

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS METALURGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA**



**TESIS**

**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO  
PARA LA REHABILITACIÓN DE LA TROCHA CARROZABLE  
QUE INTERCOMUNICA LA COMUNIDAD DE ANTAPALLPA CON  
EL ANEXO PARCCO DEL DISTRITO DE OMACHA, DE LA  
PROVINCIA DE PARURO - DEPARTAMENTO DE CUSCO.**

**PRESENTADO POR:**

Bach. VICTOR JULIO NOALCCA MEZA

Bach. JHON MAMANI CHOQUEHUANCA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO GEÓLOGO**

**ASESOR:**

Mgt. FREDY VICTOR BUSTAMANTE PRADO

**CUSCO-PERU**

**2024**

# INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: Estudio Geológico, Geotécnico e hidrologico para la rehabilitación de la trocha carrozable que intercomunica la comunidad de Antapallpa con el anexo Parco del distrito de Omacha, de la Provincia de Paruro - Cusco presentado por: Mamani Choquehuaraca Jhon con DNI Nro.: 77159126 presentado por: Noalcca Meza Victor Julia con DNI Nro.: 77568713 para optar el título profesional/grado académico de Ingeniero Geologo.

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 6 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 06 de Octubre de 2024.

F. Bustamante

Firma

Post firma Fredy Victor Bustamante Prado

Nro. de DNI 29457667

ORCID del Asesor Orcid.org/0000-0001-6291-7541

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259:389132264

NOMBRE DEL TRABAJO

**PROYECTO DE TESIS DE TROCHA CARR  
OZABLE.pdf**

AUTOR

**Victor Julio Noalcca Meza**

RECUENTO DE PALABRAS

**23921 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**125091 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**118 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**7.9MB**

FECHA DE ENTREGA

**Oct 6, 2024 12:08 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Oct 6, 2024 12:09 PM GMT-5****● 6% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 3% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

CAPITULO I: GENERALIDADES .....	5
1.1 INTRODUCCION .....	5
1.2 UBICACIÓN .....	6
1.2.1 SECTORES DE INFLUENCIA DIRECTA .....	6
1.3 ACCESIBILIDAD .....	9
1.3.1 RED VIAL VINCULADA AL PROYECTO .....	9
1.3.2 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y CLIMATOLÓGICAS .....	9
1.4 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA VIA .....	11
1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL .....	12
1.5.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ESPECIFICO .....	12
1.6 PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACION .....	13
1.6.1 PROBLEMA PRINCIPAL .....	13
1.6.2 PROBLEMA SECUNDARIO .....	13
1.7 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	13
1.7.1 OBJETIVO GENERAL .....	13
1.7.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	13
1.8 HIPOTESIS DE LA INVESTIGACION .....	14
1.8.1 HIPOTESIS GENERAL .....	14
1.8.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS .....	14
1.9 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DEL ESTUDIO .....	14
1.10 VARIABLES .....	15
1.10.1 VARIABLE INDEPENDIENTE .....	15
1.10.2 VARIABLE DEPENDIENTE .....	15
1.11 METODOLOGIA .....	16
1.11.1 METODO CIENTIFICO .....	17
1.11.2 ETAPA DE POST-CAMPO .....	19
1.11.3 ETAPA DE GABINETE .....	19

1.11.4	ETAPA FINAL .....	19
1.12	INSTRUMENTOS UTILIZADOS .....	19
1.13	MARCO TEÓRICO .....	20
1.13.1	DESCRIPCION Y CLASIFICACION DE SUELOS .....	20
1.13.2	CONSISTENCIA DEL SUELO .....	20
1.13.3	MUESTRAS GEOTECNICAS .....	21
1.14	MARCO CONCEPTUAL .....	22
1.14.1	CUENCA HIDROGRAFICA .....	22
1.14.2	PRECIPITACION.....	22
1.14.3	CAUDAL ECOLOGICO .....	22
1.14.4	ESCURRIMIENTO .....	22
1.14.5	DEFICIT DE AGUA .....	22
1.14.6	ALIVIADERO .....	23
1.14.7	POROSIDAD.....	23
1.14.8	CIMENTACION.....	23
1.15	MARCO REFERENCIAL .....	24
CAPITULO II: GEOMORFOLOGIA .....		25
2.1.1	VALLE DEL APURIMAC .....	26
2.1.2	PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA .....	26
2.1.3	PROCESO DE ORIGEN ANTROPICO: .....	27
2.1.4	RIESGOS NATURALES O GEOLÓGICOS:.....	28
CAPITULO III: GEOLOGIA .....		31
3.1	GEOLOGÍA REGIONAL .....	31
3.1.1	HIDROGRAFIA .....	31
3.1.2	ESTRATIGRAFIA.....	32

3.1.3 DEPOSITOS APURIMAC .....	34
3.2 GEOLOGÍA LOCAL.....	38
3.2.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS .....	38
3.2.2 FORMACION ARCURQUINA .....	38
3.2.3 DEPÓSITOS ALUVIALES .....	39
3.2.4 DEPÓSITOS COLUVIALES .....	40
3.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL .....	42
3.3.1 FALLAMIENTO .....	42
CAPITULO IV: GEOTECNIA.....	43
4.1 SUELOS, CANTERAS Y FUENTES DE AGUA .....	43
4.1.1 SUELOS.....	43
4.2 EVALUACION DE CAMPO.....	43
4.3 ENSAYOS DE LABORATORIO .....	47
4.4 PROPIEDADES FÍSICAS.....	48
4.4.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO .....	48
4.4.2 LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG .....	49
4.5 CONTENIDO DE HUMEDAD .....	51
4.6 PROPIEDADES MECÁNICAS .....	51
4.6.1 COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO .....	51
4.6.2 ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.).....	52
4.6.3 ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO .....	53
4.7 CLASIFICACIÓN DE SUELOS.....	53
4.7.1 SISTEMA (AASHTO).....	53
4.7.2 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN (SUCS) .....	54
4.8 EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUELO DE FUNDACIÓN .....	54
4.9 FUENTES DE AGUA .....	59
4.10 DISEÑO DEL PAVIMENTO .....	59

4.10.1	INTRODUCCIÓN .....	59
4.10.2	ANÁLISIS DE TRÁFICO .....	60
4.10.3	CAPACIDAD DE SOPORTE DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE (CBR) 60	
4.10.4	ESPESOR PROPUESTO.....	61
4.10.5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	61
CAPITULO V GEODINAMICA.....		62
5.1	GEODINAMICA EXTERNA .....	62
5.1.1	FACTORES .....	62
5.1.2	RIESGOS NATURALES O GEOLÓGICOS:.....	63
5.2	GEODINÁMICA INTERNA (SISMICIDAD) .....	63
5.2.1	SISMICIDAD HISTÓRICA DE LA REGIÓN. ....	65
5.3	GEODINAMICA EXTERNA .....	66
5.3.1	EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LOS PROBLEMAS DE GEODINAMICOS EXTERNOS.....	66
CAPITULO VI: HIDROLOGIA.....		73
6.1	OBJETIVOS .....	73
6.2	HIDROGRAFÍA .....	74
6.3	CLIMA Y PRECIPITACIÓN.....	76
6.3.1	VEGETACIÓN.....	77
6.3.2	RELIEVE .....	78
6.4	ANALISIS HIDROLOGICO.....	78
6.5	INFORMACIÓN BÁSICA.....	78
6.6	INFORMACION CARTOGRAFICA .....	78
6.6.1	INFORMACION PLUVIOMETRICA .....	80
6.7	SUB CUENCAS HIDROGRAFICAS.....	87
6.7.1	METODO PARA ESTIMAR CAUDALES EXTREMOS.....	88

6.7.2 INVENTARIO DE LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE TRANSVERSAL EXISTENTE.....	91
6.7.3 EVALUACION DE ESTRUCTURAS DE DRENAJE TRANSVERSAL EXISTENTE.....	91
6.7.4 OBRAS DE DRENAJE LONGITUDINAL .....	94
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
CONCLUSIONES .....	102
RECOMENDACIONES.....	105
BIBLIOGRAFÍA.....	106

## INDICE DE IMÁGENES

CAPITULO I: GENERALIDADES .....	5
Foto N°1: Ruta de acceso desde la ciudad de cusco hacia la zona de estudio. Fuente: Elaboración propia .....	9
Foto N°2: Vegetación de Eucaliptos. Fuente: Propia.....	10
CAPITULO II: GEOMORFOLOGIA .....	25
Foto N°3: Vista de la Cordillera occidental. Fuente: Propia.....	25
Foto N°4: Vista de los valles del Apurímac. Fuente: Propia .....	26
Foto N°5: Rehabilitación de carretera y deforestación. Fuente: Propia.....	28
.....	29
Foto N°6: la precipitación como agente externo. Fuente: Propia .....	29
CAPITULO III: GEOLOGIA .....	31
Foto N°7: Vista satelital de las cuatro micro cuencas, Fuente: Propia .....	31
Foto N°8: Vista panorámica de los depósitos de la formación Arcurquina. Fuente: Propia....	39
Foto N°9: Vista de los materiales aluviales. Fuente: Propia .....	40
CAPITULO IV: GEOTECNIA.....	43
Foto N°10: perfil del punto inicio con la quebrada Parcco. Fuente: Propia.....	43
Foto N°11: suelo moderadamente suave compuesto por arenisca rojiza con clastos de 5cm con poca humedad. Fuente: Propia .....	45
Foto N°12: calicata en la progresiva (02+0000) observándose estrato de una sola capa suelo muy duro de poca humedad y con conglomerados de diámetro de 10 a 20 centímetros, Fuente: Propia .....	45
Foto N°13: Excavación de la calicata en la progresiva (05+0000) suelo moderadamente duro compuesto por arenisca y roca sedimentaria, Fuente: Propia .....	46
Foto N°14: recogida de muestra de la calicata en la progresiva (05+0000) observándose dos estratos una con arenisca rojiza y la otra arenisca oscura y con un suelo moderadamente duro y poca humedad, Fuente: Propia .....	46
Foto N°15: Excavación de calicata y descripción en el sector de Parcco se describe estratos bien marcados con clastos redondos y sedimentos compactados se observa rocas sedimentarias y en poca cantidad de volcánicas y la humedad es moderadamente alta, Fuente: Propia .....	47

CAPITULO V GEODINAMICA.....	62
Foto N° 16: Vemos los materiales eliminados por causa de la erosión pluvial. Fuente: Propia .....	68
CAPITULO VI: HIDROLOGIA.....	73
Foto N°17: Vista de la cuenca de Porotuyoc. Fuente: Propia .....	74
Foto N°18: Vista de la cuenca de Q'atca. Fuente: Propia.....	75
Foto N°19: Vista de la cuenca de Chacatuyoc. Fuente: Propia.....	75
Foto N°20: Vista de la cuenca de Paccha. Fuente: Propia .....	76
Foto N°21: Vista del clima húmedo en la época de lluvias. Fuente: Propia.....	77
Foto N°22: Pastos naturales de baja altura con escasa presencia de arbustos. Fuente: Propia	77
Foto N°22: Topografía moderadamente ondulada. Fuente: Propia .....	78
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
BIBLIOGRAFÍA.....	106

## INDICE DE TABLAS

CAPITULO I: GENERALIDADES .....	5
Tablas N° 01: Características técnicas de la vía. Fuente: MTC .....	11
CAPITULO II: GEOMORFOLOGIA .....	25
CAPITULO III: GEOLOGIA .....	31
CAPITULO IV: GEOTECNIA.....	43
Tablas N ° 02: Numero de calicatas según cada progresiva. Fuente: propia .....	44
Tablas N° 03: Clasificación general CBR con SUCS y AASHTO.....	52
Tablas N° 04: Sistema Unificado de Clasificación .....	54
Tablas N° 05: Estado de la vía según CBR.....	54
Tablas N° 06: Condición y tipo de suelo en la Subrasante. Fuente: Elaboración propia.....	56
Tablas N° 07: Resultados de CBR, de las 5 calicatas. Fuente: Propia.....	58
Tablas N° 08: Los resultados de los límites de Atterberger. Fuente: Propia .....	58
Tablas N° 09: Relación de Canteras Ubicadas. Fuente: Propia .....	59
Tablas N° 10: Fuentes de Agua. Fuente: Propia .....	59
Tablas N° 11: resumen de laboratorio material de afirmado existente. Fuente: Propia.....	61
CAPITULO V GEODINAMICA.....	62
Tablas N° 12: Parámetros sísmicos. Fuente: Propia .....	64
CAPITULO VI: HIDROLOGIA.....	73
Tablas N° 14: La ubicación de la estación hidrologica Yauri. Fuente: Propia .....	80
Tablas N° 15: Registro de precipitación mensual acumulado de la estación Yauri. Fuente: SENAMHI.....	80
Cuadro N° 16: Histograma de precipitación máxima (mm). Fuente: Elaboración Propia.....	81
Tablas N° 17: precipitación máxima para determinar frecuencias diarias máximas probables. Fuente: Elaboración propia .....	82
Tablas N° 18: Corrección de precipitación máxima diaria para distintos periodos de retorno. Fuente: Propia .....	82

Tablas N° 19: Interpolación de datos según la distribución acumulativa normal Fuente: Elaboración Propia. ....	82
Tablas N° 20: Distribución acumulativa normal. Fuente: Propia .....	83
Tablas N° 21: Análís de datos. Fuente: Elaboración Propia. ....	84
Tablas N° 22: Corrección de precipitación máxima diaria para distintos periodos de retorno Fuente: Elaboración Propia. ....	84
Tablas N° 23: tabla de precipitación máxima para determinar frecuencias diarias máximas probables con la distribución Gumbel Fuente: Propia Fuente: Elaboración Propia. ....	85
Tablas N° 24 : Análisis de datos. Fuente: Elaboración Propia.....	85
Tablas N° 25 : Corrección de precipitación máxima diaria para distintos periodos de retorno. Fuente: Elaboración Propia. ....	85
Tablas N° 26: Análisis de datos. Fuente: Elaboración Propia.....	86
Tablas N° 27 : Corrección de precipitación máxima diaria para distintos periodos de retorno. Fuente: Elaboración Propia. ....	86
Tablas N° 28 : precipitación extrema (mm) estación yauri para los distintos tipos de distribución . Fuente: Elaboración Propia. ....	86
Se han identificado seis subcuencas bien definidas en todo el tramo del camino en estudio. .	87
Tablas N° 29: Análisis de datos hidrográficos.. Fuente: Elaboración Propia. ....	87
Tablas N° 30: Análís por el Método Racional Fuente: Elaboración Propia.....	88
Tablas N° 31: Caudal de diseño – Método racional Fuente: Elaboración Propia .....	89
Tablas N° 32: Tajeas existentes. Fuente: Elaboración Propia.....	91
Tablas N° 33: Caudal máximo. Fuente: Elaboración Propia .....	97
Tablas N° 34: Caudal según estudio hidrológica. Fuente: Elaboración Propia .....	99
Tablas N° 35: Diseño hidráulico de las alcantarillas TMC. Fuente: Elaboración Propia .....	100
Tablas N° 36: Diseño hidráulico de los badenes. Fuente: Elaboración Propia .....	101
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	102
BIBLIOGRAFÍA.....	106

## **DEDICATORIA**

"A mi querido padre, Favio Florencio Mamani Roque, quien en vida fue mi pilar y mi guía. Su apoyo incondicional en mi formación profesional y su presencia constante en nuestra familia fueron el cimiento de mi vida.

A mi amada madre, Emperatriz Choquehuanca Berna, cuyo apoyo durante estos años ha sido mi faro en la oscuridad. Su amor y dedicación han sido el motor que me impulsa a seguir adelante.

