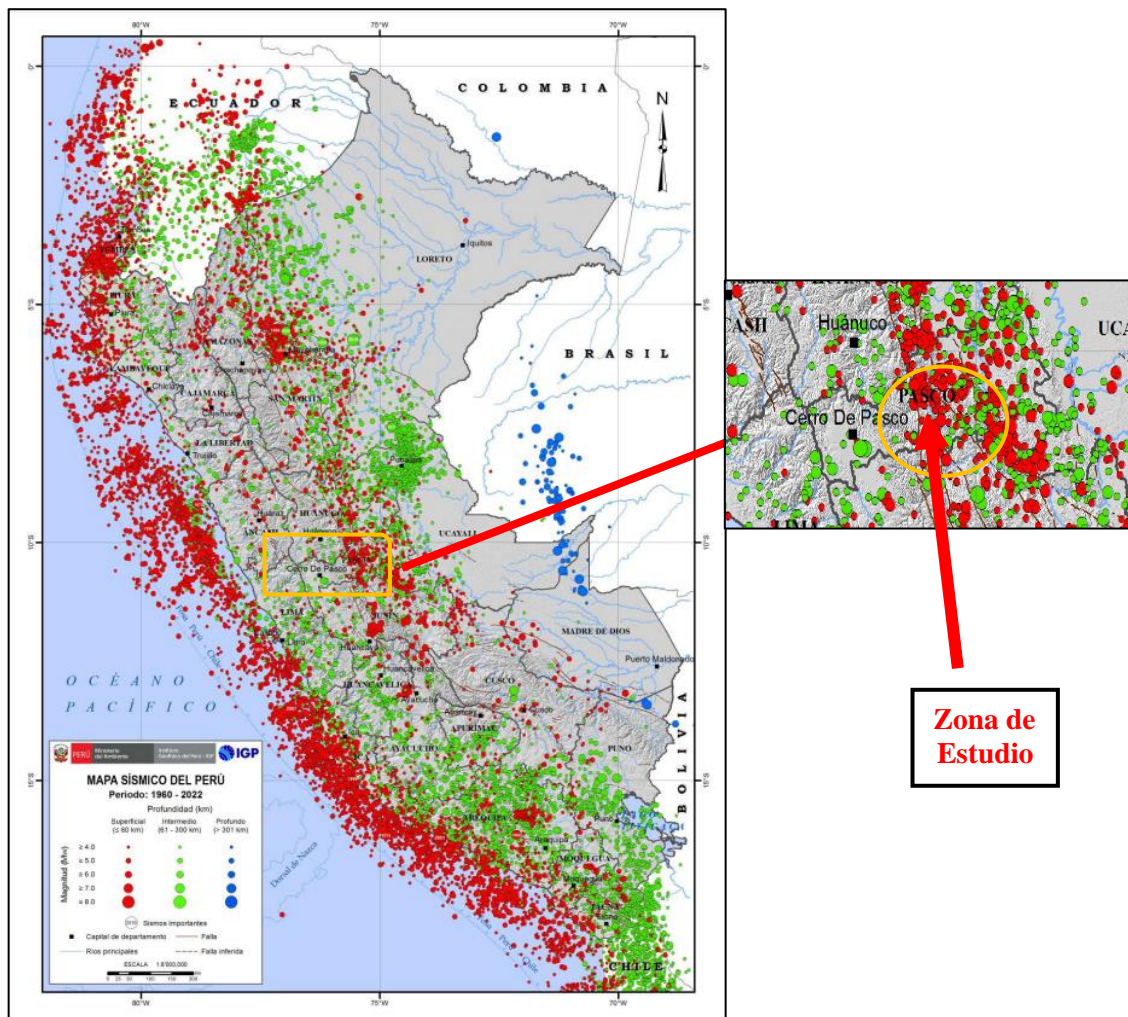
**Tabla 5. Zonificación sísmica de la provincia de Daniel Alcides Carrión y sus distritos correspondientes**

DANIEL A. CARRIÓN	YANAHUANCA	3	TODOS LOS DISTRITOS
	CHACAYAN		
	GOYLLARISQUIZGA		
	PAUCAR		
	SAN PEDRO DE PILLO		
	SANTA ANA DE TUSI		
	TAPUC		
	VILCABAMBA		

Fuente: Norma E.30 – Reglamento Nacional de Edificaciones

Regionalmente, la faja Sub Andina, donde se encuentra el área en estudio (Zona Sísmica 3), muestra la presencia de fallas regionales, tanto longitudinales, como transversales, las que eventualmente podrían ser reactivadas ya que corresponde a zonas sísmicas activas durante el presente siglo. En esta Zona los sismos tienen ocurrencia a profundidades mayores a 20 km., siendo de naturaleza superficial a intermedia y pertenecen a unidades de deformación correspondiente al Mesozoico y Paleozoico.

**Figura 9. Mapa de ubicación del registro de actividades sísmica del Instituto Geofísico del Perú.**



Fuente: Instituto Geofísico del Perú

Del mapa anterior, se determina que la zona de estudio está expuesta a una actividad sísmica de naturaleza superficial a intermedia, con sismos que tienen ocurrencia a profundidades mayores de 20 km., siendo de naturaleza superficial a intermedia (ver mapa), pertenecen a unidades de deformación Mesozoicas y Paleozoicas.

Tablas determinadas en base a la distribución espacial de la sismicidad documentada en el país, así como a las características de los movimientos sísmicos

y a las tendencias de intensidad decreciente con respecto a los epicentros registrados en el Catálogo Sísmico Nacional.

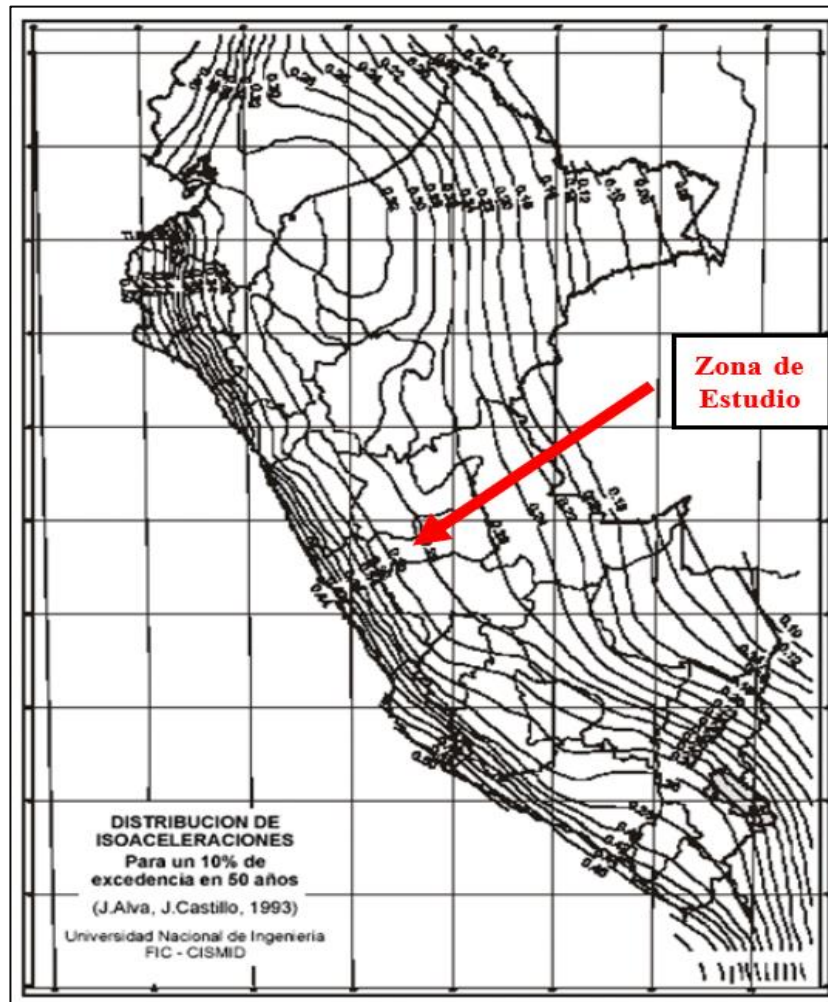
Concordantemente con un criterio práctico, la normatividad pertinente asume la división del territorio en tres zonas (según la norma NT E-0.3) y cuatro zonas (según el Manual de Diseño de Puentes), respectivamente, asignándoles sus correspondientes parámetros de aceleraciones máximas, dentro de un rango de probabilidad determinado.

De esta manera, para la Norma NTE 0.30 el proyecto se encuentra ubicado dentro del área de influencia de la Zona 2, mientras que según el Manual de Diseño de Puentes, le corresponde la Zona 3 para la que se espera que los factores de iso-aceleración máxima del terreno varíen en los extremos del proyecto entre 0.28 g. en el segmento oriental y 0.30g. en el occidental, con una probabilidad de 10% de excedencia en 50 años, tal como se indica en la figura 9 de Distribución de iso-aceleraciones expuesto en el Catálogo de Diseño de Puentes.

Para efectos del diseño, consideramos una vida útil de 50 años con la probabilidad de ser extendidas en un 10 %, conforme lo establece la normativa vigente, así mismo, es usual considerar una aceleración efectiva en vez de la máxima instrumental, considerando un 0.63 % del valor:  $a_c = 0.63 a_{máx}$ .

Por lo tanto, la aceleración efectiva para diseño estructural de obras para la zona evaluada será: 0.19 g. Para el caso de diseño de taludes y obras de retención el método pseudo estático, se usa utiliza generalmente el 50 % del valor máximo de aceleración esperada, por lo cual para la zona evaluada será: 0.15 g.