A mis hermanos Edu, Franco y Ali Jhonstin, cuyos consejos y alegría han llenado mis días de luz y esperanza. Su cariño y apoyo han sido un regalo invaluable en mi vida

A Luz Medina Astete, cuya motivación y apoyo incondicional han sido fundamentales para la conclusión de este trabajo. Su confianza en mi capacidad ha sido un estímulo constante en mi camino.

Y en especial, a mi querido hermanito Kevin Mamani Choquehuanca, quien, aunque ya no está entre nosotros, sé que me cuida desde el cielo junto a mi padre. Su recuerdo es una inspiración constante en mi vida.

Gracias a todos ustedes, a su esfuerzo y sacrificio, he logrado dar un paso más en mi vida profesional. Esta dedicatoria es un humilde tributo a su amor y apoyo."

**JHON MAMANI CHOQUEHUANCA**

Este trabajo de investigación es dedicado en primer lugar al creador de todas las cosas, al Dios omnipotente quien me ha dado la fuerza necesaria para seguir adelante a pesar de los obstáculos. A mi hermosa madre Meza Corredor Francisca a quien admiro y aprecio mucho que a pesar de sus problemas y sus dificultades supo inculcarme los buenos valores de igual forma a mi querido padre Noalcca Mamani Alejo por su amor, trabajo y sacrificio A mis hermanos Carmen y Marco por sus palabras de motivación y apoyo. A mis docentes y amigos de mi querida Universidad, a todos aquellos que han contribuido con ese granito de arena para mi formación profesional.

**VÍCTOR JULIO NOALCCA MEZA**

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco sinceramente al Dios todo poderoso y a nuestros padres por ayudar a hacer realidad la tesis. Por lo tanto, expresamos nuestra gratitud a la UNSAAC, de igual manera a nuestra prestigiosa Facultades de Ingeniería Geológica, Minas y Metalurgia y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, por permitirnos ingresar y crecer como profesionales. En particular, agradecemos al Ing. Fredy Víctor Bustamante Prado, quien nos brindó información en todo este proceso de desarrollo de la investigación y compartió sus conocimientos y experiencias, de igual manera, agradezco a los profesores de la universidad por su respaldo incondicional.

**GRACIAS**

## RESUMEN

El estudio se realiza con la finalidad de realizar un análisis geológico, geotécnico e hidrológico orientado en la rehabilitación de la trocha carrozable tramo Antapallpa- Parcco. Recomendar una posible solución al problema de las conexiones terrestres con otras poblaciones.

Para lograr el objetivo se desarrolló la metodología científica inductivo, hipotético y deductivo. El nivel de correlación basado en una estimación del grado de relación de la variable dependiente con la variable independiente.

En el presente trabajo de investigación se realizó llevar a cabo una revisión exhaustiva de la documentación relevante existente con el tramo C.C. Antapallpa - anexo Parcco del distrito de Omacha seguidamente el trabajo contiene un mapeo de las siguientes unidades:

**Geomorfológico:** Geomorfológicamente la zona de trabajo se emplaza en la cordillera Occidental, el mismo que se encuentra hacia el flanco norte de la misma cadena montañosa, en el cual se tienen diferentes valles interandinos que son los que predominan con la red hidrológica.

**Geológico:** El lugar de estudio se encuentra en la formación de Arcurquina y Depósitos Apurímac, así como los cuaternarios.

**Hidrografía:** La trocha carrozable atraviesa una variedad de relieves topográficos con una notable cantidad de quebradas y cauces fluviales que impiden el desarrollo de la vía. La zona de estudio comprende cuatro cuencas: la cuenca de Porotuyoc, Q'atca, Chacatuyoc y Paccha en la progresiva final de la carretera.

La organización y síntesis de todos los trabajos realizados en campo y gabinete nos permite hacer un análisis detallado de la información a obtener. Cuyos resultados obtenidos serán para mejorar la rehabilitación de la trocha carrozable que se determinó en los siguientes tramos.

- C-1 00+000

Según la clasificación SUCS corresponde a suelos GC, según la clasificación de AASTHO corresponde a suelos A -1 - b(0), con un I.P de 7.48.

- C-2 00+000-01+000

Según SUCS corresponde a suelo GC - y según AASTHO como A -1 - b(0)- presenta un I.P de 7.48%.

- C-3 03+000-05+000

Según la clasificación de SUCS lo consideramos como ML, según la clasificación AASTHO A -4(6), presenta un índice de plasticidad de 9.19 %.

- C-4 05+000-06+000

El material corresponde según la clasificación SUCS a SM - SC, clasificación según AASTHO corresponde a A -2 -b(1) , con un I.P. de 5.48%.

- C-5 06+000-07+000

Según SUCS lo consideramos como SC-GC, según AASTHO A -2 – 7, presenta un índice de plasticidad de 16.43%.

- La zona de estudio la formación geológica está constituida por rocas sedimentarias provenientes de los volcanes del grupo Puno, que abarcan materiales como grava, arena, brechas y conglomerados que contienen restos de roca caliza, lo que la hace litológicamente favorable.
- En términos de hidrología, las microcuencas presentan condiciones favorables para la rehabilitación de la trocha carrozable. Con los resultados obtenidos finalmente se sustenta el proyecto de tesis.

**Palabras Clave:**

- Geológico
- Geotécnico
- Hidrológico
- Estructural

## **CAPITULO I: GENERALIDADES**

### **1.1 INTRODUCCION**

La vía actualmente no cuenta con las características técnicas suficientes, existe un sistema de drenaje inadecuado, el radio de curvatura está muy por debajo del valor mínimo del “Manual de Diseño de Vías No Pavimentadas y de Bajo Tránsito”, y existen tramos que no cumplen con los requisitos.

El difícil acceso en el transporte impide que los ciudadanos tengan un acceso rápido y oportuno a servicios médicos, educativos y de otro tipo. Además, resulta difícil trasladar los productos a los mercados provinciales y regionales para su comercialización, y aun cuando así sea, el costo es elevado, por lo que esta situación incide en el precio final del producto.

De lo señalado, debido a la lejanía y condiciones de la carretera, se resume en un costo mayor para los pobladores por ello el camino vial es muy importante y necesario para optimizar las carencias del poblador dado que impacta negativamente en la capacidad de promover actividades de desarrollo económico en el ámbito industrial y en la optimización del bienestar de los ciudadanos.

## 1.2 UBICACIÓN

El camino vecinal C.C. Antapallpa – Anexo Parcco, se encuentra políticamente ubicado:

---

**DEPARTAMENTO:** CUSCO

**PROVINCIA:** PARURO

**DISTRITO:** OMACHA

**COMUNIDAD:** ANTAPALLPA

**ANEXO:** PARCCO

---

### 1.2.1 SECTORES DE INFLUENCIA DIRECTA

---

N° SECTORES

1 C.C. ANTAPALLPA

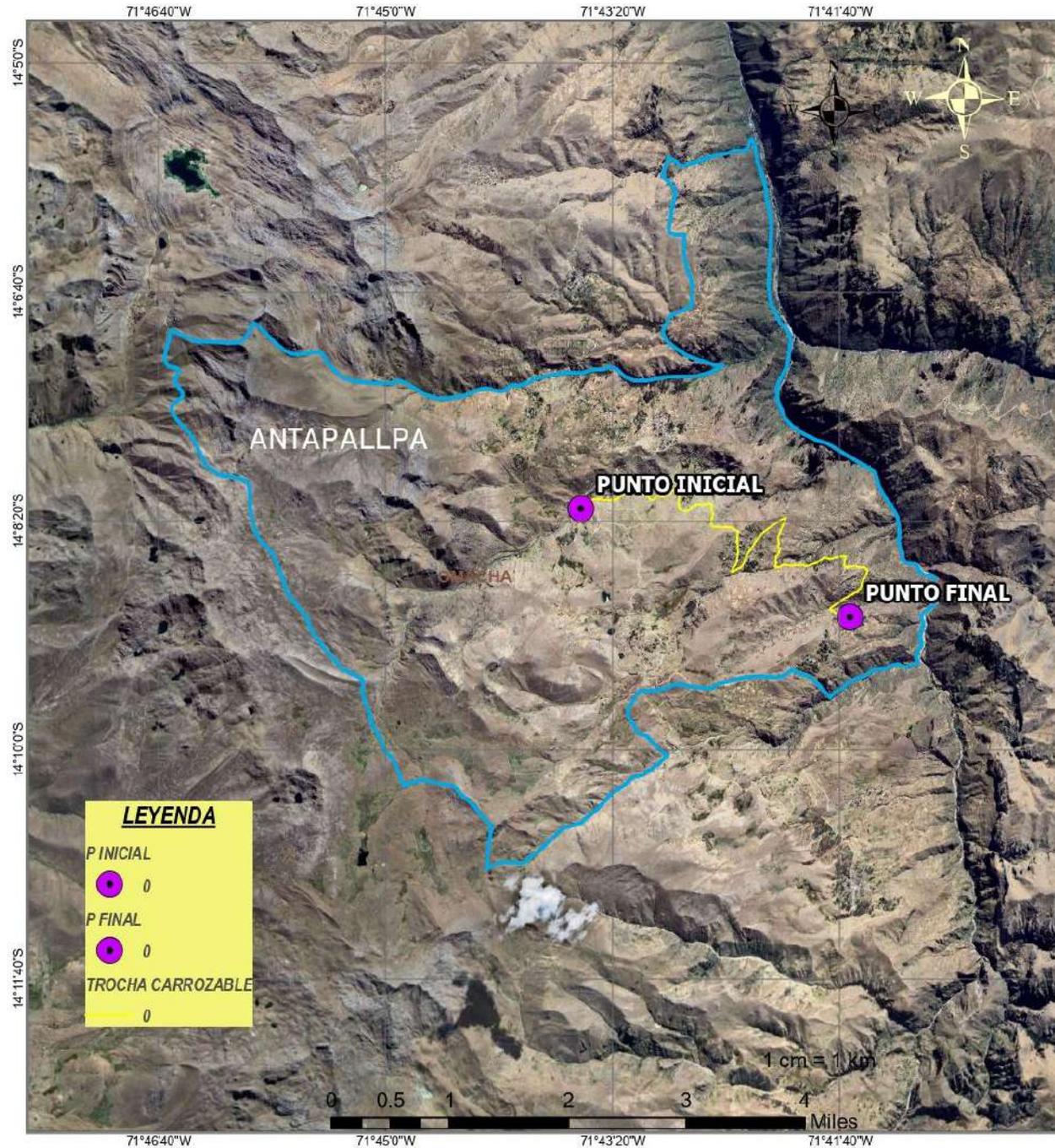
2 ANEXO PARCCO

---

Geográficamente el tramo de estudio tiene como coordenadas:

N. °	COORDENADAS UTM		ALTITUD	LUGAR
	ESTE	NORTE		
1	205680.00	8435361.00	3892	INICIO
2	209252.00	8433941.00	3632	FINAL
<b>LONGITUD DE LA REHABILITACIÓN DEL CAMINO VECINAL QUE INTERCOMUNICA LA COMUNIDAD DE ANTAPALLPA CON EL ANEXO PARCCO DEL DISTRITO DE OMACHA, DE LA PROVINCIA DE PARURO - DEPARTAMENTO DE CUSCO.</b>				
1	C.C. Antapallpa - inicio			<b>7+740.00 km.</b>
2	Anexo – Parcco - Final			

# MAPA DE UBICACIÓN



**LEYENDA**

P INICIAL  
 0

P FINAL  
 0

TROCHA CARROZABLE  
 0



MAPA 01	NOMBRE DEL PROYECTO: ESTUDIO GEOLÓGICO, GEOTÉCNICO E HIDROLÓGICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA TROCHA CARROZABLE QUE INTERCOMUNICA LA COMUNIDAD DE ANTAPALLPA CON EL ANEXO PARCOO DEL DISTRITO DE OMACHA, DE LA PROVINCIA DE PARURO - DEPARTAMENTO DE CUSCO.	UBICACIÓN DISTRITO: OMACHA PROVINCIA: PARURO REGIÓN: CUSCO	BACHILLERES: MAMANI CHOQUEUANCA JHON NOALCCA MEZA VICTOR JULIO	PLANO:  PLANO DE UBICACIÓN	SISTEMA DE COORDENADAS PROYECCIÓN: UTM ZONA: 19 SUR COORDENADAS: UTM-84	ESCALA 1/50000 FECHA: 2024
---------	--	---	--	----------------------------------	--	-------------------------------------



## 1.3 ACCESIBILIDAD

### 1.3.1 RED VIAL VINCULADA AL PROYECTO

Para acceder al comienzo del camino rural correspondiente a este estudio de investigación, se recorre la ruta CU-129 hasta el kilómetro 17.40 desde la localidad de Omacha y luego se empalma con el inicio del tramo.



Foto N°1: Ruta de acceso desde la ciudad de Cusco hacia la zona de investigación. Fuente: Elaboración propia

### 1.3.2 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y CLIMATOLÓGICAS

#### 1.3.2.1 CLIMA

Omacha está en la provincia de Paruro, a  $14^{\circ} 5' 22''$  latitud S y  $71^{\circ} 43' 17''$  longitud W. Tiene una superficie de 436,21 km<sup>2</sup> dividido en cuatro niveles ecológicos: Bajo quechua, alto quechua, suni. Su altitud es de 3887msm.

La altitud es de 2850 metros y la T° media anual es de 2,5 °C. El mes de noviembre destaca como el más cálido, registrando una temperatura promedio de 7,2°C a una altitud de 4.806

msnm. Por otro lado, durante los meses de junio a agosto, se experimentarán las temperaturas más bajas, caracterizadas por la llegada de heladas y descensos por debajo de los 0°C.

La zona tiene una humedad relativa media anual del 55% en julio y del 78% en épocas de lluvia con un promedio anual del 65.7%. Debido al cambio de estación, el % de humedad en la atmósfera aumenta de enero a abril y disminuye de junio a octubre.

El promedio anual de precipitación es de 1295 mm. Épocas lluvias comienza en octubre y finaliza en marzo, la precipitación durante la temporada de lluvias abarca desde octubre hasta abril, alcanzando los 231 mm, y de mayo a septiembre se observa una disminución a 57 mm.

Las épocas de estiaje En Omacha son temporales y frescos. Las épocas frías son húmedos y nublados en el transcurso del año. La T° suele oscilar entre -5 °C y 19 °C durante el año.

### **1.3.2.2 FLORA Y FAUNA**

Las áreas de mayor aptitud forestal en el distrito de Omacha se encuentran en algunas comunidades; estas áreas están cubiertas por pastos naturales y algunas plantas de tamaño medio que ahora están en peligro de extinción.



*Foto N°2: Vegetación de Eucaliptos. Fuente: Propia*

#### 1.4 CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA VIA

Clasificación	Trocha Carrozable
Velocidad Directriz	30 Km./ hr
Topografía	Accidentada
Pendiente máxima	11%
Ancho de plataforma (m)	4.0
Superficie de rodadura (m)	4.0
Coefficiente de fricción	0.28
Radio mínimo normal (m)	10
Radio mínimo excepcional (m)	8
Peralte %	7
Bombeo %	2
Espesor afirmado	0.15m
Cunetas Triangulares (m)	1.00x0.50
Badén C°A° (m)	de 8.5 m de luz.
Alcantarillas	de Concreto Ciclópeo y armado
Plazoletas de cruce	Cada 1000 m L=8.00m A=2.5
Kilometraje	7+ 0.740 km

*Tablas N° 01: Rasgos técnicos en carretera. Fuente: MTC*

- El tramo actual atraviesa un terreno plano, ondulado y escarpado.
- El ancho medio del tramo de carrera es de 4,00 m, pero también existen anchos desde 2,80 m hasta 5,00 m (sólo en curvas).
- El segmento "ANTAPALLPA - PARCCO" se extiende por una superficie plana, ondulada y escarpada, con una pendiente mínima de -15.78% y una pendiente máxima de 4.53%.