**Figura 10. Mapa del Perú mostrando las iso-aceleraciones, en la zona de estudio.**



Fuente: CISMID

### **Geodinámica externa.**

En el Perú los procesos de geodinámica externa constituyen problemas de vital importancia, ya que al poseer nuestro territorio una morfología sumamente accidentada; sumadas a las variadas condiciones climáticas presentes; contribuye a la ocurrencia continua de estos fenómenos en la Cordillera de los Andes, contrafuertes orientales y occidentales en todos los niveles y tipos de afloramientos rocosos y depósitos recientes.

La ocurrencia de fenómenos de Geodinámica Externa tiene relación directa con toda obra de Ingeniería que se planee o construya, en el caso de obras viales

incide en su desarrollo y conservación influyendo muchas veces en su paralización total o parcial y en el desembolso de ingentes sumas de dinero en su rehabilitación.

Para la generación de los fenómenos de Geodinámica Externa, intervienen directa y/o indirectamente factores estáticos y dinámicos. Dentro de los primeros consideramos los topográficos, estructurales (fallas, estratificación, fracturas, pliegues, etc.), litológicos (suelos y rocas, grado de alteración y litificación) y dentro de los factores dinámicos se encuentran principalmente los agentes hidrometeorológicos y el factor antrópico; hay que resaltar la acción de las aguas de lluvia que influyen en la inestabilidad de las masas rocosas; la actividad sísmica y la gravedad.

Como parte de la evaluación de geodinámica externa, está la identificación de fenómenos activos o potenciales dentro de la franja de vía. En todos los casos se indica el grado de nivel de riesgo de la vía ante la acción, activación y/u ocurrencia de un fenómeno geodinámica el cual este afectando o afecte la vía y/o a los transeúntes, basado en una escala cualitativa propuesta por el Instituto Tecnológico Geominero de España para la evaluación del nivel de riesgo de sectores inestables, el que divide en cuatro categorías: Riesgo débil, mediano, elevado y muy elevado.

#### **4.2.8. Peligros geológicos**

##### **Deslizamientos.**

Son movimientos de masas de suelo o roca pendiente abajo, que se desplazan respecto a otro sustrato firme por medio de una o varias superficies de falla, la masa generalmente se desplaza en conjunto pudiendo ser este movimiento lento o muy resuelto.

Estos movimientos se distinguen por la topografía que presentan, las cuales incluyen: escarpas (principales y secundarias), cabeceras, flancos, grietas y saltos.

Los factores que contribuyen a la ocurrencia de estos fenómenos son, en general, el tipo de depósito; la sobresaturación del terreno por aguas de escorrentía superficial, aguas subterráneas y de precipitación pluvial; la deforestación; así mismo la topografía es un factor importante, y la construcción de obras civiles sin sustento técnico las cuales hacen perder el soporte lateral de los taludes y predisponen el movimiento de estos materiales.

En la vía en estudio se ha localizado este fenómeno sobre los depósitos y suelos formados de la meteorización y erosión de las rocas de los grupos Excelsior y Mitu. Estos depósitos son generalmente gravo-arcillo-limosos a gravo-limo-arcillosos que, al sobresaturarse adquieren características plásticas y tienden a deslizarse pendiente abajo afectando la vía. Generalmente se encuentran ubicadas en pequeñas micro cuencas. Los deslizamientos encontrados a lo largo del tramo estudiado actualmente se encuentran limitados en magnitud y extensión, por lo cual actualmente no representan sectores altamente críticos.

**Remoción del material inestable.** propenso a deslizarse, lo cual se deberá realizar mediante maquinaria convencional evitando el uso de explosivos para evitar la activación del proceso geodinámico.

**Sellado y/o impermeabilizado.** (con arcilla) de las grietas de tracción que se ubican en el talud superior de las áreas propensas a deslizarse, con lo que se evitara la lubricación de la superficie de falla y la saturación de la masa deslizante, considerando estos protocolos a la altura del km 0+720 en la carretera hacia Yanahuanca.

**Reperfilado.** (tendido) del talud sobre el frente del deslizamiento, (H:V) de 1:1.5 y 1:2, de acuerdo a los resultados del análisis elaborado.

**Banqueteo de taludes.** altura máxima de 6.00 metros con bancos de 3 metros. A la altura del km 0+720 en la carretera hacia Yanahuanca

**Revegetación de taludes.** los cuales evitaran la saturación del talud y la erosión por escorrentía superficial y eólica.

**Derrumbes y caída de derrubios.**

Son desprendimientos repentinos y bruscos de una porción de suelo o sustrato rocoso por la pérdida de la resistencia del talud, lo cual ocasiona el colapso casi vertical de los materiales. Estos eventos son ocasionados en su mayoría por la elevada pendiente del talud; el socavamiento del talud inferior; la presencia de fallas, fracturamiento y planos de estratificación en sentido del talud; la fuerza de la gravedad; precipitaciones pluviales; sismos y/o la construcción de obras civiles.

En la zona de estudio este fenómeno tiene lugar sobre depósitos coluviales sueltos y rocas altamente fracturadas y moderadamente alteradas del Grupo Mitu, el grado de fracturamiento y la dirección de las discontinuidades predisponen su desprendimiento en los taludes de corte de la carretera y en las zonas desprovistas de vegetación.



**Fotografía 4. Derrumbes de depósitos coluviales acompañados de rocas metamórficas del Complejo Marañón.**



Fuente: Elaboración propia.

**Hundimiento.**

Este fenómeno geodinámico se caracteriza por el descenso o movimiento vertical de una porción de suelo que cede a causa de la modificación del nivel freático, licuación de arenas o por deficiente compactación de la base de la plataforma. En la carretera se manifiesta por deformación vertical de la plataforma con el consiguiente deterioro de la misma principalmente por la presencia muy somera del nivel freático y la calidad del suelo y/o roca base y/o la presencia de falso relleno en la base de la plataforma.

De acuerdo al Informe Técnico N° A6602, denominado “Evaluación de Peligros Geológicos en la Provincia Daniel Alcides Carrión - Región Pasco”,

patrocinado por INGEMMET (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico), elaborado por la Ing. Griselda Luque, se describen los fenómenos geodinámicos que se encuentran cercanas a la carretera:

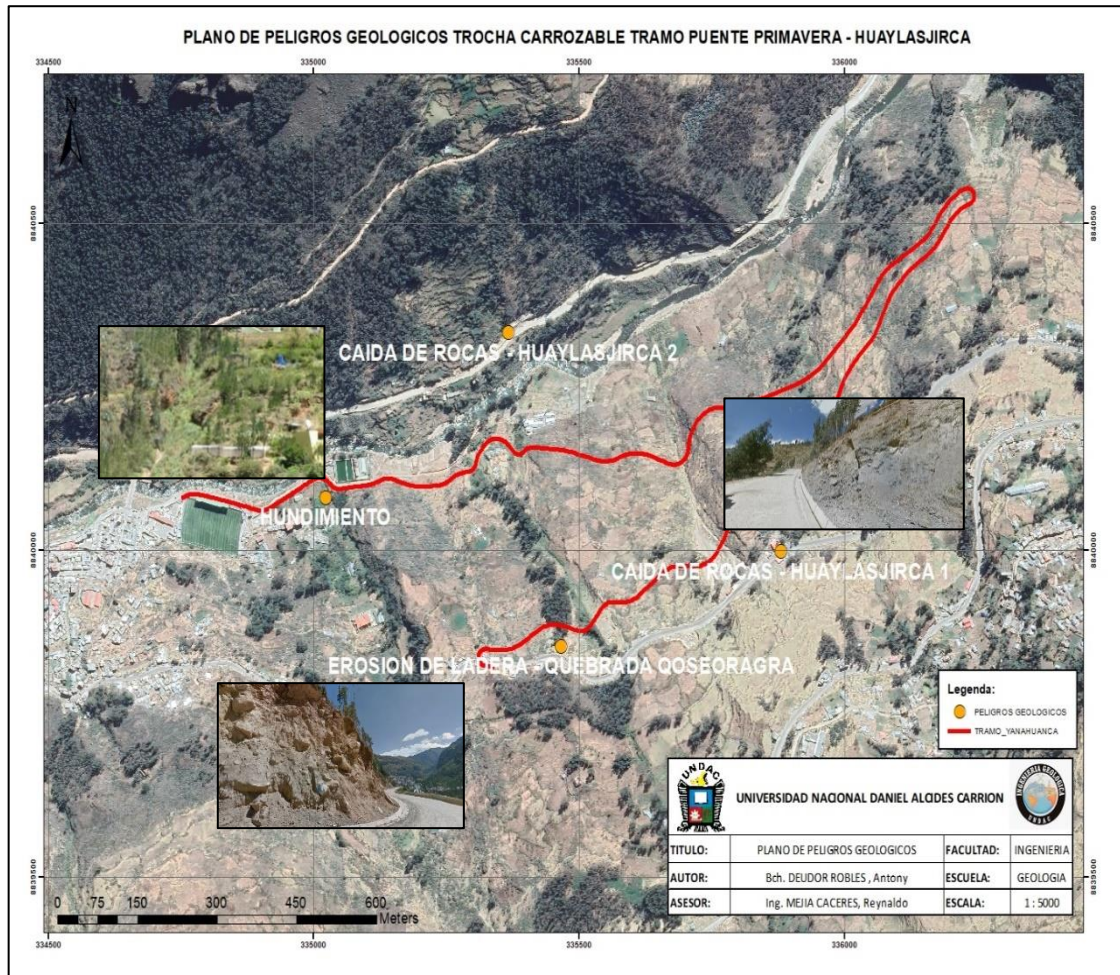
Hay que mencionar que, según el informe antes mencionado, existen dos puntos donde se encuentran ubicados los fenómenos que eventualmente pueden generar algún tipo de riesgo para la carretera que se proyecta construir.