## **1.5 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA GENERAL**

¿Qué características geológicas, geotécnicas e hidrológicas afectan la trocha carrozable en el tramo Antapallpa -Anexo Parco?

### **1.5.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA ESPECIFICO**

- ¿Cuáles son las diferentes unidades geomorfológicas que atraviesa la trocha carrozable?
- ¿Cuáles son las características geológicas del tramo de la trocha carrozable?
- ¿Cuáles son los contactos y cambios litológicos a escala local del lugar de estudio?
- ¿Qué características hidrológicas se encuentra en el lugar de estudio?
- ¿Qué tipo de obras se implementarán para controlar los factores erosivos en el lugar de estudio?
- ¿Cuáles son los impactos ambientales más significativos en la rehabilitación de la trocha carrozable tramo Antapallpa -Anexo Parcco?

## **1.6 PROBLEMA MATERIA DE INVESTIGACION**

### **1.6.1 PROBLEMA PRINCIPAL**

1. ¿Cuáles son las características Geológicas, Geotécnicas e Hidrológicas para la rehabilitación de la trocha carrozable que intercomunica el centro poblado de Antapallpa- Anexo Parcco?

### **1.6.2 PROBLEMA SECUNDARIO**

1. ¿Qué características geológicas, geomorfológicas y estructurales se establece en la rehabilitación de la trocha carrozable Antapallpa - Anexo Parcco?
2. ¿Qué características físico mecánicas de estabilidad existen en la zona para la rehabilitación de la trocha carrozable Antapallpa - Anexo Parcco?
3. ¿Cuáles son las características hidrológicas en la zona para la rehabilitación de la trocha carrozable Antapallpa - Anexo Parcco?

## **1.7 OBJETIVOS MATERIA DE INVESTIGACIÓN**

### **1.7.1 OBJETIVO GENERAL**

1. Determinar los parámetros geológicos, geotécnicos e hidrológicos para la rehabilitación de la trocha carrozable que intercomunica el centro poblado de Antapallpa-Anexo Parcco.

### **1.7.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

1. Determinar las características geológicas, geomorfológicas y estructurales sobre el cual se realizará para la rehabilitación del camino carrozable que intercomunica el centro poblado de Antapallpa-Anexo Parcco.
2. Determinar las características físico-mecánicas de estabilidad y de consolidación de los diversos materiales presentes en el área de investigación para la rehabilitación del camino carrozable que intercomunica el centro poblado de Antapallpa-Anexo Parcco.
3. Determinar las condiciones hidrológicas superficiales y subterráneas en el lugar para

la rehabilitación del camino carrozable que intercomunica el centro poblado de Antapallpa - Anexo Parcco.

## **1.8 HIPOTESIS MATERIA DE INVESTIGACION**

### **1.8.1 HIPOTESIS GENERAL**

1. Es posible caracterizar la geología, establecer los parámetros geotécnicos e hidrológicos, utilizando la información adquirida en campo.

### **1.8.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS**

1. Las características geológicas, geomorfológicas y estructurales son favorables para la rehabilitación de la trocha carrozable que intercomunica el centro poblado de Antapallpa -Anexo Parcco.
2. Las propiedades físico-mecánicas relacionadas con la estabilidad y consolidación de los diversos materiales disponibles son favorables en el lugar para la rehabilitación. de la trocha carrozable que intercomunica el centro poblado de Antapallpa- Anexo Parcco.
3. Las condiciones hidrogeológicas superficiales y subterráneas son favorables en el lugar para la rehabilitación de la trocha carrozable que intercomunica el centro poblado de Antapallpa- Anexo Parcco.

## **1.9 JUSTIFICACIÓN MATERIA ESTUDIO**

Este estudio tiene como propósito identificar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales del tramo implicado en el proyecto, por otra parte, es vital determinar la capacidad portante, CBR, densidades de Campo, identificar las propiedades físico-mecánicas de las canteras a utilizar, luego se desarrollan recomendaciones y mejoras basadas en los resultados finales de las evaluaciones del sitio y de gabinete , asegurando una estructura de tránsito sólida, capaz y sostenible que mejore el desarrollo social, económico, educativo, de salud y otros. población beneficiada por el proyecto.

## **1.10 VARIABLES**

### **1.10.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

- Geología
- Geomorfología
- Hidrología
- Estructural

### **1.10.2 VARIABLE DEPENDIENTE**

- Trocha carrozable

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA REHABILITACIÓN DE LA TROCHA CARROZABLE QUE INTERCOMUNICA LA COMUNIDAD DE ANTAPALLPA CON EL ANEXO PARCCO DEL DISTRITO DE OMACHA, DE LA PROVINCIA DE PARURO - DEPARTAMENTO DE CUSCO.																																																																			
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	METODOLOGIA																																																															
<b>Problema General</b>	<b>Objetivo General</b>	<b>Hipótesis General</b>	<b>Independiente</b>	<p><b>Etapas:</b></p> <p><b>Etapas pre-campo:</b> Exhaustiva revisión de la documentación existente relacionada con la zona de estudio, análisis de mapas a escala regional.</p> <p><b>Etapas de campo I:</b> Mapeo geológico y topográfica local a detalle</p> <p><b>Etapas de campo II:</b> Estudio de suelos correspondiente a la trocha carrozable que interconecta la comunidad de antapallpa con el anexo Parcco del Distrito de Omacha y donde se ubicarán las demás obras conexas</p> <p><b>Etapas de post-campo:</b> Colección y organización de datos obtenidos de la etapa de campo y de los ensayos realizados.</p> <p><b>Etapas de gabinete:</b> Evaluación de resultados y tipificación de las características geotécnicas de los materiales de la cimentación del vaso.</p> <p><b>Etapas final:</b> Sustentación final del proyecto de tesis.</p>																																																															
<p>1. ¿Cuáles son los parámetros Geológicos, Geotécnicos e Hidrológicos para la rehabilitación de la trocha carrozable que interconecta la comunidad de Antapallpa con el anexo Parcco del distrito de Omacha, de la provincia de Paruro - Cusco?</p>	<p>1. Determinar los parámetros geológicos, geotécnicos e hidrológicos para la rehabilitación de la trocha carrozable que interconecta la comunidad de Antapallpa con el anexo Parcco del distrito de Omacha, de la provincia de Paruro - Cusco.</p>	<p>1. Es posible caracterizar la geología, determinar los parámetros geotécnicos e hidrológicos, en función a los datos obtenidos de campo y los datos físico - mecánicos, de estabilidad y de consolidación de los diferentes materiales existentes en la zona.</p>	<p>-Geología -Geotecnia -Hidrología -Estructural</p>																																																																
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>	<b>Dependientes</b>	<p><b>ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CREACION DE LA TROCHA CARROZABLE QUE INTERCOMUNICA LA COMUNIDAD DE ANTAPALLPA CON EL ANEXO PARCCO DEL DISTRITO DE OMACHA, DE LA PROVINCIA DE PARURO - DEPARTAMENTO DE CUSCO.</b></p>																																																															
<p>1. ¿Cuál es el área geológica, geomorfológica y estructural en el cual se realizará la rehabilitación de la trocha carrozable de la comunidad de Antapallpa con el anexo Parcco del distrito de Omacha?</p> <p>2. ¿Cuáles son las características físico - mecánicas, de estabilidad y de consolidación de los diferentes materiales existentes en la zona para la rehabilitación de la trocha carrozable de la comunidad de Antapallpa con el anexo Parcco del distrito de Omacha?</p> <p>3. ¿Cuáles son las condiciones hidrogeológicas en la zona para la rehabilitación de la trocha carrozable de la comunidad de Antapallpa con el anexo Parcco del distrito de Omacha?</p>	<p>1. Determinar el área geológica, geomorfológica y estructural en el cual se realizará para la rehabilitación de la trocha carrozable que interconecta la comunidad de Antapallpa con el anexo Parcco del distrito de Omacha, de la provincia de Paruro - Cusco.</p> <p>2. Determinar las características físico - mecánicas, de estabilidad y de consolidación de los diferentes materiales existentes en la zona para la rehabilitación de la trocha carrozable que interconecta la comunidad de Antapallpa con el anexo Parcco del distrito de Omacha, de la provincia de Paruro - Cusco.</p> <p>3. Determinar las condiciones hidrogeológicas superficiales y subterráneas en la zona para la rehabilitación de la trocha carrozable que interconecta la comunidad de Antapallpa con el anexo Parcco del distrito de Omacha, de la provincia de Paruro - Cusco.</p>	<p>1. El área geológica, geomorfológica y estructural sobre el cual se rehabilitará la trocha carrozable que interconecta la comunidad de Antapallpa con el anexo Parcco del distrito de Omacha, de la provincia de Paruro - Cusco. Es favorable.</p> <p>2. Las características físico - mecánicas, de estabilidad y de consolidación de los diferentes materiales existentes en la zona necesarios para la rehabilitación de la trocha carrozable que interconecta la comunidad de Antapallpa con el anexo Parcco del distrito de Omacha, de la provincia de Paruro - Cusco. Son favorables.</p> <p>3. Las condiciones hidrogeológicas superficiales y subterráneas en la zona para la rehabilitación de la trocha carrozable que interconecta la comunidad de Antapallpa con el anexo Parcco del distrito de Omacha, de la provincia de Paruro - Cusco. Son favorables.</p>	Trocha carrozable	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">ACTIVIDADES</th> <th style="width: 5%;">Oct-22</th> <th style="width: 5%;">Oct-22</th> <th style="width: 5%;">Nov-22</th> <th style="width: 5%;">Nov-22</th> <th style="width: 5%;">Dic-22</th> <th style="width: 5%;">Dic-22</th> <th style="width: 5%;">Ene-23</th> <th style="width: 5%;">Feb-23</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>ETAPA PRE-CAMPO:</b> exhaustiva revisión de la documentación existente relacionada con la zona de estudio, Análisis de mapas a Escala Regional.</td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>ETAPA DE CAMPO I:</b> Mapeo geológico y topográfica local a detalle</td> <td></td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>ETAPA DE CAMPO II:</b> estudio de materiales correspondiente al tramo de estudio y donde se ubicarán las demás obras conexas</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>ETAPA DE POST-CAMPO:</b> Colección y organización de datos obtenidos de la etapa de campo y de los ensayos realizados.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>ETAPA DE GABINETE:</b> Evaluación de resultados y tipificación de las características geotécnicas de los materiales del tramo de la carretera.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="background-color: #cccccc;"></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td><b>ETAPA FINAL:</b> Sustentación Final Del Proyecto de Tesis</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="background-color: #000000;"></td> </tr> </tbody> </table>	ACTIVIDADES	Oct-22	Oct-22	Nov-22	Nov-22	Dic-22	Dic-22	Ene-23	Feb-23	<b>ETAPA PRE-CAMPO:</b> exhaustiva revisión de la documentación existente relacionada con la zona de estudio, Análisis de mapas a Escala Regional.									<b>ETAPA DE CAMPO I:</b> Mapeo geológico y topográfica local a detalle									<b>ETAPA DE CAMPO II:</b> estudio de materiales correspondiente al tramo de estudio y donde se ubicarán las demás obras conexas									<b>ETAPA DE POST-CAMPO:</b> Colección y organización de datos obtenidos de la etapa de campo y de los ensayos realizados.									<b>ETAPA DE GABINETE:</b> Evaluación de resultados y tipificación de las características geotécnicas de los materiales del tramo de la carretera.									<b>ETAPA FINAL:</b> Sustentación Final Del Proyecto de Tesis								
ACTIVIDADES	Oct-22	Oct-22	Nov-22	Nov-22	Dic-22	Dic-22	Ene-23	Feb-23																																																											
<b>ETAPA PRE-CAMPO:</b> exhaustiva revisión de la documentación existente relacionada con la zona de estudio, Análisis de mapas a Escala Regional.																																																																			
<b>ETAPA DE CAMPO I:</b> Mapeo geológico y topográfica local a detalle																																																																			
<b>ETAPA DE CAMPO II:</b> estudio de materiales correspondiente al tramo de estudio y donde se ubicarán las demás obras conexas																																																																			
<b>ETAPA DE POST-CAMPO:</b> Colección y organización de datos obtenidos de la etapa de campo y de los ensayos realizados.																																																																			
<b>ETAPA DE GABINETE:</b> Evaluación de resultados y tipificación de las características geotécnicas de los materiales del tramo de la carretera.																																																																			
<b>ETAPA FINAL:</b> Sustentación Final Del Proyecto de Tesis																																																																			

## **1.11 METODOLOGIA**

### **1.11.1 METODO CIENTIFICO**

#### **1.11.1.1 INDUCTIVO**

Este proceso se inicia con la recopilación de información de varias variables independientes, que abarcan la observación de hechos y circunstancias. Posteriormente, se analizan los datos recopilados para extraer conclusiones.

#### **1.11.1.2 HIPOTETICO**

Las técnicas metodológicas consisten en desarrollar hipótesis basadas en afirmaciones específicas, para posteriormente validarlas y corroborarlas. Este procedimiento se desarrolla en el contexto del conocimiento que ya ha sido fundamentado.

#### **1.11.1.3 DEDUCTIVO**

Con el fin de lograr el objetivo final, es fundamental aprovechar el conocimiento previo y la comprensión ya adquirida, Es necesario aplicar un razonamiento completo para investigar el campo de estudio y en última instancia, llegar a un caso particular y único.

#### **1.11.1.4 METODO DE TRABAJO**

Este trabajo se basará en una investigación detallada y se llevará a cabo teniendo en cuenta estas etapas.

#### **1.11.1.5 ETAPA DE PRE-CAMPO**

Se llevó a cabo una revisión detallada de la documentación existente relacionada con el tramo Antapallpa - Anexo Parcco. Esta revisión se centró principalmente en los estudios geológico-geotécnicos e hidrológicos llevados a cabo por diversas entidades y organizaciones.

#### **1.11.1.6 ETAPA DE CAMPO**

Se realizó un detallado mapeo geológico y topográfico del área con el propósito de describirla desde una perspectiva geológica y morfológica, para ello se utilizará el mapa base para describir el control estructural del lugar de estudio.

El trabajo topográfico a realizarse comprende:

- Análisis topográfico de la vía existente.
- Evaluación topográfica de los márgenes de la carretera.
- El estudio se desarrolló en el Sistema Geodésico Mundial y sus coordenadas UTM de 1984 (WGS-84), las cuales pertenecen a la ZONA 19 S en la región donde se realiza el proyecto.
- Se han fijado marcas de referencia en tierras fijas y en ubicaciones adecuadamente resguardadas, vinculadas a otros puntos inamovibles ya marcas en el terreno que se encuentran fuera del alcance de las labores de movimiento de movimiento.
- En los ríos, afluentes y huaycos que cruzan la carretera, será indispensable llevar a cabo el mantenimiento y la limpieza de los Trabajos complementarios y de carácter artísticos, En los sitios donde se han realizado levantamientos topográficos con una precisión notable.
- La franja destinada al levantamiento topográfico posee un ancho suficiente para facilitar la proyección de obras complementarias, tales como cunetas laterales, zanjias de drenaje, descensos de aliviaderos y obras de arte, a abarcar incluso hasta una distancia de 20 metros a cada lado del eje. del camino existente.
- Se realizo también un análisis topográfico de canteras existentes. En esta etapa, se llevó a cabo el análisis del suelo que corresponde al tramo de la carretera, así como otras obras relacionadas. Se realizaron ensayos estándar de carácter geotécnico y geo mecánico, así como calicatas in-situ.

### **1.11.2 ETAPA DE POST-CAMPO**

Se realizó una sistematización y estructuración de todo el trabajo efectuado, tanto en el ámbito de campo como en el de gabinete. Se realizó un análisis de los resultados y se describieron las características geomecánicas de los materiales correspondientes al tramo Antapallpa-Anexo Parcco.

### **1.11.3 ETAPA DE GABINETE**

Organizar e interpretar la información recopilada en el campo; evaluación de hipótesis, con el objetivo de obtener un resultado final que será posteriormente redactado.

### **1.11.4 ETAPA FINAL**

Sustentación final del trabajo de investigación.

## **1.12 INSTRUMENTOS UTILIZADOS**

- La brújula es un instrumento valioso para diversas aplicaciones de orientación. Con ella se pueden determinar el acimut, los rumbos y los buzamientos de afloramiento, así como las litologías, diaclasas, capas, pliegues y fallas.
- Se utilizó el dispositivo Sistema de navegación GPS Garmin 62S para determinar nuestra posición en el área de estudio. Esto nos permite encontrar fácilmente pozos de prueba, canteras, fuentes de agua, contactos geológicos y cualquier otra característica notable que sea relevante para nuestra investigación.
- La picota se emplea como un instrumento esencial para la obtención de muestras durante la realización del estudio.
- El ácido clorhídrico utilizado frecuentemente para caracterizar rocas existentes.

## **1.13 MARCO TEÓRICO**

### **1.13.1 DESCRPCION Y CLASIFICACION DE SUELOS**

Los suelos presentan variaciones en el tamaño de sus partículas y en su composición química, lo que ha llevado a que las definiciones y sistemas de clasificación desarrollados consideran diversas disciplinas utilizando un mismo lenguaje. En consecuencia, se indican cuatro categorías: grava, que abarca un tamaño de partículas de 10-8 cm a 2 mm; arena, con dimensiones que varían de 2 mm a 0,060 mm; arena limosa, que se sitúa entre 0,060 y 0,002 mm; y arcilla, que tiene un tamaño de partículas de 0,002 mm o menor, según lo indicado por González de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo en 2002.

En el año 1948, durante la etapa de construcción del aeródromo, el grupo de ingenieros del ejército propuso un sistema integral para la selección de suelos, el cual dividía el terreno en dos grandes categorías, según lo indicado por Braja M. (2013).

El tamiz N° 200 retiene suelos de grano grueso, tales como gravas y arenas, cuando el material excede el 50%. En este proceso de clasificación, se emplean los prefijos G y S para identificar grava y arena, según lo indicado por Braja M. (2013).

Un suelo se clasifica como de grano fino cuando más del 50% de su composición es retenido por el tamiz N° 200. Los prefijos M, C y O se utilizan para identificar suelos limosos, arcillosos y orgánicos o con un alto contenido orgánico, respectivamente, según Braja M. (2013). Además, se emplean símbolos adicionales para caracterizar la gradación del material, tales como bien graduado (W) y pobremente graduado (P), así como para evaluar la plasticidad, que puede ser de baja (L) o alta (H), según lo indicado por Braja M. (2013).

### **1.13.2 CONSISTENCIA DEL SUELO**

Albert Maurice Atterberg aplicó este método con el fin de medir la consistencia del suelo absorbiendo agua alrededor de partículas de arcilla. Al variar el contenido de humedad, Observó que el terreno con escaso contenido de humedad se comporta como un material sólido y frágil,

mientras que agregar demasiada agua puede hacer que el suelo fluya como un líquido. Para este fin, propongo dos estados del suelo: El límite entre los estados plástico y líquido se define como el punto medio entre las condiciones semisólidas y plásticas, mientras que el estado líquido representa la transición entre los estados plástico y líquido.

#### **1.13.2.1 LIMITE LIQUIDO (LL)**

Esta prueba, de acuerdo con ASTM D4318, proporciona un método para Establecer el límite líquido probando la adición de material de suelo presa turado con contenido de humedad variable pasado a través de un tamiz No. 40, colocado en un balde Casagrande y probado. Crea Espacio de 12,7 mm y golpee hasta que el espacio se cierre después de 25 golpes. Se establece el nivel de humedad y se expresa en términos porcentuales (Braja M. 2013).

#### **1.13.2.2 LIMITE PLÁSTICO (PL)**

Establezca el nivel de humedad presente en el suelo dividiéndolo haciendo una línea de 3,2 mm de diámetro. La prueba especificada se efectúa según la norma ASTM-D4318. Respecto a una plancha de vidrio pulido, mientras la tierra rueda hasta alcanzar el diámetro requerido y provocar su ruptura. Se establece el nivel de humedad y se expresa en términos porcentuales (Braja M. 2013).

#### **1.13.2.3 ÍNDICE DE PLASTICIDAD (PI)**

Este valor corresponde a la diferencia existente entre el límite líquido y el límite plástico. (Braja M. 2013).

### **1.13.3 MUESTRAS GEOTECNICAS**

Estas muestras se toman mediante pozos, sondeos o excavaciones para obtener núcleos que caractericen la peculiaridad de las propiedades del suelo y luego se someten a ensayos de laboratorio. Las muestras inalteradas son aquellas cuya estructura y contenido de humedad no han cambiado. Las muestras modificadas cambiaron la textura y el contenido de humedad y permitieron realizar pruebas de laboratorio.

## **1.14 MARCO CONCEPTUAL**

### **1.14.1 CUENCA HIDROGRAFICA**

Desde una perspectiva hidrológica una cuenca hidrológica es una área geográfica física o espacio territorial definida por una separación topográfica que capta precipitaciones y conduce agua a través de escorrentía hacia grandes cuerpos receptores (llamados grandes ríos). Vízquez Absalón, 2016.

### **1.14.2 PRECIPITACIÓN**

La precipitación se define como un fenómeno de humedad que cae sobre la superficie terrestre en forma de lluvia o granizo y otras formas de agua provenientes de las nubes. En el campo de la hidrología, la precipitación representa un recurso esencial de agua en la superficie del planeta, lo que ha motivado la investigación encaminada a su utilización y gestión efectivas (Villon Béjar, 2002).

### **1.14.3 CAUDAL ECOLÓGICO**

Los caudales son considerados como fuente natural y son esenciales para la conservación de ecosistemas, la estética paisajística o los intereses científicos y culturales. La metodología para los recursos ecológicos se encuentra establecida en el documento (RJ 154-2016-ANA).

### **1.14.4 ESCURRIMIENTO**

Se entiende como el agua que proviene de las precipitaciones y que se mueve a lo largo de la superficie del terreno hasta alcanzar la desembocadura de una cuenca. (Mijares y Aparicio, 2013).

### **1.14.5 DEFICIT DE AGUA**

El agricultor necesita agua en su terreno para su uso en el hogar, la producción agrícola y el abastecimiento de animales. Esto conlleva la necesidad de comprender la demanda hídrica y la

cantidad de agua accesible de lluvias, riachuelos, ríos, embalses, etc. y optar por el método de captación más conveniente para satisfacer estas demandas (Fao y Fida, 2013).

#### **1.14.6 ALIVIADERO**

El aliviadero se refiere a un canal, canal o alguna otra estructura construida con el propósito de permitir que el agua de inundación se libere cuando la estructura está colmada. De acuerdo con Suárez Villar (1982), la carga máxima permitida en una cimentación es aquella que se puede aplicar sin ocasionar daños o fallas en la estructura que soporta, empleando un coeficiente de seguridad. La capacidad de carga depende del tipo de cimentación, del factor de seguridad utilizado y de las características del suelo (Pazán, 2009).

#### **1.14.7 POROSIDAD**

La porosidad se establece como la proporción del volumen total de una roca o un suelo con respecto al volumen de sus espacios vacíos. Este parámetro, que no tiene dimensiones, la característica depende de manera exclusiva de la composición de roca o suelo, lo que se traduce en su textura, sin tomar en cuenta la geometría ni las condiciones de su formación (Gonzáles de Vallejo, Ferrer, Ortuño y Oteo, 2002).

#### **1.14.8 CIMENTACION**

Una cimentación se entiende como la estructura situada en la base de una edificación. Esta tiene la función de transferir el peso de la construcción al suelo que la soporta. Es fundamental llevar a cabo un diseño apropiado y evitar la sobrecarga del terreno, ya que esto podría provocar asentamientos o fallas por corte, lo que podría comprometer la integridad de la edificación. Para evaluar esto, los especialistas consideran un aspecto crucial: La capacidad de carga del terreno, según Braja M. (2013).

## 1.15 MARCO REFERENCIAL

El proyecto especial del centro sur de la sierra según PESCS (2016). El estudio de la hidrología **“Creación del servicio de agua del sistema de riego Querque en las comunidades de Ccollana, Casablanca, Ayacasi, Merquez y Urazana del distrito de Velle - Chumbivilcas – Cusco”**, serie de inversión 2379280. En la presente investigación se efectúa un análisis hidrológico para determinar el balance hídrico.

(De la cruz, 1995). Carta Geológica **“Geología de los cuadrángulos de Velle, Yauri, Ayaviri y Azángaro 30-s, 30-t, 30-u, 30-v”**, esta información se utilizó como referencia para el mapeo geológico, se descarga del cuadrángulo 30-S del INGEMMET.

(En 2019, Montesinos Consultora y Constructora S.C.R.L). Informe técnico. **“Creación del servicio de agua del sistema de riego Querque en las comunidades de Ccollana, Casablanca, Ayacasi, Merquez y Urazana del distrito de Velle- Chumbivilcas –Cusco”**, serie de inversión 2379280. El estudio es uno de los muchos expedientes incluidos en este informe. Los datos geotécnicos, geofísicos obtenidos son generales.

(Gonzales Moreno y Sencia Gutiérrez, 2019), tesis. **“Estudio geologico y geotécnico para la construcción de la presa Ccomerccochoa, distrito de Coyllurqui, provincia de Cotabambas, Apurímac, 2019”**. Este estudio se utilizó como referencia para comparar información de viabilidad.

## **CAPITULO II: GEOMORFOLOGIA**

Regionalmente la zona de trabajo se emplaza en la cordillera Occidental, el mismo que se encuentra hacia el flanco norte de la misma cadena montañosa, en el cual se tienen diferentes valles interandinos que son los que predominan en el estudio hidrográfico.

El lugar estudio, presenta diversas unidades las que son descritas basándose a la morfología producto de la interacción de los diferentes procesos erosivos causados por el agua, el viento y otros, en función a la resistencia litológica e influencia tectónica del valle del Apurímac donde predomina las rocas metamórficas del paleozoico-inferior dando la morfología que tiene evolución de juvenil a maduro con pendientes de suaves a moderadas en ambos flancos.

El área de trabajo se ubica en las subcuencas que alimentan al río Apurímac, específicamente en el lado izquierdo del río mencionado. En esta región se encuentra una prolongación de la cordillera oriental, denominada cordillera Occidental, que posteriormente pasa a formar parte de la zona subandina caracterizada por la exposición de rocas metamórficas.



*Foto N°3: Vista de la Cordillera occidental. Fuente: Propia*

### **2.1.1 VALLE DEL APURIMAC**

El lado oeste tiene cumbres y cadenas montañosas formadas por profundos valles con cañones. En los valles del área de estudio, las formas que son el resultado del río Apurímac y sus varios afluentes son las más pertinentes.

Las laderas del valle se caracterizan por ser empinadas y frecuentemente contienen depósitos de sedimentos conducidos por el agua. Los cambios en los patrones de caudal indican que el río no ha alcanzado un equilibrio estable. En el río Apurímac, se observa que sus afluentes menores no han presentado la oportunidad de desarrollar un cauce único, lo que sugiere un nivel de base más elevado.



Foto N°4: Vista de los valles del Apurímac. Fuente: Propia

### **2.1.2 PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA**

En la cuenca de Anta, los procesos geodinámicos extremadamente dinámicos Generan consecuencias adversas en el entorno físico, los centros poblados, la infraestructura y diversas actividades socioeconómicas, incluyendo la minería, la agricultura y el turismo. Las unidades geomorfológicas están vinculadas a estos procesos geodinámicos y se clasifican según su ubicación geográfica y origen. Dentro del valle de Urubamba, estos procesos son evidentes en

las llanuras altas de la cordillera y regiones adyacentes, como la Cordillera de los Andes, valles, llanuras altas y áreas de nieves perpetuas.

**Procesos de origen fluvial:** Las precipitaciones, independientemente de su frecuencia, sean regulares, esporádicas o extraordinarias, tienen una fuerte correlación con los huaycos, que recorren las llanuras de ambos márgenes del río Apurímac, transportando materiales, fragmentando el terreno llano y, en ocasiones, depositando su contenido en forma de conos aluviales. En esta región se encuentran varias quebradas importantes. En esta zona, el río Apurímac sufre procesos de erosión de riberas, ensanchamiento del cauce e inundación de extensas zonas agrícolas

**Procesos de origen fluvio-aluvial:** Los ríos Quenkomayo y Aobamba, especialmente en la zona de Collpani, experimentan un proceso fluvial de erosión, transporte y deposición de sedimentos. Los agentes hídricos facilitan el desarrollo de la erosión de cárcavas, erosión y desgaste laminar, que pueden presentarse como arroyos o flujos de lodo (huaycos), dependientes de factores litológicos y estructurales, su magnitud y aspecto en los márgenes de los valles que revelan densas cárcavas de diversas dimensiones, con profundidades que varían desde un metro hasta varias decenas de metros.

### **2.1.3 PROCESO DE ORIGEN ANTROPICO:**

Las acciones humanas no solo son los principales factores de acelerar y reactivar los procesos que impiden su funcionamiento, sino que también crean otros nuevos que pueden tener consecuencias muy perjudiciales para el entorno físico y para el mismo ser humano.

Las siguientes son las principales actividades que realizan los humanos y alteran el medio físico:

**Rehabilitación de Carreteras:** En muchos casos, los cortes en los taludes naturales ayudan a generar nuevos procesos geodinámicos y a reactivar derrumbes o deslizamientos antiguos.