**Tabla 6. Coordenadas UTM de los peligros geológicos ubicadas en la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021**

N°	PELIGRO ESPECIFICO	PARAJE	COORDENADAS UTM		
			NORTE	ESTE	ALTITUD
1	Erosión de ladera	Quebrada Qoseoragra	335466.639	8839854.39	3279.797
2	Caída de rocas	Huaylasjirca	335880.988	8839998.84	3270.784
3	Hundimiento	Huaylasjirca	335022.467	8840081.97	3106.864

Fuente: Al Informe Técnico N° A6602, denominado “Evaluación de Peligros Geológicos en la Provincia Daniel Alcides Carrión - Región Pasco” y evaluación en mapeo de la zona.

**Figura 11. Plano de ubicación de los peligros geológicos de la trocha carrozable en el tramo puente primavera – Huaylasjirca.**



Fuente: Elaboración propia.

#### 4.2.9. Geología del trazo.

Se describe las características geológicas poniendo énfasis en el comportamiento geotécnico de los afloramientos rocosos y depósitos cuaternarios que conforman los taludes y la plataforma de la carretera en estudio. Se ha mapeado la vía considerando sus características geológicas y geomorfológicas que en la práctica representan sectores con similar estabilidad o inestabilidad de taludes; así mismo se ha establecido las posibles implicancias de cada uno de estos sectores para el diseño geométrico del trazo de la carretera.

Para la caracterización de los sectores y el análisis de estabilidad de taludes se han utilizado las calicatas realizadas para el capítulo de Suelos y Canteras.

La estabilidad actual de los taludes está condicionada a las características ambientales presentes, por lo cual, cualquier cambio que se produzca en ellos afectará su estabilidad, por lo que se recomienda prohibir la tala de vegetación, así mismo cualquier obra de drenaje y/o ingeniería que disturbe parte del talud, como es el caso de la construcción de canales de regadío y/o caminos en el ámbito de influencia de la carretera, deberá ser analizada desde el punto de vista ingenieril mediante un estudio previo para proponer medidas que eviten la inestabilidad de los taludes. De no cumplirse estas recomendaciones, en los sectores que se alteren (disturben) posteriores a este estudio y no contemplados en el mismo, podrían producir la aparición de derrumbes, deslizamientos y/o asentamientos no contemplados en el presente trabajo.

El análisis de estabilidad de taludes se realizará por el método de equilibrio límite, el cual emplea los métodos conocidos de equilibrio límite como Bishop modificado, Jambú y Hock y Brown, a través de parámetros geotécnicos convencionales para tal análisis (ángulo de fricción, cohesión, peso unitario, napa freática, etc.). Para lo cual se utilizó la Clasificación Geomecánica RMR de Bieniawski – 1989, la misma que tiene en cuenta la resistencia uniaxial de la matriz rocosa, grado de fracturamiento, espaciamiento y condición de las discontinuidades, condiciones hidrogeológicas y la orientación de las discontinuidades con respecto al talud rocoso.

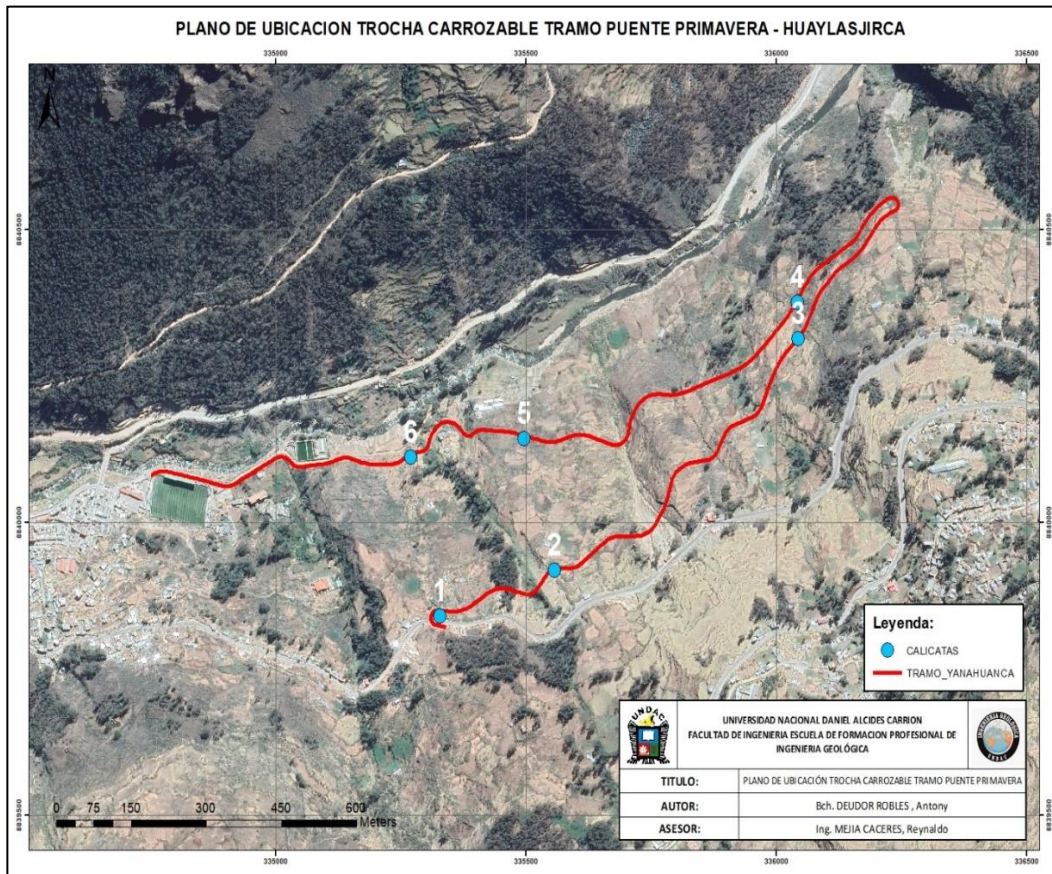
Se ha realizado la clasificación de los materiales de corte de talud, teniendo en cuenta las características litológicas, estructurales, hidrogeológicas y

geodinámicas, designando un ángulo de corte desde el punto de vista técnico y económico para garantizar la estabilidad del talud. La clasificación se ha elaborado en base a la normativa establecida en la Sección 205 – “Excavación para Explanaciones” de las normas de la DGC-MTC.

A continuación, se muestra la clasificación de suelos de las muestras ensayadas:

- **Muestras de calicata N° 01 (Paraje. 00+030 km).**  
Sectores dispersos de arena arcillosa con presencia de botonería hasta de 1 1/2” de color plomo.
- **Muestras de calicata N° 02 (Paraje. 00+320 km).**  
Sectores dispersos de arena limosa arcillosa con presencia de botonería hasta de 1” de color marrón.
- **Muestras de calicata N° 03 (Paraje. 01+000 km).**  
Sectores dispersos de arena gravosa arcillosa de color beige.
- **Muestras de calicata N° 04 (Paraje. 01+600 km).**  
Sectores dispersos de arena gravosa arcillosa de color beige rojizo.
- **Muestras de calicata N° 05 (Paraje. 02+050 km).**  
Sectores dispersos de arena arcillosa con presencia de botonería hasta de 1” de color plomo amarillento.
- **Muestras de calicata N° 06 (Paraje. 02+520 km).**  
Sectores dispersos de arena gravosa arcillosa de color beige marrón.

**Figura 12. Plano de ubicación espacial con las 06 calicatas del proyecto.**



Fuente: Elaboración propia.

#### **4.2.10. Clasificación de materiales de corte**

Se clasifica los materiales que serán excavados, removidos, cargados y transportados hasta su disposición final, estos materiales son productos de los cortes requeridos para la ampliación de la vía, excavación y nivelación de las zonas comprendidas dentro del prisma donde ha de fundarse la carretera, incluyendo taludes y cunetas; así como la escarificación, conformación y compactación de la subrasante en corte.

La clasificación es en porcentajes y toma como criterios la clasificación de la normativa de la Sección 205 – “Excavación para Explanaciones” de las normas de la DGC-MTC, en la que se determina las siguientes clasificaciones:

**Roca Fija.** Comprende la excavación de masas de rocas mediana o fuertemente litificadas que, debido a su cementación y consolidación, requieren el empleo sistemático de explosivos.

**Roca Suelta.** Comprende la excavación de masas de rocas cuyo grado de fracturamiento, cementación y consolidación permite el uso de y/o requieren el uso de explosivos, siendo este último en menor proporción que en el caso de roca fija, también están incluido en esta clasificación la excavación de bloques con volumen individual mayor de un metro cúbico ( $1 \text{ m}^3$ ), procedentes de macizos alterados o de masas transportadas o acumuladas por acción natural, que para su fragmentación requieran el uso de explosivos.

**Material Suelto.** Comprende los suelos no cementados y rocas muy alteradas y fracturadas cuya remoción solo requiere el empleo de maquinaria y/o mano de obra.

También se toma como criterio de clasificación el comportamiento natural de los taludes “in situ”; en los taludes de roca se relacionan con la distribución del sistema de discontinuidades, características del relleno y las propiedades de la roca intacta; y en los taludes conformados por un depósito cuaternario (suelo) está íntimamente relacionado con su geometría, granulometría, compacidad, cementación, presencia de agua, grado de alteración de las partículas y la susceptibilidad a la erosión.