**Terrenos de cultivo:** El crecimiento de las áreas agrícolas en las proximidades de las riberas del río Apurímac, el sobrepastoreo, la práctica de la deforestación donde se utilizan arbustos y varias plantas como combustible y en ocasiones los incendios forestales en la cuenca alta



*Foto N°5: Rehabilitación de carretera y deforestación. Fuente: Propia*

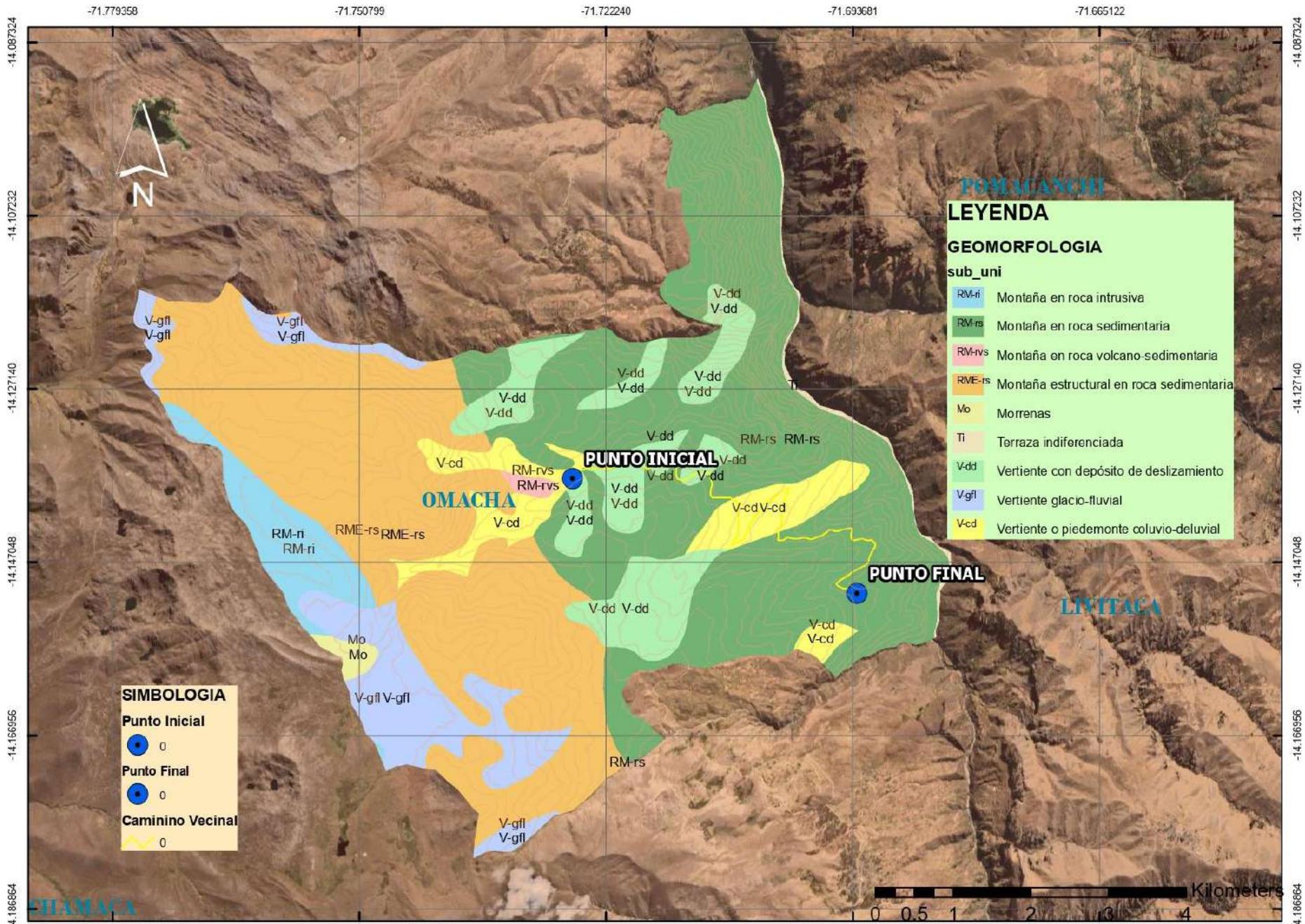
#### **2.1.4 RIESGOS NATURALES O GEOLÓGICOS:**

Estos sucesos pueden ser el resultado de la dinámica del medio geológico, que se correlaciona con acciones humanas anticipadas en una escala temporal. Surgen de procesos geodinámicos internos y externos que afecta a las personas y a los recursos. Los riesgos naturales se distinguen de los inducidos por la actividad humana, ya que los factores desencadenantes se derivan de procesos que son, en cierta medida, independientes de la acción humana, como el comportamiento erosivo del río Santo Tomás durante su curso.

Aunque tiene un impacto en las tierras cultivables y edificios ubicados en áreas de erosión, los factores que provocan este fenómeno (como la presencia de materiales consolidados, la pendiente del río y el caudal, entre otros) pueden ser considerados casi completamente independientes de la actividad humana.



*Foto N°6: la precipitación como agente externo. Fuente: Propia*



<b>MAPA 03</b>	<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA TROCHA CARROZABLE QUE INTERCOMUNICA LA COMUNIDAD DE ANTAPALLMA CON EL ANEXO PAROCO DEL DISTRITO DE OMACHA, DE LA PROVINCIA DE PARURO - DEPARTAMENTO DE CUSCO.	<b>UBICACIÓN</b>	<b>BACHILLERES:</b>	<b>PLANO:</b>	<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b>	<b>ESCALA</b>
		DISTRITO: OMACHA	MAMANI CHOQUEUANCA JHON	<b>GEOMORFOLOGICO</b>	PROYECCIÓN: UTM	1/50000
		PROVINCIA: PARURO	NOALCCA MEZA VICTOR JULIO		ZONA: 19 SUR	FECHA:
		REGIÓN: CUSCO			COORDENADAS: UTM-84	2024

## CAPITULO III: GEOLOGIA

### 3.1 GEOLOGÍA REGIONAL

#### 3.1.1 HIDROGRAFIA

La carretera "ANTAPALLPA - ANEXO PARCCO" atraviesa diversas formas topográficas con múltiples quebradas y que interceptan el tramo de la trocha carrozable. A partir del punto de partida del pueblo de ANTAPALLPA al ANEXO PARCCO se realiza sobre un terreno suavemente ondulado, con pastos naturales como cubierto vegetal.

La red de drenaje de la región objeto de estudio incluye cuatro microcuencas de Porotuyoc, Q'atca, Chacatuyoc, Paccha y Puente hidroeléctrica en la progresiva final de la carretera. La ruta desemboca en el río Apurímac en todas sus cuencas.

En relación con los niveles de lluvia en el área del proyecto se observa una clara tendencia estacional, lo que indica que la mayor parte de las lluvias ocurre entre los meses de setiembre y abril, mientras que los meses restantes experimentan poca o ninguna precipitación.



*Foto N°7: Vista satelital de las cuatro micro cuencas, Fuente: Propia*

### **3.1.2 ESTRATIGRAFIA**

En la zona analizada se pueden identificar rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias que datan desde el Precámbrico hasta el Cuaternario, la secuencia sedimentaria tiene un espesor que excede los 4.000 metros, y un segmento de esta secuencia ha estado influenciado por rocas que presentan una composición mayormente diorítica y granítica.

#### **3.1.2.1 FORMACION ARCURQUINA**

La Formación Ferrobamba, estratigráficamente este compuesto por calizas que corresponde al periodo Albiano-Turoniano, se encuentra en las regiones de Apurímac y Cuzco, en el margen nororiental de la montaña Occidental, al sur del Perú. Presenta similitudes con la Formación Arcurquina, ubicada en la zona de Arequipa.

En la región de Cotabambas se localiza la Formación Ferrobamba, que se sitúa en el anticlinorio de Ancasmарca, llegando a formar flancos que han experimentado un repliegue. Esta formación se basa en lutitas de la Formación Mara, que podrían datar del Albiano, aunque en la mayor parte de los afloramientos, esta unidad presenta un grosor reducido o incluso desaparece, lo que sugiere una discrepancia entre las formaciones Ferrobamba y Mara (Pecho, 1981). Los materiales de tipo caliza presentan pliegues que varían de escala métrica a kilométrica y su disposición es ligeramente disarmónica. Excepto el anticlinorio de Ancasmарca, que se orienta en dirección NO-SE, se puede notar que estos pliegues menores que influyen a la Formación Ferrobamba presentan diversas orientaciones y, en ocasiones, como en el sur, parecen estar muy extendidos y acomodados.

#### **3.1.2.2 FORMACION PISQUICHA**

Serie de sedimentos del Calomaniano- Kimmerilgiano, que consiste en lutitas carbonosas intercaladas con areniscas cuarcíticas y calizas, tiene una potencia de 300 m aflorando en Piste - Challhuanca – Apurímac.

Grupo Murco

Dos formaciones del grupo Murco, Huintuyo y Chillirolla, poseen sedimentos clásticos abigarrados, pero mayormente rojizos que se encuentran en posiciones estratigráficas sobre el grupo Yura y debajo de la formación Arcurquina. Estas dos formaciones permiten redefinir estratigráficamente al grupo actual.

### **3.1.2.3 FORMACION VILCARANI**

Se encuentra ubicado sobre el volcán Malmanya, resultado de una discordancia erosiva, y está formado por una combinación de piroclastos y flujos de lava, siendo los piroclastos los más abundantes. La secuencia geológica incluye tufos, brechas y cenizas, con una composición andesítica, riolítica y riodacítica, presentando una gama de colores que varía blanco a rojo. Además, su estructura muestra una notable variabilidad.

Existen algunos que son muy duros y compactos, mientras que otros son más blandos y delicados, lo que los hace propensos al desgaste. En ciertas ocasiones, se pueden observar formas deterioradas. Los componentes de las brechas suelen ser rocas volcánicas con contornos angulares o subangulares, con diámetros que oscilan entre unos pocos centímetros y más de treinta. Los tufos presentan láminas delgadas con presencia de matriz vítreo, fenocristales de cuarzo y plagioclasas que han sido deterioradas.

### **3.1.2.4 FORMACION HUAYLLA**

Contiene una superficie de erosión considerable que ha permitido la diferenciación de la superficie Macurumi.

Se ubica en una discordancia angular con la formación de alpabamba e infrayace a los depósitos fluvioglaciarios. Está formado por flujos de lava (andesítico, dacítico, traquiandesítico y riodacítico). En su mayoría, las rocas son porfiriticas y en menor proporción afíticas de un color gris oscuro.

### **3.1.2.5 FORMACION ALLPABAMBA**

La formación Alpbamba aflora por debajo de la formación Huaylla y se encuentran en una posición angular discordante respecto al grupo Puno. Esta formación está constituida por (lavas, brechas volcánicas y tobas) que se combinan con varias intercalaciones lenticulares de depósitos de conglomerados. En los estratos delgados, los flujos de lava presentan características porfíricas de tonalidades rojizas, grises o verdosas, y exhiben zonas de alteraciones porfíricas.

### **3.1.3 DEPOSITOS APURIMAC**

Se han encontrado cuerpos plutónicos del Oligoceno-Mioceno en el área de estudio en forma de inventarios e intrusiones subvolcánicas. En su mayoría, se observan ingresando a las unidades sedimentarias de las Formaciones Piste en Apurímac. Estos intrusivos plutónicos cubren varias áreas del cuadrángulo de Santo Tomás. Los pórfidos subvolcánicos no son muy grandes y se han visto cortando a las secuencias sedimentarias e intrusivas plutónicas en algunos casos.

Se han reconocido intrusiones plutónicas en el lugar de estudio, dentro de las cuales tenemos:

- Cuarzo diorítica a diorítica.
- Tonalitas.
- Granodioritas.

Las rocas subvolcánicas están formadas por rocas de composición dacítica a riodacítica, así como otras rocas subvolcánicas de naturaleza andesítica, traquita, etc.

#### **3.1.3.1 Depósitos clásticos recientes**

Los siguientes son los depósitos de este tipo que son los más significativos en el área de estudio.

### **3.1.3.2 Terrazas fluviales.**

En las márgenes de los ríos se encuentran pequeñas terrazas fluviales. Las más relevantes del cuadrángulo se sitúa en la parte Nor-Oeste de la orilla occidental del río Apurímac, lo que indica que una porción del depósito es creada a través de procesos de geodinámicos los cuales forman pequeñas terrazas fluviales.

### **3.1.3.3 Aluviones.**

En la hoja de Cotabambas, los aluviones más extensos se hallan en los lechos de los cauces huallpachaca y en parte en los valles del río Apurímac.

Los elementos presentan una variedad de tamaños, que van desde bloques que superan el metro hasta pequeños fragmentos de arcilla. Los bloques de mayor tamaño se encuentran en la parte superior del sistema de drenaje y en la parte inferior del flanco andino. A pesar de que la composición de las quebradas es diversa como gneis, granito, cuarcita, lavas, entre otras. en las quebradas menores, la mayor parte de las rocas que constituyen los flancos son las que están presentes en esa área.

### **3.1.3.4 Depósitos Aluviales.**

El material aluvial se localiza en los cauces, donde se forman terrazas y conos aluviales. Pasados y actuales, así como en las pendientes de los valles y quebradas. El reciente ascenso de los Andes y el renacer de los ríos da origen a la formación de valles profundos en forma de "V", hay terrazas que se encuentran a una altitud superior a los 150m por encima del nivel. De los ríos que fluyen en la actualidad. El río Santo Tomás y Machupicchu, a la altura de su confluencia con los riachuelos jóvenes, ofrecen ejemplos notables de estas terrazas.

Estos depósitos en las grandes altiplanicies, cuyo suelo funciona como pastos naturales, también son apreciados. El ganado de esta zona los consume. Los depósitos aluviales se componen principalmente de gravas, cantos y otros materiales con formas redondeadas y

curvas, que se encuentran con matriz areno-arcillosa cuya estratificación es en medio de estratos de arenas y arcillas.

La profundidad de los depósitos oscila entre unos pocos metros y más de 150 metros. Estos conos aluviales se encuentran situados en los flancos de los valles y en las zonas más bajas de las montañas.

Donde los depósitos están compuestos por gravas que se han juntado principalmente debido a la gravedad, mostrando un escaso transporte. Las laderas de los valles principales son representativas de este tipo de depósito.

#### **3.1.3.5 Depósitos eluviales**

En los bordes de los valles, los materiales eluviales pueden desplazarse y dar lugar a Huaycos o corrientes de lodo, compuestos por fragmentos angulosos de distintas dimensiones, rodeados por un entorno de arena y arcillosa, de color rojizo; en ocasiones, su espesor puede llegar a varios cientos de metros y son de origen antiguo.

#### **3.1.3.6 Coluviales**

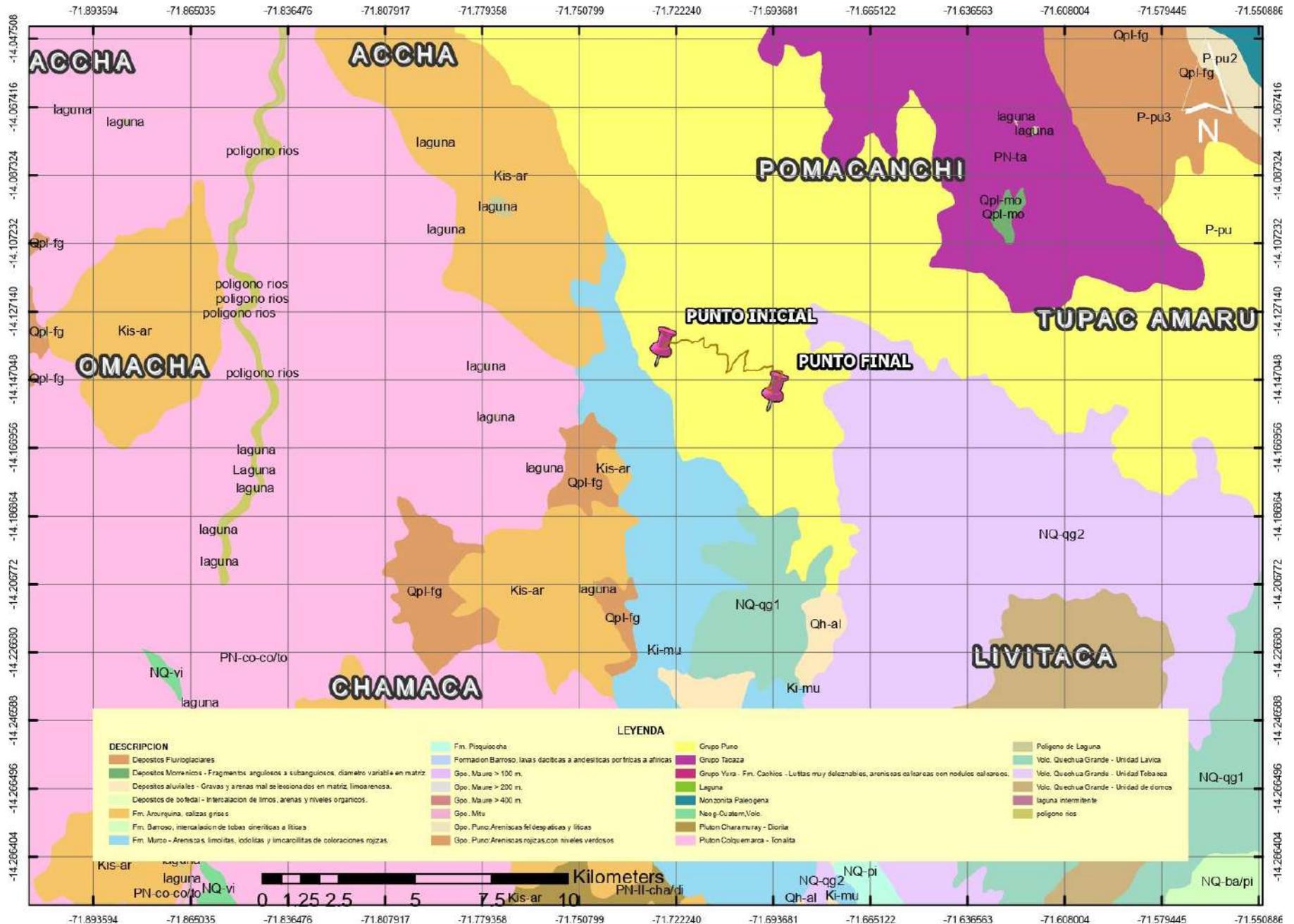
Los depósitos coluviales se encuentran en Sondor, situado en el valle del Huallpachaca, y se han formado como resultado de la caída de los componentes del conglomerado que rodea el área de estudio.

#### **3.1.3.7 Depósitos Fluvioglaciares**

Son materiales acumulados que las corrientes de agua arrastraron a través de la mayoría de las morrenas.

En su mayoría, las morrenas se encuentran en las partes superiores de los grandes valles, dado que se conservan en buen estado y son menos susceptibles a la erosión.

# MAPA GEOLOGICO REGIONAL



<b>MADA 04</b>	<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA TROCHA CARROZABLE QUE INTERCONIUNTA A LA COMUNIDAD DE AINTAPALLPA CON EL ANEXO PARCCO DEL DISTRITO DE OMACHA, DE LA PROVINCIA DE PARURO - DEPARTAMENTO DE CUSCO.	<b>UBICACION</b> DISTRITO: OMACHA PROVINCIA: PARURO REGION: CUSCO	<b>BACHILLERES:</b> MAMANI CHOQUEUANCA JHON NOALCCA MEZA VICTOR JULIO	<b>PLANO:</b>  GEOLOGICO REGIONAL	<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b> PROYECCION: UTM ZONA: 19 SUR COORDENADAS: UTM-84	<b>ESCALA</b> 1/50000  FECHA: 2024
----------------	--	--	---	---	---	--

## **3.2 GEOLOGÍA LOCAL**

En el ámbito de estudio se encuentran las formaciones Arcurquina y Depósitos Apurímac, así como los cuaternarios.

### **3.2.1 UNIDADES LITOESTRATIGRÁFICAS**

En el ámbito de estudio se pudieron observar secuencias de las diferentes formaciones las cual describiremos sus características litológicas, así como de los depósitos cuaternarios.

### **3.2.2 FORMACION ARCURQUINA**

La Formación Ferrobamba, estratigráficamente este compuesto por calizas que corresponde al periodo Albiano-Turoniano, se encuentra en las regiones de Apurímac y Cusco, en el límite nororiental de la Cordillera-Occidental, al sur del Perú. Presenta similitudes con la Formación Arcurquina, ubicada en la zona de Arequipa

En la región de Cotabambas se localiza la Formación Ferrobamba, que se sitúa en el anticlinorio de Ancasmarcha, llegando a formar flancos que han experimentado un repliegue. Esta formación se basa en lutitas de la Formación Mara, que podrían datar del Albiano, aunque en la mayor parte de los afloramientos, esta unidad presenta un grosor reducido o incluso desaparece, lo que sugiere una discrepancia entre las formaciones Ferrobamba. y Mara (Pecho, 1981). Los materiales de tipo caliza presentan pliegues que varían de escala métrica a kilométrica y su disposición es ligeramente disarmónica. Excepto el anticlinorio de Ancasmarcha, que se orienta en dirección NO-SE, se puede notar que estos pliegues menores que influyen a la formación Ferrobamba presentan diversas orientaciones y, en ocasiones, como en el sur, parecen estar muy extendidos y acomodados.



*Foto N°8: Vista panorámica de los depósitos de la formación Arcurquina. Fuente: Propia*

### **3.2.3 DEPÓSITOS ALUVIALES**

En el lugar investigación, es sencillo identificar los depósitos formados por materiales materiales sueltos poco consolidados, caracterizados por su estructura heterogénea y variada en tamaño. Las gravas redondeadas, con un diámetro máximo de 1,5 metros, están inmersos en una matriz de arena limosa que se formó durante el Holoceno. Estos materiales se localizan en los lechos fluviales, en las llanuras de inundación y en las terrazas bajas y medias, donde han experimentado un proceso de consolidación parcial.

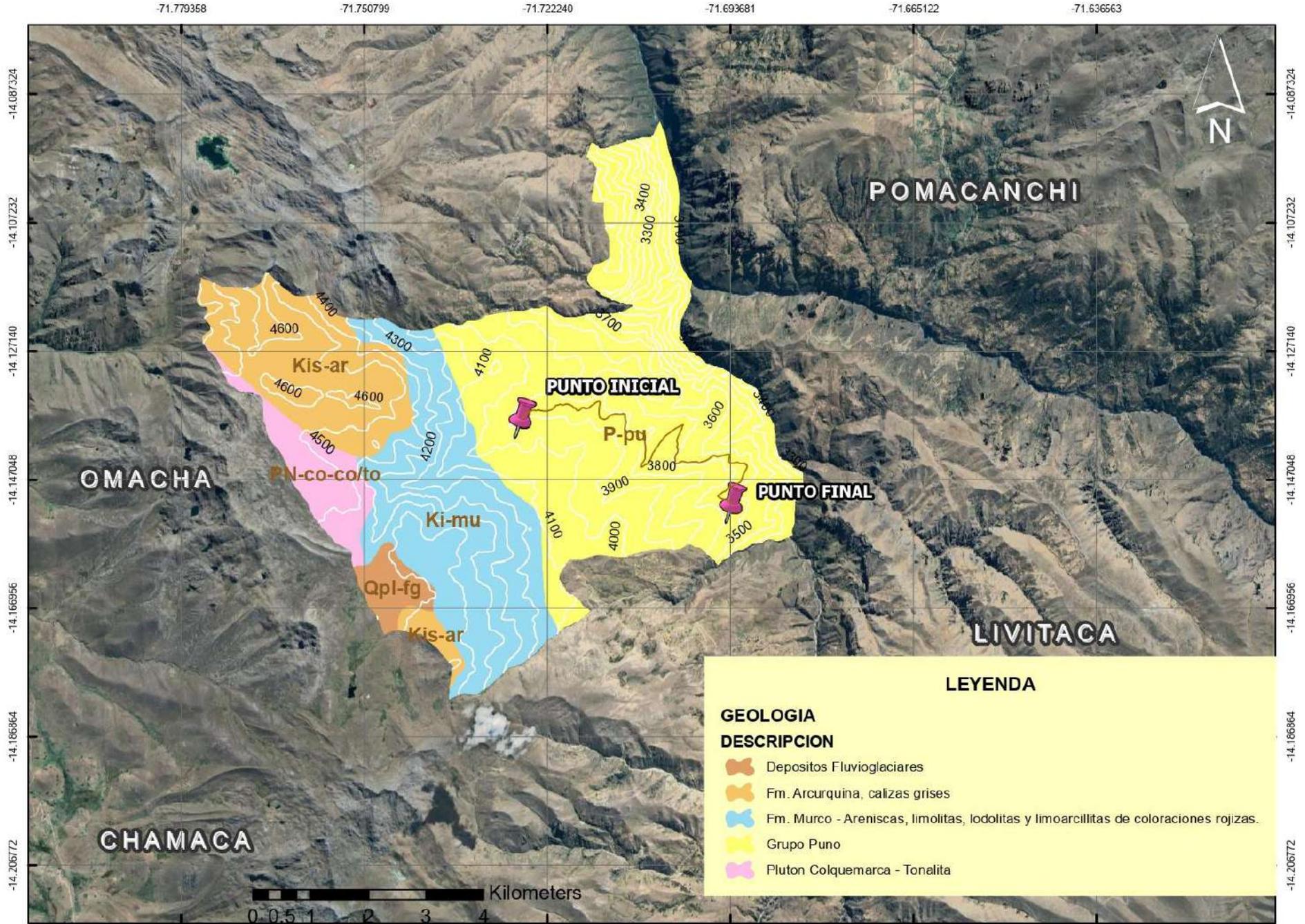


*Foto N°9: Vista de los materiales aluviales. Fuente: Propia*

#### **3.2.4 DEPÓSITOS COLUVIALES**

Estas acumulaciones están formadas por materiales de diferentes tamaños, pero con una litología uniforme, envueltos en una matriz arcillosa que se distribuye de manera irregular en las orillas del territorio montañoso. Se originan de la modificación y aumento de las rocas situadas en las laderas superiores cercanas. Este material se distingue por presentar gravas angulosas a subangulosas dispuestas de manera caótica, sin presentar alguna estratificación evidente, con una consolidación generalmente baja y, en ocasiones, algunos depósitos lenticulares de limos, arcilla y arena. En términos generales, cuenta con una capa de limo-arcillosa que varía entre 0,5 y 1 m de grosor.

# MAPA GEOLOGICO LOCAL



**LEYENDA**

**GEOLOGIA**  
**DESCRIPCION**

- Depositos Fluvioglaciales
- Fm. Arcurquina, calizas grises
- Fm. Murco - Areniscas, limolitas, lodolitas y limoarcillitas de coloraciones rojizas.
- Grupo Puno
- Pluton Colquemarca - Tonalita

<b>MAPA 05</b>	<b>NOMBRE DEL PROYECTO:</b> ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA TROCHA CARROZABLE QUE INTERCOMUNICA LA COMUNIDAD DE ANTAPAL LPA CON EL ANEXO PARCCO DEL DISTRITO DE OMACHA, DE LA PROVINCIA DE PARURO - DEPARTAMENTO DE CUSCO.	<b>UBICACIÓN</b>	<b>BACHILLERES:</b>	<b>PLANO:</b>	<b>SISTEMA DE COORDENADAS</b>	<b>ESCALA</b>
		DISTRITO: OMACHA	MAMANI CHOQUEUANCA JHON	<b>GEOLOGICO LOCAL</b>	PROYECCIÓN: UTM	1/50000
		PROVINCIA: PARURO	NOALCCA MEZA VICTOR JULIO		ZONA: 19 SUR	FECHA:
		REGIÓN: CUSCO			COORDENADAS: UTM-84	2024

### **3.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

Las estructuras observadas más significativas en el área son los plegamientos y los fallamientos. Es posible que la amplia cobertura de los depósitos aluviales oculte pruebas de muchas otras.

#### **3.3.1 FALLAMIENTO**

En el ámbito de análisis no se identifican fallas, de grandes extensiones que puedan afectar a cualquier obra que se construya, y si existen están fuera de la zona de estudio.

## **CAPITULO IV: GEOTECNIA**

### **4.1 SUELOS, CANTERAS Y FUENTES DE AGUA**

#### **4.1.1 SUELOS**

La identificación del rasgo geológico y estratigráfico del área donde se rehabilitará la carretera es una tarea vital en las investigaciones de campo. Para este propósito, se han recurrido a cortes de talud ya establecidas y calicatas a cielo libre, junto con las deducciones geológicas derivadas de indicadores visuales observados en el terreno.



*Foto N°10: perfil del punto inicio con la quebrada Parcco. Fuente: Propia*

### **4.2 EVALUACION DE CAMPO**

Se han ejecutado pruebas destructivas del tipo calicatas con el fin de llevar a cabo una evaluación de los materiales que componen la capa de contacto en la subrasante.

Tablas N ° 02: Numero de calicatas según cada progresiva. Fuente: propia

N °	CALICA TA	PROGRESI VA (Km)	LADO	PROFUNDI DAD (m)	N° ESTRAT OS	N° MUEST RA
1	C-1	00+000	IZQUIER DO	1.5	1	1
2	C-2	02+000	IZQUIER DO	1.5	2	2
3	C-3	04+000	DERECH O	1.5	1	1
4	C-4	05+000	IZQUIER DO	1.5	2	2
5	C-5	07+000	DERECH O	1.5	3	3

### 1.-CALICATA (C-1) PROGRESIVA (00+0000)



*Foto N°11: suelo moderadamente suave compuesto por arenisca rojiza con clastos de 5cm con poca humedad. Fuente: Propia*

### 2.-CALICATA (C-2) PROGRESIVA (02+0000)



*Foto N°12: calicata en la progresiva (02+0000) observándose estrato de una sola capa suelo muy duro de poca humedad y con conglomerados de diámetro de 10 a 20 centímetros, Fuente: Propia*

### 3.-CALICATA (C-3) PROGRESIVA (04+0000)



*Foto N°13: Excavación de la calicata en la progresiva (05+0000) suelo moderadamente duro compuesto por arenisca y roca sedimentaria, Fuente: Propia*

### 4.-CALICATA (C-4) PROGRESIVA (05+0000)



*Foto N°14: recogida de muestra de la calicata en la progresiva (05+0000) observándose dos estratos una con arenisca rojiza y la otra arenisca oscura y con un suelo moderadamente duro y poca humedad, Fuente: Propia*

## 5.-CALICATA (C-5) PROGRESIVA (07+0000)



*Foto N°15: Excavación de calicata y descripción en el sector de Parcco se describe estratos bien marcados con clastos redondos y sedimentos compactados se observa rocas sedimentarias y en poca cantidad de volcánicas y la humedad es moderadamente alta, Fuente: Propia*

### **4.3 ENSAYOS DE LABORATORIO**

Tuvimos la oportunidad de analizar las características del suelo mediante pruebas de laboratorio realizadas a cada muestra alterada de dichas calicatas y de la cantera utilizada para el proceso de afirmado. Las pruebas se han efectuado en el Laboratorio de Mecánica del Suelo de INGEOTEST SAC, ubicado en la avenida 28 de Julio, utilizando muestras de calicatas para realizar ensayos físico-mecánicos. En Cusco, el consultor y el personal técnico calificado están a cargo.

Sin embargo, es importante destacar que estos se realizaron conforme a los estándares y recomendaciones estipulados en la Norma Técnica de Edificación NTE E.050 de Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Construcciones.

## **ENSAYO**

- Representación descriptiva
- Determinación de la granulometría mediante la técnica de tamizado
- Límites de consistencia
- Sistema de Clasificación AASHTO
- Sistema unificado de clasificación de suelos SUCS

## **NORMA USADA (ASTM D 2488)**

- Porcentaje de humedad
- California Bearing Ratio (CBR)
- Proctor Modificado
- Evaluación macroscópica de las muestras de rocas y suelos que no fueron llevados al laboratorio.

### **4.4 PROPIEDADES FÍSICAS**

Los ensayos físicos son aquellos que establecen las características fundamentales del suelo y facilitan su clasificación.

#### **4.4.1 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

La evaluación granulométrica del suelo implica dividir y ordenar los granos por tamaño. Se puede tener una noción aproximada de las características de un terreno observando cómo se distribuyen los tamaños de los granos allí.

El análisis mecánico se utiliza para determinar la granulometría dividiendo las muestras completas en un conjunto de mallas, que determinan el tamaño de grano.

En el estudio granulométrico se realiza una curva granulométrica de la comparación entre el tamaño del diámetro del tamiz y el % acumulado que es capaz de pasar o retener, según el uso deseado del agregado.