Dada las características topográficas, climáticas y geológicas de la zona de estudio, los taludes de poca pendiente se encuentran conformados por una delgada capa de depósitos cuaternarios, principalmente por suelos residuales y/o coluviales, presentando una transición de suelo residual al substrato rocoso,

variando la base rocosa desde altamente alterada y fracturada a inalterada y sana; para determinar el límite y/o variabilidad de este contacto se efectuó una inspección visual y se realizaron pequeños piques de exploración con la ayuda del martillo de geólogo, en distintos sectores a lo largo de la vía. Existen sectores, sobre todo en las curvas de volteo, donde que la naturaleza de los materiales no permite definir exactamente la variabilidad (suelo/roca) ante, por lo cual se recomienda, para efectos de la valoración del volumen en los trabajos de movimiento de tierras, considerar un precio ponderado calculado en base a los porcentajes precisados en el cuadro “Clasificación de Materiales de Corte”, los cuales se basan en la proyección de los resultados de la exploración antes indicada.

Clasificación para estimar el índice de dureza de la roca), realizando pruebas con el martillo en cada uno de los afloramientos inventariados.

**Tabla 7. Clasificación para estimar el índice de dureza de la roca.**

Clasificación	Identificación
Muy dura	El martillo produce solamente descarillado de la muestra. Sonido metálico del golpe.
Dura	El espécimen es fracturado con muchos golpes del martillo.
Medianamente Dura	El espécimen requiere más de un golpe de martillo para ser fracturado.
Ligeramente suave	No se puede raspar o descarillar con un cuchillo de bolsillo. El espécimen puede ser fracturado con un solo golpe firme de martillo
Débil o suave	Se descarilla con dificultad con un cuchillo de bolsillo; indentado poco profundo con golpes firmes con la punta del martillo del geólogo.
Muy débil	Se descompone con golpes firmes con la punta del martillo de geólogo. Puede ser descarillado con un cuchillo de bolsillo.

Fuente: Instituto Tecnológico Geo minero de España (1994).

Posteriormente se relacionó con el criterio de ripabilidad propuesta por Weaver.



**Tabla 8. Criterio de Ripabilidad Propuesto por Weaver.**

CLASE DE ROCA	I	II	III	IV	V
DESCRIPCIÓN	Roca muy buena	Roca buena	Roca media	Roca mala	Roca muy mala
VELOCIDAD SÍSMICA (m/s)	> 2150	2150 - 1850	1850 - 1500	1500 - 1200	1200 - 450
Puntuación	26	24	20	12	5
DUREZA	Roca extremadamente dura	Roca muy dura	Roca dura	Roca blanda	Roca muy blanda
Puntuación	10	5	2	1	0
ALTERACIÓN	Sana	Ligeramente alterada	Alterada	Muy alterada	Completamente alterada
Puntuación	9	7	5	3	1
ESPACIADO DE JUNTAS (mm)	> 3000	3000 - 1000	1000 - 300	300 - 50	< 50
Puntuación	30	25	20	10	5
CONTINUIDAD DE LAS JUNTAS	Discontinuas	Poco continuas	Continuas sin relleno	Continuas con algún relleno	Continua con relleno
Puntuación	5	5	3	0	0
RELLENO EN LAS JUNTAS	Cerradas	Algo separadas	Separadas < 1 mm	Con relleno < 5 mm	Con relleno > 5 mm
Puntuación	5	5	4	3	1
ORIENTACIÓN DE LA DIRECCIÓN Y BUZAMIENTO	Muy desfavorable	Desfavorable	Poco desfavorable	Favorable	Muy favorable
Puntuación	15	13	10	5	3
VALORACIÓN TOTAL	100 - 90	90 - 70*	70 - 50	50 - 25	< 25
VALORACIÓN DE LA RIPABILIDAD	Voladura	Extremadamente difícil de reparar	Muy difícil de reparar	Difícil de reparar	Fácilmente ripable
Selección de la maquinaria	-	DD9G/D9G	D9/D8	D8/D7	D7
Potencia (CV)	-	770/385	385/270	270/180	180
KW	-	575/290	290/200	200/135	125

Fuente: Instituto Tecnológico Geo minero de España (1994).

- ❖ La puntuación por encima de 75 se considera como no ripable sin prevoladura

### Sectorización:

El tramo de estudio presenta tramos planos y también tramos accidentados.

- ✓ SUB TRAMO Z-1 (Paraje 0+000 km al Paraje 0+280 km)

Este tramo se inicia en el km. 0+000 zona de Huaylasjirca con una topografía un poco plana con una pendiente mínima de 0.50%, desde el km 0+060, el trazo continua en forma ascendente por una topografía accidentada llena de arbustos, con pendientes promedios del 5% iniciando en el km 0+180 hasta llegar al km 0+280

- ✓ SUB TRAMO Z-2 (Paraje 0+300 km al Paraje 1+080 km)

Desde el km 0+300 el tramo continua en forma regular por una topografía casi plana, con curvas suaves, estos tramos se distinguen por presentar una

pendiente negativa que varía en promedio al 8% y conformada por rocas metamórficas del Complejo Marañon con depósitos coluviales.

✓ SUB TRAMO Z-3 (Paraje 1+140 km al Paraje 1+540 km)

Desde el km 1+140, el tramo continua en forma regular por una topografía un poco accidentada, con curvas suaves, con un ancho de plataforma que va desde 4 a 5 m teniendo como tramo final al km 1+320, repitiendo en el trazo la forma y topografía con una pendiente negativa hasta el km 1+460, en donde inicia una topografía muy accidentada cubierta por arbustos hasta el tramo 1+540.

✓ SUB TRAMO Z-4 (Paraje 1+560 km al Paraje 2+340 km)

Desde el km 1+560 el tramo continua en forma regular por una topografía casi plana, con curvas moderadas, estos tramos se distinguen por presentar una pendiente negativa máxima de 12% y que varía en promedio al 8% y conformada entre las rocas sedimentarias del Grupo Mitu y las metamórficas del Complejo Marañon con depósitos coluviales.

✓ SUB TRAMO Z-5 (Paraje 2+360 km al Paraje 3+060 km).

Este último tramo se inicia en el km 2+360 donde la topografía es un poco accidentada con curvas suaves, teniendo una pendiente negativa del 3% hasta llegar al km. 2+620, donde se intercepta con una trocha ya de forma regular ya definida, hasta concluir el tramo.

#### 4.2.11. Estudio de suelos

**Tabla 9. Clasificación de suelos.**

CALICATAS	MUESTRA	PROGRESIVA	SUCS	AASHTO	HUMEDAD (%)	Límites de consistencia			Gravas	Arenas	Finos
						LL	LP	IP	%		
C-01	M-01	00+030	SC	A-2-7	19.87	44	20.77	23.23	58.69	41.31	0.74
C-02	M-01	00+320	SM-SC	A-2-4	6.50	26	19.9	6.1	57.12	42.88	0.62
C-03	M-01	01+000	GC-SC	A-2-7	8.70	56	21.45	34.55	46.64	53.36	0.46
C-04	M-01	01+600	GC-SC	A-2-7	24.00	49	21.98	27.02	50.16	49.84	0.17
C-05	M-01	02+250	SC	A-2-8	21.94	51	31.43	19.57	66.38	33.62	3.77
C-06	M-01	02+520	GC-SC	A-2-9	20.84	54	19.94	34.06	46.42	53.58	0.34

Fuente: Datos exportados por el laboratorio OCEDA J y G.

**Tabla 10. CBR (California bearing ratio).**

CALICATAS	MUESTRA	PROFUNDIDAD (m.)	PROGRESIVA	SUCS	AASHTO	M.D.S. (gr/cm <sup>3</sup> )	O.C.H. (%)	CBR al 100%	CBR al 95%
C-01	M-01	1.50	00+030	SC	A-2-7	1.844	8.50	21.00	16.00
C-02	M-01	1.50	00+320	SM-SC	A-2-4	1.954	7.00	28.40	24.50
C-03	M-01	1.50	01+000	GC-SC	A-2-7	2.072	7.80	61.00	21.00
C-04	M-01	1.50	01+600	GC-SC	A-2-7	1.879	7.60	66.24	18.00
C-05	M-01	1.50	02+250	SC	A-2-8	1.963	8.80	70.02	26.50
C-06	M-01	1.50	02+520	GC-SC	A-2-9	1.931	8.20	71.91	24.00

Fuente: Datos exportados por el laboratorio OCEDA J y G.

## Calicatas

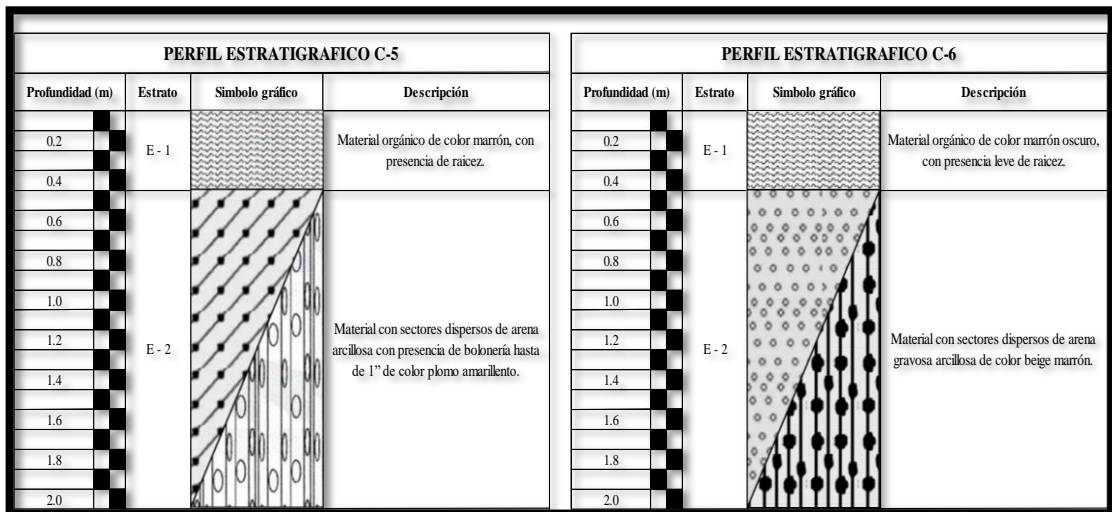
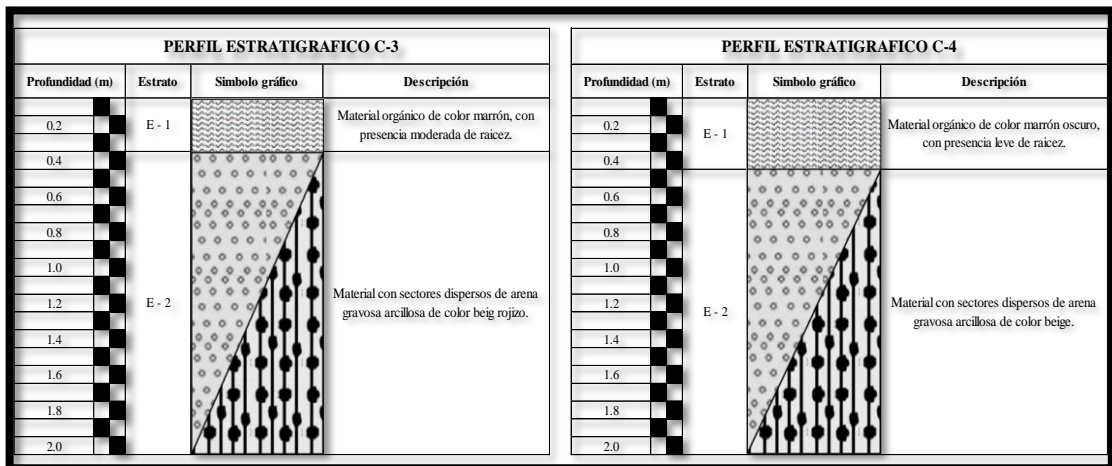
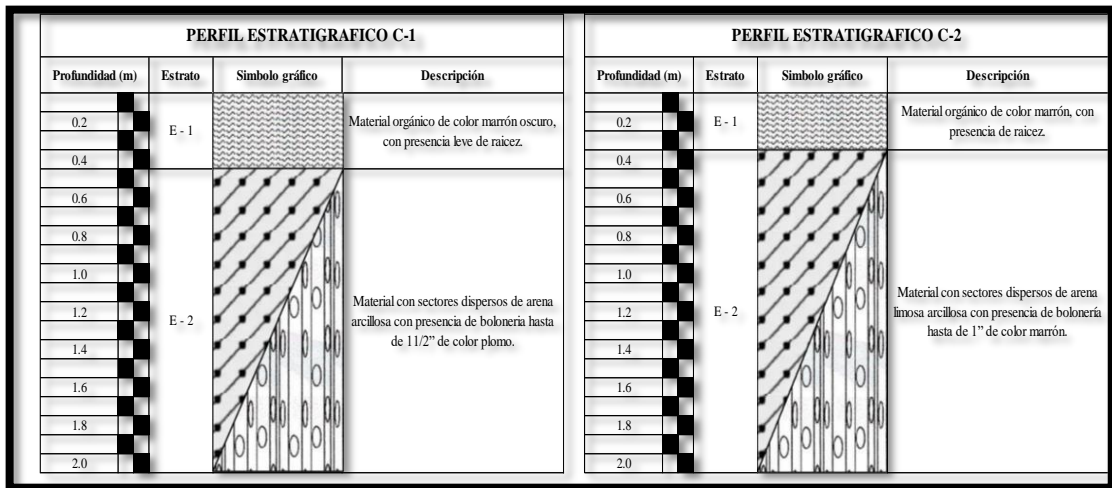
**Tabla 11. Características físicas del suelo.**

CALICATA	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5	C-6
PROGRESIVA	00+030	00+320	01+000	01+600	02+250	02+520
Profundidad (m)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
% Pasa Tamiz N° 4	37.35	42.89	44.94	44.58	41.86	46.64
% Pasa Tamiz N° 200	1.01	2.94	3.55	3.54	2.15	0.94
Limite Liquido (%)	40.00	41.00	42.00	42.00	43.00	52.00
Indice Plástico (%)	20.91	20.91	22.91	23.91	24.91	31.00
Contenido de Humedad (%)	27.76	24.56	20.94	21.04	22.06	22.88
Angulo de fricción interna	22°	22.6°	23.1°	22.6°	23.1°	23.1°
Cohesión (Kg/cm <sup>2</sup> )	0.04	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06

Fuente: Datos exportados por el laboratorio OCEDA J y G.

La investigación es de tipo aplicada y de nivel descriptivo. los resultados de la geología de trazo de la trocha carrozable poniendo énfasis en el comportamiento geotécnico, para determinar los procesos erosivos que se encuentran en el área de estudio, las propiedades físico-mecánicas de las muestras de suelos de la subrasante. los límites de consistencia del suelo, su humedad es apropiados, el CBR se encuentran en un rango de 21% al 71% lo cual indican que son excelentes en las 6 calicatas muestreadas. Las muestras de las canteras tomadas y analizadas demostraron la factibilidad de usar dichos materiales teniendo en cuenta las Especificaciones Técnicas para las obras indicadas para la Construcción de Carreteras (EG2000).

**Figura 13. Perfil estratigráfico de las 06 calicatas tomadas para análisis.**



Fuente: Elaboración propia.

## Voladura de rocas y procesos de excavación.

En la carretera se han observado materiales rocosos, constituidos por estratos de areniscas cuarzosas, calizas y filitas pizarrosas. Las areniscas y la caliza se clasifican como rocas fijas, estas rocas tienen densidad aparente de 2,000 a 2,800 kg/m<sup>3</sup>, dureza de 27 a 31, tenacidad de 1,8 a 1,9 y coeficiente de expansión de 2,0, no se evidencia presencia de agua.

**Tabla 12. Coeficiente de dureza, abrasión y tenacidad en golpes en rocas.**

COEFICIENTE DE DUREZA, ABRASION Y TENACIDAD AL GOLPE EN ROCAS					
TIPO	DUREZA	PDN (1)	ABRASION (2)	TENACIDAD	PDN (3)
Caliza	27	22 %	2,6	1,9	13 %
Arenisca	31	23 %	1,5	1,8	9 %
Pizarra	56	9 %	3,3	3,7	17 %

(1) Altura de rebote de martillo con punta de diamante en cm con el Escleroscopio de Shore. PDN: porcentaje de desviación normal.  
 (2) Pérdida de volumen en % de la muestra original por desgaste de molino de acero, a presión de 0,6 kg/cm<sup>2</sup> a 30 rpm. Ensayo de abrasión Deval, máquina Dorry.  
 (3) Altura de caída de martillo patrón en cm hasta la rotura de la muestra, con probeta de roca de 1 pulgada de altura por 1 pulgada de diámetro. PDN: porcentaje de desviación normal. El granito corresponde a dureza 6 a 8 en la escala de Mohs.

Fuente: Manual Práctico de Voladuras - EXSA

**Tabla 13. Clasificación de las rocas por su dureza relativa.**

CLASIFICACION DE ROCAS POR SU DUREZA RELATIVA ESCALA PROTODIAKONOV					
CATEGORIA	GRADO DE DUREZA	TIPO DE ROCA	COEFICIENTE DE DUREZA	PESO VOLUMETRICO (t/m <sup>3</sup> )	COEFICIENTE DE EXPANSION
I	Extremadamente duras, altamente tenaces	Cuarzitas y basaltos muy duros y densos	20	2,80 a 3,00	2,20
II	Muy duras y tenaces	Granitos muy duros, frescos, pórfidos	15	2,60 a 2,70	2,20
III	Duras, tenaces	Granito compacto y rocas graníticas (ácidas), calizas y areniscas muy duras, conglomerados cementados, minerales de hierro compactos, andesita, gneiss	10	2,50 a 2,60	2,20
IV	Duras, con tenacidad intermedia	Calizas duras, granito blando, areniscas duras, mármol duro, dolomitas	8	2,50	2,00
V	Relativamente duras, intermedias	Arenisca común, minerales de hierro. Esquistos arcillosos y arenáceos, pirita, filita	6	2,50	2,00

Fuente: Manual Práctico de Voladuras - EXSA

El coeficiente de rotura de 500 a 1800 kg/m<sup>3</sup> para la voladura, esta roca se considera intermedia.

Velocidad de propagación de la frecuencia sísmica en estas rocas son de entre 2,000 – 4,500 m/s.

**Tabla 14. Coeficiente de rotura a presión.**

ROCA	COEFICIENTE DE ROTURA A COMPRESION (kg/cm <sup>2</sup> )
Arenisca	500 a 1 800
Basalto	2 500 a 3 500
Caliza	600 a 1 500

Fuente: Manual Práctico de Voladuras - EXSA

Para la voladura de estas rocas se recomienda usar carga compartida, de dinamita de 45% de ANFO y espacios libres (arena) con barrenos de 6 pies de largo (1.80 m) y diámetro de 1 ½ pulgada, en posición sub-vertical. Esta recomendación no es restrictiva, en cada caso el ejecutor de la obra deberá evaluar las características particulares (fracturamiento, dirección de las capas y alteración), del tramo a realizar las voladuras y determinará de acuerdo a su experiencia la combinación y método más adecuado.

Aquellos materiales que no requieran del uso de explosivos, constituyen el material común que puede ser excavado y retirado con equipo pesado convencional, sea tractores sobre oruga (incluido Ripper para el desgarrar que necesariamente se tiene que efectuar) de potencia mínima 300 HP, y/o excavadoras hidráulicas de 220 HP mínimo cuando se corte taludes donde por el ancho de corte el tractor no pueda maniobrar, pues la constitución y estructura de

estos materiales comunes muestran estar disgregados en fragmento o se encuentren sueltos.