**Equipo:** Tamices N° 2", 1, ½", 1", ¾", ½", 3/8", 4, 8, 10, 40, 100, 200

**Procedimiento:**

- La muestra se divide en partes y tiene un peso de 500 gramos para materiales de alta calidad, y 1000 gramos si el material es de mayor grosor, teniendo en cuenta también el peso del contenedor o recipiente.
- La muestra se somete a un proceso de lavado y se introduce en el horno por un lapso de un día.
- Después del proceso de secado, se permite que la muestra se enfríe y se proceda a medir su peso nuevamente.
- Seguidamente, se coloca el material en los tamices y se realiza el procedimiento de zarandeo.
- Por último, se realiza el pesaje del material que ha quedado atrapado en cada malla.

**4.4.2 LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG****4.4.2.1 LIMITE LÍQUIDO (LL)**

Determina el porcentaje de humedad (donde el material seco se expresa en porcentaje) de un suelo, Se hace una ranura de dimensiones estándar en la muestra y se cierra sin deslizarse en su base tras experimentar un impacto de 25 golpes .

**Equipo:**

- Cuchara de Casagrande
- Espátulas
- Ranurador

**Procedimiento:**

- Se utiliza la malla N° 40 para tomar 500 gramos de la muestra previamente tamizada.
- Se humedece y se deja saturar durante un día.

- Con la ayuda de una espátula, se coloca una cantidad de material en la cuchara de Casagrande. Posteriormente, se hace uso del ranurador y se ejecuta una serie de golpes hasta que la muestra se separa en dos partes iguales.
- Una vez que el material se une en 1/2", se procede a pesar de la cápsula. La muestra se extrae, se realiza un pesaje y se coloca en el horno durante un día.
- La cápsula se pesa nuevamente una vez que está completamente seca.
- El procedimiento debe repetirse cuatro veces, agregando una cantidad constante de agua de acuerdo con los datos establecido.

#### **4.4.2.2 LIMITE PLÁSTICO (LP)**

Al esparcir manualmente el agua sobre un rollo de alrededor de 3,2 mm de diámetro que comienza a mostrar grietas en el suelo, es importante que la superficie sea lisa y no absorbente, como una placa de vidrio pulido.

**Equipo:** Placa de vidrio pulido.

**Procedimiento:**

- Se toma una reducida cantidad de muestra y se moldea en rollitos hasta que se elimina la humedad, momento en el cual aparecen pequeñas grietas.
- La cápsula vacía se pesa antes de agregar los rollitos, y posteriormente se pesa la cápsula junto con los rollitos. Luego, se coloca en el horno durante un día.
- Por último, se procede a pesar de la muestra encapsulada y se registran los datos pertinentes.

#### **4.4.2.3 ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)**

Representa la diferencia porcentual entre los límites líquidos y plásticos:

$$IP = LL - LP$$

## 4.5 CONTENIDO DE HUMEDAD

Se define como la proporción entre el peso del H<sub>2</sub>O (W<sub>w</sub>) con respecto al peso de los sólidos (W<sub>s</sub>). Esta relación se expresa en forma de porcentaje, con un rango que abarca desde cero hasta el cien por ciento.

$$W(\%) = (W_w / W_s) * 100$$

Donde:

W<sub>w</sub> = Peso de H<sub>2</sub>O

W<sub>s</sub> = Peso de suelo seco

**Equipo:** Horno, capsulas.

**Procedimiento:**

- Las cápsulas son pesadas tras la incorporación de una muestra de suelo húmedo en su interior.
- La muestra se pone en el horno durante 24 horas a una temperatura de 110°C.
- Una vez que el suelo se encuentra seco, se procede a calcular el peso de la cápsula y del suelo en su estado seco. Se efectúan los cálculos necesarios.

## 4.6 PROPIEDADES MECÁNICAS

Los ensayos de características mecánicas son capaces de determinar la resistencia del suelo o su comportamiento ante las cargas.

### 4.6.1 COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

La compactación se refiere a cualquier procedimiento que incremente el peso del volumen de un material granular. En términos generales, la compactación del suelo es beneficiosa con el fin de mejorar su capacidad de resistencia al esfuerzo cortante, disminuyendo su compresibilidad y optimizar su permeabilidad. La organización de las partículas en un suelo tratado la cantidad de humedad presente en el material es un aspecto que tiene una gran relevancia y de las características del equipo de compactación. Lo cual,

durante el desarrollo de compactación, cada clase de material presenta un porcentaje de humedad (humedad óptima) que resulta en el mayor peso volumétrico.

#### 4.6.2 ENSAYO DE RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

Se analiza la resistencia al corte del suelo en condiciones controladas de humedad y densidad. Este procedimiento nos lleva a determinar un valor de relación de soporte, el cual varía para cada tipo de suelo en específico, se refiere únicamente a la condición del suelo en el momento del ensayo llevado a cabo.

Este resultado se deriva de un análisis de penetración donde se empleó vástago de 19,4 cm<sup>2</sup> se introduce en una muestra de suelo a una tasa de 0,127 cm/min, se registra el peso que se aplica para penetraciones que alcanzan hasta 0,25 cm.

El coeficiente de CBR es la comparación porcentual de la compresión esencial para penetrar los primeros 0,25 cm con la presión necesaria para lograr el mismo nivel de penetración en un material designado.

El contenido de humedad ideal se define como el % de H<sub>2</sub>O necesario en la mezcla de suelo y realizar la prueba CBR.

*Tablas N° 03: Clasificación general CBR con SUCS y AASHTO.*

<i>N°CB</i>	<i>CLASIFICACION</i>	<i>USOS</i>	<i>SUCS</i>	<i>AASHTO</i>
<i>R</i>	<i>GENERAL</i>			
<i>0-3</i>	<i>Muy pobre</i>	<i>Sub</i>	<i>OH, CH</i>	<i>A5, A6</i>
<i>3-7</i>	<i>Pobre a regular</i>	<i>Sub</i>	<i>OH, CH,</i>	<i>A4, A5,</i>
<i>7-20</i>	<i>Regular</i>	<i>Sub Base</i>	<i>OL, CL,</i>	<i>A2, A4, A</i>
<i>20- 50</i>	<i>Bueno</i>	<i>Base, Sub</i>	<i>GM, GC,</i>	<i>A1b, A25</i>
<i>&gt;50</i>	<i>Excelente</i>	<i>Base</i>	<i>GW</i>	<i>A1a,</i>

### **4.6.3 ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO**

Esta prueba se realiza en el lugar correspondiente, Empleando los recursos y el equipo adecuados para llevar a cabo su correcta realización. Se aplica el razonamiento y procedimiento orientado a fines mecánicos. El objetivo de este ensayo es establecer el nivel de compactación en terrenos que han sido compactados de manera artificial, siendo especialmente útil en suelos no cohesivos, como gravas y arenas.

### **4.7 CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

Tanto el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) como la Asociación Americana de Agencias Oficiales de Carreteras y Transporte (AASHTO) son utilizados como guías para la caracterización de los materiales.

#### **4.7.1 SISTEMA (AASHTO)**

En cumplimiento de las normativas establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, se ha procedido a implementar la clasificación de la AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Transporte y Autopistas), la cual es ampliamente reconocida en proyectos de infraestructura vial.

El Sistema AASTHO es un método universal que categoriza los suelos en siete grupos: A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7. Los grupos A-1 y A-2 están relacionados con depósitos de materiales granulares que se transforman en materiales arenosos, disminuyendo progresivamente hasta alcanzar el grupo A-7. Esta clasificación es fundamental para determinar el diseño adecuado de la superficie de rodadura.

Los siete grupos principales se subdividen en subgrupos que poseen un índice de grupo. Este índice varía desde 0 hasta 20 que representa el material más valioso. Un incremento en el límite líquido y el coeficiente de plasticidad, junto a la reducción del porcentaje de material grueso, sugiere una disminución en la capacidad de carga.

#### 4.7.2 SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN (SUCS)

En esta clasificación creado por casagrande, los tipos de suelo se identifican mediante símbolos que consisten en una serie de prefijos y sufijos. Como se muestra en la tabla, los prefijos señalan las categorías principales de suelos, mientras que los sufijos reflejan las subdivisiones dentro de los grupos.

*Tablas N° 04: Sistema Unificado de Clasificación*

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUB GRUPO	SUFIJO
Grava	G	bien graduado	W
Arena	S	pobrementemente graduado	P
Limo	M	limoso	M
Arcilla	C	arcilloso	C
Organico	O	WL < 50%	L
Turba	Pt	WL > 50%	H

#### 4.8 EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DEL SUELO DE FUNDACIÓN

La caracterización de los tipos de suelo se ha creado a partir de los elementos desarrollados anteriormente y se realizó un análisis del comportamiento de los diversos materiales presentes a lo largo del tramo.

Para realizar una evaluación geotécnica en función a los valores obtenidos por el CBR tenemos la tabla N° 1 O, del cual podremos indicar el estado de la vía.

*Tablas N° 05: Estado de la vía según CBR*

<b>Sub Rasante (0.30 - 0.45 cm)</b>	<b>CBR</b>
Sub rasante muy pobre	< 3 %
Sub rasante pobre	3%-5 %
Sub rasante regular	6 % - 10 %
Sub rasante buena	11 % - 19%
Sub rasante muy buena	>20%

Teniendo en cuenta el cuadro, se analiza la sub rasante y de esta forma indicar si requiere un tratamiento.

El cuadro a continuación presenta los valores obtenidos de las pruebas en laboratorio.

## RESUMEN DE LABORATORIO MATERIAL DE AFIRMADO EXISTENTE

*Tablas N° 06: Condición y tipo de suelo en la Subrasante. Fuente: Elaboración propia*

RESUMEN DE LABORATORIO MATERIAL DE AFIRMADO EXISTENTE												
CALI	KM	MUES	PROF	CLASI FICACIO	CLASI FICACIO	W(%)	LL	LP	IP	CBR	PROC TOR	
1	00+0 00		1 .5	GC	A -1 - b(0)	10. 89	16. 64	9.1 6	7.4 8	31%	10.30	
2	02+0 00		1 .5	GM - GC	A -2 - 7(0)	11. 97	20. 89	20. 72	0.1 7	24%	5.80	
3	04+0 00		1 .5	ML	A - 4(6)	10. 51	39. 2	30. 01	9.1 9	20.7 0%	9.90	
4	05+0 00		1 .5	SM - SC	A -2 - b( 1)	13. 37	24. 76	19. 28	5.4 8	29%	7.00	
5	07+0 00		1 .5	SC - GC	A -2 - 7	12. 55	30. 64	14. 21	16. 43	27.7 0%	7.00	

### C1 00+000

El punto de inicio presenta un material Grava arcillosa en estado semi húmedo, cubierto por material cuaternario y una superficie de rodadura de regular estado. Según la clasificación SUCS corresponde a suelos GC, según la clasificación de AASTHO corresponde a suelos A - 1 - b(0), con un I.P de 7.48

### C-2 01+000-03+000

Este tramo presenta un material de tipo grava limoso y la superficie de rodadura de regular estado con un espesor de 20 cm muy compactos redondeados.

El material coluvial, fluvioglacial y el afloramiento rocoso de granodiorita están en proceso de desintegración. Y según SUCS es un material tipo GM - GC y a la clasificación AASTHO del A-2-7, con un índice de plasticidad 4.17%.

C-3 03+000-05+000

Este tramo presenta material coluvial, fluvioglacial y eluvial que corresponde aun transporte de un afloramiento rocoso de granodioritas y material cuaternario.

Presenta un material limo de baja plasticidad y el material de rodadura de regular estado con un espesor de 20cm.

Este material coluvial según la clasificación de SUCS lo consideramos como ML, según la clasificación AASTHO A -4(6), presenta un índice de plasticidad de 9.19 %.

C-4 05+000-06+000

Este tramo presenta material de tipo arena- limosa y arena arcillosa pobremente graduado es de origen coluvial material.

El material corresponde según la clasificación SUCS a SM - SC, clasificación según AASTHO corresponde a A -2 -b(1) , con un I.P. de 5.48%

C-5 05+000-07+000

El tramo se ubica en suelo fluvial, eluvial y fluvioglacial. La superficie de rodadura es irregular y presenta baches y asentamientos debido a la presencia de agua. Es necesario mejorar la subrasante mediante enrocados y rehabilitación de los subdrenajes para eliminar las aguas subterráneas.

Según la cl SUCS lo consideramos como SC-GC, según la clasificación AASTHO A -2 – 7, presenta un índice de plasticidad de 16.43%.

## CONCLUSIONES

En general el suelo está conformado por material de depósitos sedimentarios, Volcánicos los cuales fueron Re depositados compactados, motivo por el cual presenta una consistencia media a alta.

De los resultados de CBR, de las 5 calicatas.

**Tablas N° 07: Resultados de CBR, de las 5 calicatas. Fuente: Propia**

Calicata 1:	31%	Calicata 4:	29%
Calicata 2:	24%	Calicata 5:	28%
Calicata 3:	20%		

El material de cobertura se debe de eliminar en una altura de 0.30 m, y en las áreas donde existe presencia de material orgánico es de mayor grosor eliminarlo en sus totalidades y luego proceder a remover el material restante que es bueno para ser usado en la base y sub. base mezclando con material de cantera y grava de rio, para uniformizar el valor portante del suelo.

El contenido promedio de humedad es del 11.19 %.

**Tablas N° 08: Los resultados de los límites de Atterberger. Fuente: Propia**

LIMITES	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
LL	16,6	24,9	39,2	24,8	30,6
LP	9,16	20,7	30	19,3	14,2
IP	7,48	4,17	9,19	5,48	16,4

Con un promedio de 8.00 de índice de plasticidad.

De las canteras se han clasificado de acuerdo a su calidad y se ha recomendado para los usos y tratamientos de cada una de las obras.

*Tablas N° 09: Relación de Canteras Ubicadas. Fuente: Propia*

ITEM	PROG	DESCRIPCION	ACCESO (KM)	UBICACIÓN	OBSERVACION	POTENCIA
	(KM)					
1	05+100	CANTERA	0.01	TALUD DE CARRETERA	AFIRMADO	9721.32
2	09+740	CANTERA	0.01	TALUD DE CARRETERA	AFIRMADO	8601.99
3	16+520	CANTERA	0.01	TALUD DE CARRETERA	AFIRMADO	5416.78

#### **4.9 FUENTES DE AGUA**

*Tablas N° 10: Fuentes de Agua. Fuente: Propia*

ITEM	PROG	DESCRIPCION	LADO	CARACTERISTICA
	(KM)			
1	02+410	FUENTE DE AGUA	DERECHO	QDA BAJO POROTUYOC
2	02+790	FUENTE DE AGUA	DERECHO	Q S/N
3	05+690	FUENTE DE AGUA	DERECHO	QDA. K'AKATA
4	07+890	FUENTE DE AGUA	DERECHO	QDA BAJO

#### **4.10 DISEÑO DEL PAVIMENTO**

##### **4.10.1 INTRODUCCIÓN**

Los pavimentos son una superposición de una capa sobre otra capa de materiales adecuados la subrasante y la superficie de rodadura. Su función principal es proporcionar una superficie uniforme de textura adecuada, resistente al tráfico, la intemperie y otros agentes dañinos, y

transmitir adecuadamente los esfuerzos producidos por el tráfico al terreno de la fundación. Dicho de otra manera, el pavimento representa la superestructura en una infraestructura vial, la cual posibilita que los vehículos transiten de manera segura y cómoda. Conforme a lo estipulado en el proyecto.