El proceso de excavación deberá seguir como mínimo el siguiente proceso:

- ✓ Previo al inicio de las excavaciones, se deberá retirar la cobertura vegetal (Top Soil) existente y reservarlo en los lugares apropiados.
- ✓ Posteriormente, se procederá con la excavación utilizando los equipos designados (tractores sobre orugas con Ripper y/o excavadoras hidráulicas), hasta que estos no puedan retirarlo, dejando expuestos en consecuencia, la superficie del lecho rocoso.
- ✓ Posteriormente, si todavía no se ha llegado hasta los límites de la caja de la sección proyectada, que constituye el límite de la excavación, se procederá a realizar las perforaciones y el disparo de la superficie expuesta, hasta alcanzar dichos límites.

Aspectos a tener en cuenta:

- ✓ El trabajo se realiza arrancando el material y cargando en una sola maniobra con un giro de 90°, menor si es posible.
- ✓ Un camión debe esperar mientras carga otro, ya que el costo de la excavadora es del orden de al menos dos veces el de un camión.
- ✓ La excavación se realizará en uno o varios bancos de 2 m. de profundidad aproximadamente, dependiendo de la altura y estabilidad de los mismos y de la superficie de la planta.
- ✓ Los taludes se dejan con su perfil aproximado y si las características lo permiten, ya terminado de no ser así, se reperfilará.



- ✓ Mantener la zona en óptimas condiciones de drenaje. Para ello las plataformas de trabajo tendrán pendientes del orden del 4%, evitando erosiones en los taludes, desviando y conduciendo las aguas que puedan incidir sobre los taludes y perfilando las cunetas.
- ✓ Durante toda la ejecución de las tareas, controlar la estabilidad de los taludes y la aparición de grietas indeseables o materiales de calidad inferior a la esperada en orden a su tratamiento específico.
- ✓ La tierra vegetal, que no se haya extraído en el desbroce, se acopiará aparte para su posterior uso, cuidando que en el transcurso del tiempo no se estropee por falta de aireación o drenaje.
- ✓ Antes de cargar el material para su inmediata utilización, medir la humedad u corregirla llevándola a los niveles requeridos.
- ✓ No se recomienda efectuar excavación por socavación y desplome.
- ✓ Previo a la ejecución de los trabajos, obtener los permisos correspondientes al vertido de los productos sobrantes a vertedero autorizado.
- ✓ Para realizar el replanteo con berma intermedia, indicando en la estaca superior la diferencia de cotas entre ella y la berma, y una vez alcanzada, utilizar la estaca de borde como nueva estaca de cabeza de desmonte.
- ✓ Evitar arreglos que siempre son costosos. La comprobación de taludes debe hacerse lo antes posible.
- ✓ Para ello, se comprobará cada 40 m. que las irregularidades del terreno sean menores de 1/50 de la diferencia de cota entre cabeza de desmonte y pie de talud.
- ✓ Para los movimientos de tierra, el agua es un factor muy importante para considerar. Deberá canalizar las aguas superficiales alejándolas de las

explicaciones y, por el contrario, si pierde humectación, debe estar siempre atento para regar si así se requiere.

#### **4.2.12. Ubicación de canteras:**

La cantera se encuentra ubicada dentro de la jurisdicción de la localidad de Palca, cuyas coordenadas UTM son:

- ✓ Este = 332765 m.
- ✓ Norte = 8837976 m.
- ✓ Cota = 3844 m.s.n.m.

#### **Estudio de las canteras.**

**Objetivo.** Identificar y caracterizar las diferentes canteras de material de afirmado que serán usados en la obra.

Las obras de arte llamados menores, consistentes en alcantarillas y badenes también necesita agregados gruesos y finos.

#### **Depósito de material excedente.**

Se encuentra ubicada dentro de la jurisdicción de la localidad de Tambopampa. Cuyas coordenadas son:

- ✓ Este = 340604.05 m.
- ✓ Norte = 8828069.26 m.
- ✓ Cota = 4383 m.s.n.m.

#### **Descripción de las canteras**

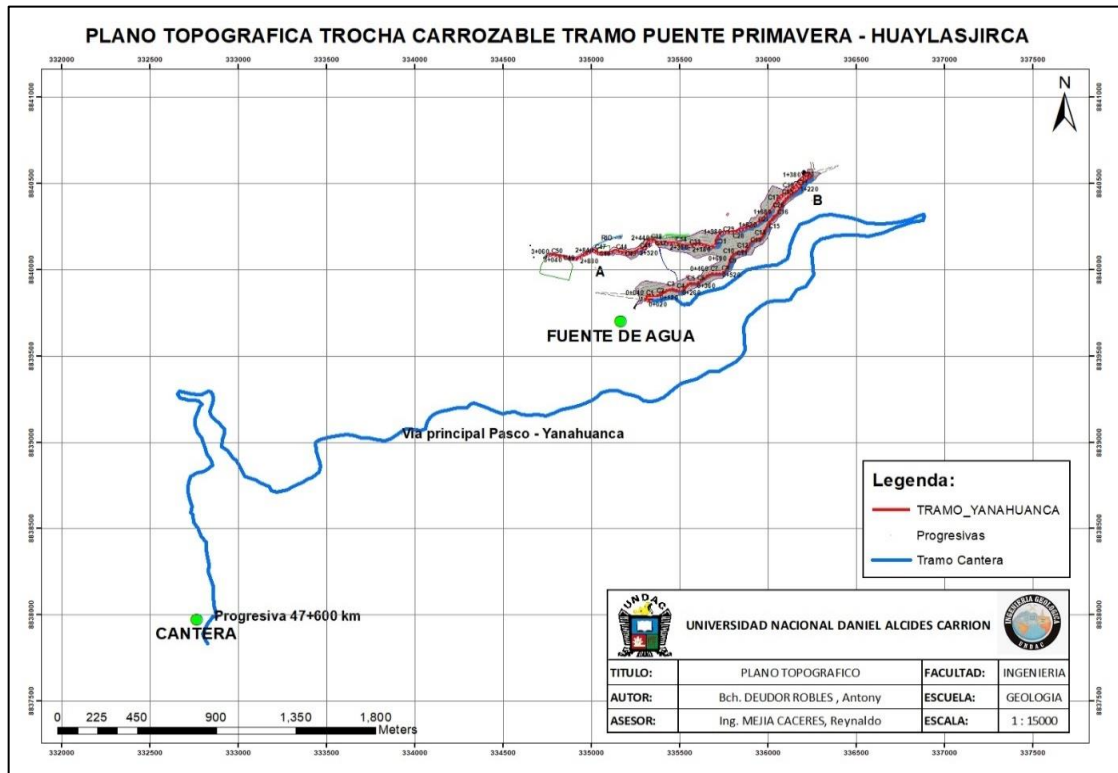
Las características observadas en campo, los resultados de los ensayos de Laboratorio de Mecánica de Suelo y la clasificación visual de los materiales nos permiten inter como también describir las características físico- mecánicas del

material recomendando su utilización o descartando de acuerdo a su calidad para cada una diferentes obras propuestas en el presente Estudio. Los estratos encontrados en el de campo se han clasificado según AASHTO y SUCS y ensayados según la Norma EM-20 MTC. Las características de las Canteras Localizadas son las siguientes:

**Tabla 15. Descripción de la cantera**

<b><u>CANTERA N°01</u></b>			
Progresiva: <b>Km 47+600</b> , lado izquierdo de la vía departamental PA-102. Ubicada a 10.650 km. de la vía.			
<b>ÁREA DELIMITADA PARA EXPLOTACIÓN:</b> 20,350.81 m <sup>2</sup>			
<b>USO: AFIRMADO</b> <b>POTENCIA: 65,814.520 m<sup>3</sup></b>			
<b>VERTICE</b>	<b>Norte</b>	<b>Este</b>	<b>Cota (m.s.n.m)</b>
01	8838062.259	332623.559	3903
02	8838057.241	332665.182	3879
03	8838053.741	332711.99	3875
04	8838050.75	332784.732	3903
05	8838034.307	332786.309	3848
06	8838009.861	332755.672	3903
07	8837980.226	332743.034	3903
08	8837954.173	332747.36	3903
09	8837903.164	332749.601	3867
10	8837898.598	332662.227	3903

**Figura 14. Plano topográfico de la cantera.**



Fuente: Elaboración propia.

**Fotografía 5. Cantera ubicada en el km. 47+600 de la vía departamental PA-102.**



Fuente: Elaboración propia.

### **Trabajos de investigación de campo.**

La cantera que tiene material aparente para el empleo en el afirmado y obras de arte que se presupuestarán en el Estudio Definitivo del proyecto con 03+063 km.; son las que líneas más abajo describiremos. Las canteras de acuerdo a su calidad se han seleccionado para los usos correspondientes a cada obra y se distribuyen de la siguiente manera:

Las cantera analizada y factible se ubica en el km. 47+600 del camino departamental PA-102, donde se procesará el material, no fue necesario realizar exploraciones y sondeos porque los materiales se encuentran están cerca de la obra y es lo mejor que se encontró en nuestro recorrido.

#### **4.2.13. Fuentes de agua**

La fuente de agua se encuentra ubicada aproximadamente a 200 m del punto de inicio, teniendo su apertura en las rocas calizas del Grupo pucara, cuyas coordenadas UTM son:

- ✓ Este = 335167 m.
- ✓ Norte = 8839703 m.
- ✓ Cota = 3241 m.s.n.m.

**Fotografía 6. Fotografía de la fuente de agua, ubicado al SW del proyecto.**



Fuente: Elaboración propia.

#### **Ubicación del área de estudio.**

La ubicación de la vía, materia del presente estudio se encuentra en el Distrito de Yanahuanca, Provincia de Daniel Carrión, Región Pasco.

Geográficamente se encuentra ubicado entre las coordenadas UTM:

#### **Inicio (km. 00+000.00)**

- ✓ **Norte** = 8'839,821.72 m.
- ✓ **Este** = 335,340.64 m.
- ✓ **Cota** = 3273 m.s.n.m.

#### **Fin (km. 03+063.00)**

- ✓ **Norte** = 8,840,080.06 m.
- ✓ **Este** = 334,750.55 m.

✓ **Cota** = 3115 m.s.n.m.

#### **Acceso al área de estudio.**

El acceso al área en estudio puede ser efectuada por vía terrestre mediante la Carretera Pasco – Daniel A. Carrión (Yanahuanca), punto de inicio del presente Proyecto ubicado en el Emp. PA-102, km 58+250. Asimismo, el acceso al área del Proyecto se puede realizar desde Lima hasta Cerro de Pasco mediante vía terrestre para luego continuar hasta el distrito de Yanahuanca y luego al punto de inicio del Proyecto por vía terrestre según lo indicado anteriormente.

#### **4.2.14. Ensayos de laboratorio**

##### **Planificación y relación de los ensayos de laboratorio**

Los materiales disturbados extraídos en la investigación de campo, fueron procesados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos GETOPSE E.I.R.L., que posee equipos calibrados y certificados, empleando las normas ASTM y EM-2000- (MTC) vigentes.

De los materiales obtenidos en cada cantera, se tomaron muestras para determinar sus características físico – mecánicas y químicas en el Laboratorio, así como también su calidad como agregados para la estructura del pavimento.

Las muestras representativas de los materiales de cada cantera se han sometido a los ensayos mínimos, de tal forma que se cubra toda el área y volumen de explotación.

El programa de ensayos comprendió los que se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 16. Ensayos realizados a los materiales GEOTOPSE E.I,R,L**

➤	Analisis Granulométrico	<b>MTC E 107 (ASTM-D-422)</b>
➤	Limites de Consistencia	
	• Limite Liquido	<b>MTC E 110 (ASTM-D-423)</b>
	• Limite Plástico	<b>MTC E 111 (ASTM-D-424)</b>
➤	Peso Unitario y Absorción (Agregado Grueso)	<b>MTC E 206 (ASTM-C-127)</b>
➤	Peso Unitario y Absorción (Agregado Fino)	<b>MTC E 205 (ASTM-C-128)</b>
➤	Resistencia al desgaste por abrasión empleando la Maquina de los Angeles	<b>MTC E 207 (ASTM-C-128)</b>
➤	Modulo de fineza	<b>MTC E - ITINTEC 400.0 37</b>
➤	Clasificación de SUCS	<b>ASTM-D-2487</b>
➤	Clasificación de AASHTO	<b>ASTM D-3282</b>
➤	Análisis Quimico	

Fuente: GEOTOPSE E.I,R,L

### **4.3. Prueba de hipótesis**

#### **4.3.1. Hipótesis general**

Se elaboró el estudio geológico consistiendo en una recolección de datos geológicos de la zona y estrictamente la geología de la trocha carrozable determinando las formaciones geológicas, la geomorfología, litoestratigrafía, las geoestructuras, los cuales se utilizaron para la interpretación y aplicación. En el estudio geotécnico se definió los parámetros geotécnicos para diseñar la trocha carrozable. En general con ambos estudios se ha podido diseñar la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca . Por tanto, se demuestra que se cumplió la hipótesis planteada.

#### **4.3.2. Hipótesis específica**

Se identifico 03 tipos de formaciones geológicas en el mapeo de la zona del proyecto, y también 03 tipos diferentes de peligros geológicos considerando los hallazgos y resultados de datos tomados a lo largo de la trocha carrozable, identificándolos cada uno en tramos diferentes, detallando estas en el anexo B, la



figura 11 y la tabla 6 respectivamente, los cuales detallan cuales son las formaciones geológicas y ubicación exacta de los tipos de peligro geológico hallado. Por tanto, se demuestra que se cumplió con la hipótesis planteada.

Se determinó las características físico-mecánicas de las 06 muestras, detallando en la tabla 9, 10 y 11 y la figura 13 respectivamente, los cuales contribuyeron en el diseño de la trocha carrozable, estas características se obtuvieron de las calicatas, ensayos de densidad de campo, los que se encuentran detallados en las diferentes tablas. Por tanto, se demuestra que se cumplió con la hipótesis planteada.

Se identifico y determinó las características de las canteras y fuentes de agua, en la figura 14, fotografía 5 y la tabla 15 respectivamente, los cuales tienen mucha importancia en el diseño de la trocha carrozable.

Finalmente, podemos afirmar que se demostró las hipótesis específicas planteadas.

#### **4.4. Discusión de resultados**

De los hallazgos mapeados con respecto al primer objetivo se hallaron 03 tipos diferentes de formaciones geológicas, siendo las más antiguas las rocas metamórficas del Complejo Marañón, superponiéndose de manera discordante las rocas sedimentarias del Grupo Mitu, superpuestas por las calizas del Grupo Pucara, y también se verificó presencia de erosión de laderas, cercana a la vía principal por la Quebrada Qoseoragra, considerando su exposición a los efectos del aire y agentes antrópicos, también se hallaron caída de rocas en Haylasjirca, considerando el potencial de bancos que se tiene en la base de esta quebrada y como tercer peligro se hallaron hundimientos, como efecto de la proyección de

cauce de una fuente de agua, considerando peligros que se pueden eliminar y/o mitigar con controles ingeniería es factible poder elaborar la trocha carrozable.

Los resultados encontrados respecto a las propiedades físicas proporcionan la forma más básica de descripción de los materiales que permitieron definir las condiciones y comportamientos de la subrasante analizado. Dentro de estas tenemos los límites de consistencia, el contenido de humedad. Que arrojan valores adecuados tal como se muestra en la tabla 12. Las propiedades mecánicas de un suelo se basan en la rigidez como característica mecánica de los materiales sueltos. Dicha rigidez se distribuye como tensiones y deformaciones. Los parámetros encontrados son el CBR al 100% que se encuentran en un rango de 21% al 71% lo cual indican que son excelentes en las 6 calicatas muestreadas (ver figura 9), y según el Ministerio de Transporte y Comunicaciones admite que aquellos mayores al 6% son la adecuados.

Como tercer objetivo se planteó recomendar las canteras y fuentes de agua a ser utilizados en el desarrollo del proyecto. Se identificó y evaluó las características del material de las canteras y fuentes de agua. Las muestras de las canteras tomadas y analizadas demostraron la factibilidad de usar dichos materiales teniendo en cuenta las Especificaciones Técnicas para las obras indicadas para la Construcción de Carreteras (EG2000), dicha cantera se ubica en el km. 47+600 del camino departamental PA-102, con un área de 20,350.81 m

## CONCLUSIONES

1. Se identificaron 03 formaciones geológicas mediante el mapeo geológico, teniendo la mayor predominancia en cuanto a potencia las rocas metamórficas del Complejo Marañón, siendo las de menor proporción en cuanto a potencia dentro de la zona del proyecto, las calizas del Grupo Pucara y las areniscas del Grupo Mitu, siendo rocas que no repercutan de manera negativa en el diseño de la trocha al considerar la IMDA, la cual es a 200 veh/día, y también 03 peligros geológicos que se identificaron a lo largo de la proyección de la trocha carrozable, siendo el que tiene más potencial en cuanto a dificultades para la elaboración de la trocha carrozable los hundimientos, recolectando datos se concluye las rocas existentes no son perjudiciales para el proyecto y que el hundimiento, como peligro geológico más crítico se puede eliminar y/o mitigar el efecto negativo.
2. Se determino que CBR al 100% se encuentran en un rango de 21% al 71% lo cual indican que son excelentes en las 6 calicatas muestreadas, y según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones admite que aquellos mayores al 6% son la adecuados.
3. Se identifico una cantera ubicada en la progresiva del Km 47+600, al lado izquierdo de la vía departamental PA-102 a unos 10.650 km de distancia desde el proyecto, teniendo un volumen de 65,814.520 m<sup>3</sup>, también hay una fuente de agua a unos 200 m del punto de inicio; siendo agua potable para el consumo humano y/o reaprovechamiento, ambas tienen características con potenciales adecuados para su buen aprovechamiento de la elaboración del proyecto trazado.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al finalizar el aprovechamiento de las canteras, se realice un adecuado trabajo de restauración de canteras para evitar deslizamientos de tierra que puedan afectar la plataforma, toda vez que las canteras forman parte de los taludes superiores del camino departamental
2. Realizar otras pruebas de laboratorio como la porosidad y permeabilidad de suelos para tener mayor soporte en el estudio de vías
3. Realizar estudios geofísicos al norte de Huaylasjirca para obtener mayor detalle del estudio.
4. Reperfilado de taludes de corte, en caso de taludes muy altos esto se deberán efectuarse con el diseño de banquetas, las cuales no deberán tener más de 7 metros de altura por 3 de berma (Progresivas km 0+540, km 2+060).
5. Desquinche de materiales que se encuentren sueltos, evitando el uso de explosivos (Progresiva km 1+040).
6. Barreras de contención del tipo muro de gaviones y/o piedra con mampostería. (Progresiva km 0+540).
7. Dejar retiros para la acumulación de los materiales y posterior limpieza.
8. Elevar la rasante con una base material granular clasificado (pedraplén, en caso de hundimientos, Progresiva km 2+300).
9. Implementar un sistema de sub drenaje longitudinal (Paralelo a la Progresiva km 2+420).
10. Revestir las cunetas y canales existentes (Progresiva km 0+30 y km 2+660).

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Alva, C. (2021).** Estabilización de subrasantes blandas con agregados binarios en trochas carrozables, carretera Sandia – Yanahuaya, Puno 2021. [Tesis de Ingeniero Civil, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional.

**Arribasplata, U. (2019).** Influencia de las características geométricas de la Carretera entre C.P. Malat – San Antonio – El Tambo distrito de José Sabogal – San Marcos – Cajamarca, para la seguridad de la vía. [Tesis de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional.

**Berry, P. y Reid, D. (2016),** Mecánica de Suelos, Colombia, McGraw-Hill

**Boza Jurado, Roy (2018).** Evaluación geotécnica en el mejoramiento de la Carretera departamental Palca, Tapo, Ricran, Yauli, Jauja – Región Junín. [Tesis de ingeniero Geólogo, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].

**Caruajulca, E. (2018).** Influencia del aditivo cloruro de sodio como estabilizante de la subrasante de la carretera, tramo Cruce El Porongo – Aeropuerto – Cajamarca. Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca.

**Córdova, A. (2019).** Evaluación de las características geométricas del camino vecinal cruce Tamborillo, Caserío Huaranguillo. El Faique Santa Fe, distrito de San José del Alto, Provincia de Jaén – Cajamarca, de acuerdo con las Normas de diseño geométrico. [Tesis de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional.

**Fernandez Chavez, J. (2021).** Aplicación de parámetros de diseño geométrico para trochas carrozables en el distrito de Sayán 2021, [Tesis de ingeniero Civil, universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión].

**Gaona, J. (2013).** Estudio geológico-geotécnico de la vía El Limón – La Bocana – La Victoria en el cantón Macará provincia de Loja, Ecuador [Tesis de Geólogo, Universidad Nacional de Loja]. Repositorio Institucional.

**Hoek P.K. (2016).** Suport of Underground Excavations Hard Rock, New York, Balkeman.

Krynine y Judd. (1957). Principios de ingeniería geológica y geotécnica: McGraw-Hill, Nueva York.

**Iglesias, C. (2016),** Mecánica del suelo, España, Editorial Síntesis.

**INACAL, Instituto Nacional de Calidad. (1999).** Norma Técnica Peruana: Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo (NTP 339.127:1999). Lima, Perú: Dirección de Normalización.

**Juarez, B. y Rico, R. (2016).** Mecánica de suelos Tomo 1 y 2, México, Limusa S.A.

**Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2014).** Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG - 2018. Lima, Perú.

**Paredes, A., Alvarado, F. (2019).** Estudio del diseño de trocha carrozable de los caseríos Quillcaypirca – Adbon – Longotea- Bolívar – La libertad- 2018. [Tesis de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional.

**Rivasplata, J. (2011).** Estabilización de subrasantes y afirmados en caminos rurales empleando agua de mar en el C.P. Tangay. Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa.

**Salazar, L, (2016),** Mecánica de suelos, México. Limusa S.A.

**Terzagui y Ralph B-Peck, (2016)**, Mecánica de suelos en la Ingeniería Práctica, México, Limusa S.A

**Torres, F. (2019)**. Evaluación y diseño de la trocha carrozable de la carretera Dep. SM 116 Dv. San Pedro Km 5+000 Aucaloma para el mejoramiento de la calidad de vida de la localidad de Aucaloma, San Roque de Cumbaza, provincia de Lamas - 2018. [Tesis de Ingeniero Civil, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional.

**Valenzuela, W. Montesinos, M., Rojas, J. y Contreras, G. (2020)** Business Consulting – ALS LS. Pontificia Universidad Católica del Perú. Perú.

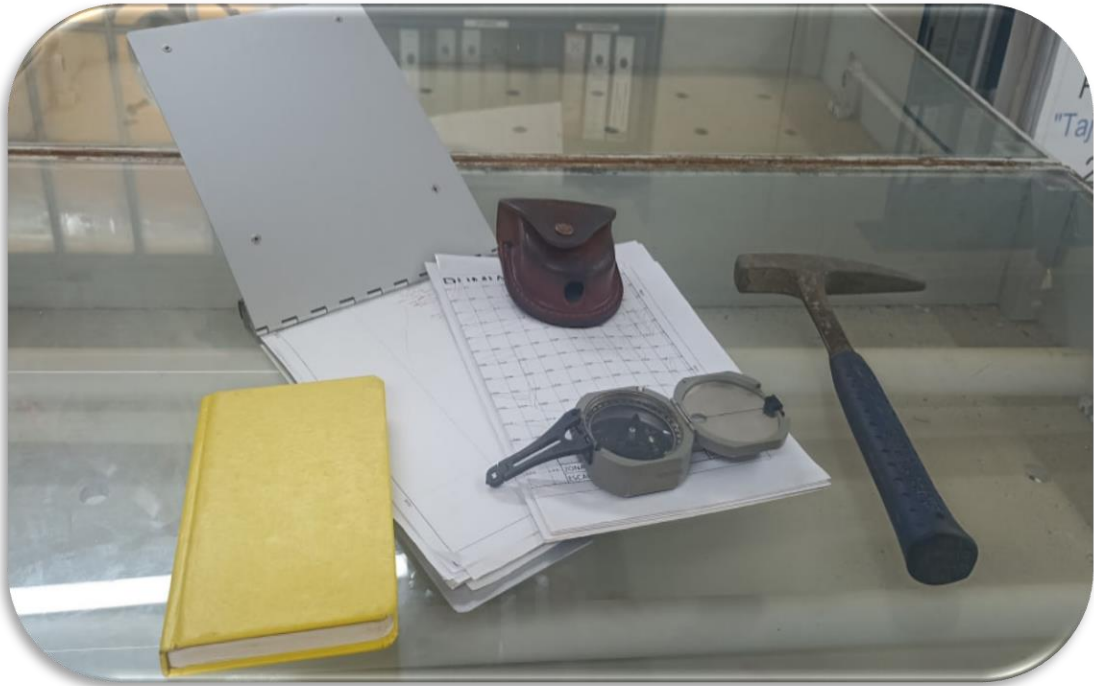
**Vilca, L., Calli, Ch. (2018)**. Evaluación de problemas geotécnicos en la vía trocha carrozable Ayapata – Camatani. [Tesis de ingeniero Civil, universidad Andina Néstor Cáceres, Velásquez]. Repositorio Institucional.

## **ANEXOS**



**ANEXO A: FOTOGRAFÍAS TOMADAS DE TRABAJOS EN CAMPO**

**Fotografía 7. Instrumentos de recolección de datos (brújula tipo brunton, picota, planos, libreta de campo).**



**Fotografía 8. Mapeo geológico realizado por el Bac. Antony Deudor Robles.**



**Fotografía 9. Toma de muestra, para la determinación del tipo de roca.**



**Fotografía 10. El equipo de trabajo antes de iniciar los trabajos de levantamiento topográfico con el equipo necesario de la estación total y prismas.**



**Fotografía 11. Levantamiento topográfico de la trocha carrozable.**



**Fotografía 12. Vista previa de la proyección de la trocha carrozable tramo puente primavera – Huaylasjirca.**



**Fotografía 13. Punto de la segunda calicata realizada en la progresiva km 00+320.**



### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**TÍTULO DE TESIS: “Estudio geológico y geotécnico para diseñar la trocha carrozable tramo puente primavera a Huaylasjirca, Yanahuanca, 2021”**

<b>PROBLEMAS</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>HIPÓTESIS</b>	<b>METODOLOGÍA</b>
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b> ¿Cómo elaborar estudio geológico – geotécnico para diseñar la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b> Elaborar el estudio geológico – geotécnico para diseñar la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021.</p>	<p><b>Estudio Geológico – Geotécnico:</b> Es el método de investigación que se encarga del conocimiento geológico y de las observaciones en campo fundamentales para la evaluación de las condiciones mecánicas de los materiales rocosos</p>	<p><b>HIPÓTESIS GENÉRICO:</b> Elaborando el estudio geológico – geotécnico apropiado se puede diseñar la trocha carrozable tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021.</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b> Investigación aplicada. <b>Diseño de Investigación:</b> Descriptivo no experimental transversal, considerando el siguiente diseño: <b>M1</b> —————→ <b>O1</b></p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</b> ¿ Cuáles son las formaciones geológicas y los peligros geológicos que se encuentran en la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021? ¿Cuáles son las características físico-mecánicas de las</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b> a) Identificar las formaciones geológicas y los peligros geológicos que se encuentran en la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021. b) Determinar las propiedades físico-</p>	<p><b>Trochas carrozables:</b> Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014) las trochas carrozables son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera</p>	<p><b>HIPÓTESIS ESPECÍFICOS:</b> Las formaciones geológicas y los peligros geológicos identificados contribuyen al diseño de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021. Las características físico – mecánicas</p>	

<p>muestras de suelos de la subrasante en la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021?  ¿Cuáles son las características de la canteras y fuentes de agua a ser utilizados en el desarrollo de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021?</p>	<p>mecánicas de las muestras de suelos de la subrasante en la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021.  c) Identificar las canteras y fuentes de agua a ser utilizados en el desarrollo de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca, 2021.</p>		<p>contribuyen al diseño de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca.  Las características de la canteras y fuentes de agua contribuyen al diseño de la trocha carrozable del tramo puente primavera a Huaylasjirca en Yanahuanca.  Administradora Cerro SAC.   Encontrando el nivel de abundancia y dispersión de elementos se puede interpretar geológicamente el Lado Oeste del Tajo Abierto “Raúl Rojas” de la Empresa Administradora Cerro SAC.</p>	
--	--	--	--	--