#### **4.10.2 ANÁLISIS DE TRÁFICO**

El propósito del estudio de tránsito es cuantificar, clasificar y evaluar el número de vehículos que transitan por el segmento Antapallpa-Anexo Parcco. En estos cálculos sólo se tuvo en cuenta la contribución de los autobuses de dos ejes y los camiones de dos ejes, ya que los daños causados por los vehículos ligeros son prácticamente insignificantes. Esta información es esencial para determinar las propiedades de diseño del pavimento. El estudio determinó las condiciones actuales del tráfico en la carretera, sus características y predicciones de vida útil con una repetición acumulada de una carga por eje equivalente de 8,2 toneladas. Estos datos son necesarios para el modelamiento de estructuras de pavimento.

#### **4.10.3 CAPACIDAD DE SOPORTE DE LOS SUELOS DE SUBRASANTE (CBR)**

Los análisis realizados en el laboratorio definirán los valores correspondientes a la capacidad de soporte del suelo (CBR), que serán calculados para el diseño utilizando la metodología percentil según el Instituto del Asfalto. El mismo que representará el percentil de 75 por ciento.

La capacidad de soporte se ha sectorizado de acuerdo a la tendencia de los valores de CBR y la calidad del suelo de fundación, por lo que resulta 3 sectores bien definidos de acuerdo al siguiente cuadro:

Tablas N° 11: resumen de laboratorio material de afirmado existente. Fuente: Propia

RESUMEN DE LABORATORIO MATERIAL DE AFIRMADO EXISTENTE													
CALICA	KM	MUEST	PROFU	CLASIFI CACION	CLASIFI CACION	W(%)	LL	LP	IP	CBR	PROCT	OR	
1	00+		1		A - 1	10	16	9.	7.	31	10.3		
	000		.5	GC	- b(0)	.89	.64	16	48	%	0		
2	01+		1	GM	A - 2	11	20	20	4.	24			
	000		.5	- GC	- 7	.97	.89	.72	17	%	5.80		
3	02+		1		A -	10	39	30	9.	20.7			
	000		.5	ML	4(6)	.51	.2	.01	19	0%	9.90		
4	03+		1	SM -	A - 2	13	24	19	5.	29			
	000		.5	SC	-b( 1)	.37	.76	.28	48	%	7.00		
5	04+		1	SC -	A - 2	12	30	14	16	27.7			
	000		.5	GC	- 7	.55	.64	.21	.43	0%	7.00		

#### 4.10.4 ESPESOR PROPUESTO

De los	ESTRUCTURA	ANTAPALLPA - ANEXO
00+000 –	AFIRMADO	15.0 cm.

#### 4.10.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El pavimento de la vía en estudio tiene un CBR de diseño del 24.0 % (calculado con el percentil 75%) después de ensayos de CBR.
- Para determinar el grosor de la estructura del pavimento (Afirmado), se han utilizado las técnicas de diseño de espesores sugeridas en el manual de diseño para trayectos no pavimentados del MTC.

El espesor de la estructura del pavimento (afirmado) se determinó utilizando los parámetros utilizados y los resultados de los métodos utilizados. Las siguientes estructuras se colocarán para satisfacer las demandas de tráfico proyectadas:

<b>SECTOR</b>	<b>SECTORIZACION</b>	<b>ESTRUCTURA</b>	<b>ANTAPALLPA - ANEXO PARCCO</b>
<b>I</b>	<b>Km 00+000- Km</b>	<b>AFIRMADO</b>	<b>15.0 cm.</b>

- Es necesario perfilar y compactar el terreno de antes de la disposición y desarrollo de la capa de afirmado, asegurándose de eliminar cualquier material que pueda afectar la homogeneidad de la estructura a instalar.
- Es de suma importancia cumplir rigurosamente con las Especificaciones Técnicas que se encuentran anexas al presente documento para llevar a cabo el Control de la obra, abarcando tanto los materiales como el proceso constructivo. Además, se debe tener presente que los elementos que no se mencionan en las especificaciones de este estudio deben estar en conformidad con los Lineamientos Técnicos para la Rehabilitación de Caminos del MTC.

## **CAPITULO V GEODINAMICA**

### **5.1 GEODINAMICA EXTERNA**

#### **5.1.1 FACTORES**

Se detallan a continuación los parámetros asociados a los procesos geodinámicos externos que se encuentran en el lugar y que afectan su ocurrencia:

**La litología.** - Variable que incluye las diversas categorías de rocas y/o suelos según su grado de transformación y la pendiente de talud.

**Estructural.** - Las diversas clases de estructuras geológicas, que incluyen la relación entre el macizo rocoso y la estructura, abarcan fenómenos como los plegamientos (anticlinales y sinclinales), así como fallas, fracturas y diaclasas, están relacionados con este aspecto estructural.

**Los sismos.** - Son la principales causas en los procesos geodinámicos, como movimientos de tierra, hundimientos, desprendimiento de rocas, entre otros. Estos son disparadores.

**Clima.** - Una de las principales variables de la geodinámica externa, relacionada con inundaciones, deslizamientos y otros eventos, es la precipitación.

**Morfología.** - La forma y la pendiente del terreno también influyen en los fenómenos de geodinámica externa.

### **5.1.2 RIESGOS NATURALES O GEOLÓGICOS:**

Estos eventos pueden surgir debido a la dinámica del entorno geológico, que está vinculado a acciones humanas que pueden anticiparse en un marco temporal y son consecuencia de los procesos de geodinámica tanto interna como externa, los cuales tienen un impacto en las personas y los bienes.

Los riesgos naturales se diferencian de los riesgos inducidos por la actividad humana, dado que el factor que los provoca depende en gran medida de condiciones naturales, aunque no totalmente, de la voluntad humana. como es el caso de la erosión del río Chillirolla y Limayoc.

Y tiene un impacto en las tierras cultivables y construcciones ubicadas en áreas de erosión, sin embargo, los factores que provocan la erosión, la existencia de depósitos no consolidados, la inclinación del río y el volumen de agua, estos son considerados casi completamente independientes de la actividad humana.

### **5.2 GEODINÁMICA INTERNA (SISMICIDAD)**

El proceso tectónico de subducción está estrechamente relacionado con la alta sismicidad del territorio nacional. Los terremotos que ocurren en la región del Apurímac están

clasificados como sismos intraplaca, mientras que los epicentros en la región Sur son principalmente de origen continental. Los descubrimientos en el departamento de Cusco revelan una distribución heterogénea en la región central, con sismos superficiales que tienen una profundidad inferior a 70 km. En este punto, los focos son intermedios y tienen profundidades que oscilan entre 60Km y 300Km, a continuación, se detallan los valores sísmicos:

- a) La variable de zonificación sísmica Z tiene un valor de 0,30.
- b) La variable de expansión sísmica se fija en 1,2.
- c) El tiempo predominación del suelo es de 0,6 segundos.

Para clasificar el suelo y calcular el coeficiente sísmico, se debe estimar una variación del 25 % en un aumento del coeficiente del tiempo de predominación del suelo, el cual se encuentra en el cuadro siguiente.

*Tablas N° 12: Parámetros sísmicos. Fuente: Propia*

	<b>Aceleración</b>	<b>Velocidad</b>	<b>Desplazamiento</b>
<b>Periodo de Retorno</b>	30 50 100	30 50 100	30 50 100
<b>Parámetros</b>	0.14 0.17 0.21	5.8 7.0 9.5	2.1 2.4 3.3

La siguiente relación calcula la fuerza superficial causada por una acción sísmica.

$$H = Z * U * S * C * P$$

Rd

Donde:

Z = Factor de Zona

U = Factor de Uso

S = Factor de Suelo

C = Coeficiente Sísmico

P = Peso de estructuras

Rd = Factor de ductilidad

### **5.2.1 SISMICIDAD HISTÓRICA DE LA REGIÓN.**

La región del Cusco cuenta con una gran cantidad de registros de eventos sísmicos desde la era prehispánica hasta la actualidad.

La lista que se presenta a continuación detalla actividades sísmicas más relevantes y próximos al lugar de estudio, en relación a los registros histórico de la región del Cusco, los cuales han sido actualizados en años recientes.

- Según Silgado (1978), basándose en la obra de Esquivel y Navia, durante los años 1513 a 1515 se produjeron fuertes terremotos y movimiento de masas de tierras en el Cusco.
- En la ciudad del Cusco, el 31 de marzo de 1650, se produjo un terremoto. Según Silgado (1978), según Esquivel y Navia, indica que se registraron importantes movimientos de tierra en las zonas más elevadas de Pisac y Paucartambo. Además, se produjeron fracturas en varios puntos del terreno, con una magnitud de 7.65.
- El día 21 de mayo de 1950. El Cusco sufrió un terremoto. Según Silgado et al. (1952), se encontró una zona de fisuración extensa en el margen sur del valle, en la orientación sur-este del distrito de San Sebastián. Las grietas tenían una abertura y longitud variada

de entre 10 y 50 metros. El movimiento de tierras fue de pequeña magnitud y ocurrió en pendientes pronunciadas.

- En abril de 1966. Después de un largo tiempo de retorno sísmico, ocurrió un sismo de 5.8 grados en la escala de Richter en la ciudad del Cusco a las 3:15pm horas, dejando 27 fallecidos, 125 heridos.
- En la noche del 14 de febrero de 2004, un temblor de 3.9 grados en la escala de Richter afectó a la ciudad de Cusco, generando preocupación en la población, sin embargo, no se registraron daños significativos en personas o en propiedades.

La mayoría de la actividad sísmica en la región es superficial y está relacionada con la actividad de fallas. Debido a esto, no se perciben los efectos de los movimientos sísmicos más intensos que se registraron en la región hasta finales de 1999.

De acuerdo con el plano presentado, la zona de investigación está situada en una región de sismicidad moderada. El mapa indica un valor máximo de VI grados, conforme a la escala de Mercalli modificada.

### **5.3 GEODINAMICA EXTERNA**

#### **5.3.1 EVALUACIÓN PRELIMINAR DE LOS PROBLEMAS DE GEODINAMICOS EXTERNOS.**

##### **5.3.1.1 Análisis zonas de Riesgo.**

El lugar de estudio presenta una configuración del terreno con subunidades destacadas, tales como pendientes y cañones, que han sido modelados por el paisaje natural. Asimismo, se han señalado diferentes áreas de riesgo natural que podrían influir en la utilización de las vías.

La zona de investigación presenta un ambiente mayormente húmedo, resultado de diversas características litológicas y ecológicas que favorecen la retención de humedad en el subsuelo. Esto es particularmente evidente en las laderas que son cruzadas por la red vial, donde la acumulación de agua es prácticamente nula.

Con frecuencia se observa la presencia de agua en esa región durante el período lluvioso (de noviembre a marzo), con una disminución ocasional durante el período estival (de abril a octubre).

Por lo general, el nivel del freático de agua subterránea no se ve influenciado por la inclinación del terreno o la textura del subsuelo en suelos finos, los cuales retienen el agua en diversas áreas, generando fenómenos geodinámicos significativos cuando se saturan debido a intensas precipitaciones.

El análisis in situ no ha detectado fenómenos de geodinámica significativamente agresivos en el recorrido de la carretera, pero es necesario identificar algunos de ellos:

### **Zonas de erosión.**

La erosión se define fundamentalmente como el proceso de desgaste del suelo. A menudo, se observa un aplanamiento en la zona del camino de la trocha carrozable existente, así como la formación de surcos a lo largo de la carretera, lo cual es resultado de la exposición o la escasez de áreas con cobertura vegetal.

Pero si también se aprecia las zonas de erosión del lecho del río en las zonas de quebrada principalmente en periodo de crecida de los ríos en la zona del trazo de la carretera, pero es de poca incidencia.



*Foto N° 16: Vemos los materiales eliminados por causa de la erosión pluvial. Fuente: Propia*

- **Zona de Huaycos.**

Son fenómenos generados por el transporte de material en forma de lodo, los cuales arrastran bloques, gravas, troncos, vegetación, etc. Que perjudican notablemente la rehabilitación de la carretera. Se manifiestan principalmente en las quebradas que son afluentes del río Apurímac, que constituye a ser una quebrada sin nombre cuyo caudal es mínimo que no sobrepasa los 40 lts/seg, en periodo lluvioso.

Este fenómeno es raro, por la pendiente suave que presenta la zona.

**Causas:**

- Pendiente abrupta con material fino que ha retenido a las aguas pluviales.
- Precipitaciones pluviales permanentes en la zona.
- Suelos finos que permitieron la retención o asimilación de agua en la zona.

**Efectos:**

- Fenómeno violento (huayco) con arrastre de material como barro, bolones grava, Troncos de árboles, etc.
- Interrupción de vía carrozable.
- Destrucción de la calzada de la carretera.
- Destrucción de áreas agrícolas, etc.

- **Deslizamiento.**

Estos fenómenos generan movimiento de grandes masas de suelo con movimiento lento, pero con aceleración de en la parte distal del cuerpo del deslizamiento, en cuya zona se presenta zonas de caída violenta de cuerpos de tierra suelta y fragmentos de roca. En el lugar de estudio, las áreas de intervención humana generan taludes con inclinaciones considerablemente pronunciadas.

Los deslizamientos constituyen factores adversos para las vías, manifestándose principalmente en áreas de quebradas, es así que en la zona de estudio se encuentra caída de detritos y caída de rocas más no deslizamientos propiamente dichos, las ubicaciones donde se presentan están descritas en el cuadro siguiente de riesgo y en el plano geológico adjunto al informe:

**Causas:**

- Precipitaciones pluviales permanentes en la zona.
- Suelos finos que permitieron la retención o asimilación de agua en la zona, contribuyen con la velocidad del cuerpo.
- Presencia de terrenos de cultivo que contribuyen con la infiltración del agua al interior del cuerpo del deslizamiento y el ingreso de aguas de lluvia al subsuelo en época lluviosa.
- Suelos finos con capacidad de retención de agua los cuales generaron el efecto desencadenante del fenómeno de geodinámica.

- Presencia de rocas bastante fracturadas por los trabajos realizados y por el cambio brusco del clima. que presentan panizo las cuales entrapas el agua.

**Efectos:**

- Colapsamiento de material suelto como suelos y roca fragmentada en el talud de la carretera (detritos: material limoso arcilloso), (Rocas: Areniscas y Diorita muy fragmentada).
- Interrupción de vía carrozable temporal.

**Taludes.**

El tramo del camino vecinal motivo del presente estudio, se emplaza entre las comunidades de Uchucarcco – puente hidroeléctrica, en una zona de ladera del cerro que asciende con una pendiente moderada que varían entre 10 a 30 grados de pendientes e incrementando en la parte alta o hacia las proximidades del sector de Pulpera y Pucara, las pendientes se incrementan.

Pues en contexto general la zona se encuentra en una zona con escasa apreciación de zonas de inestabilidad de los taludes, los cuales nos permiten poco corte del talud de la ladera con alturas que no rebasan la estabilidad de talud; las características del valle nos ayudan a determinar el tipo de valle, el cual ha sido profundizado por el agente modelador que es el agua, al cual ha facilitado la profundización de las quebradas aledañas a la trocha carrozable, debido a su fragilidad de los materiales como es la roca sedimentarias Apurímac, altamente fracturados por el tectonismo y la fisuras del que conforman el macizo rocoso de esa zona, sobre la cual se han depositados los materiales inconsolidados de espesores variables que son inestables con la saturación del agua y muy ligoso en la plataforma de la carretera con la escasa presencia del agua, solamente en las quebradas, haciéndose intransitable para los vehículos, por lo que recomienda demandar la menor cantidad de corte.

### **Zona de cerros o montañas.**

El tramo de carretera proyectado se encuentra desde las progresivas 0+00 al 17+329, continuando con cerros elevados que superan los 2050 metros de altitud, en el cual tienen diversas unidades las que son descritas basándose a la morfología que fueron modelados por los diferentes procesos erosivos causados por el agua, el viento y otros, en función a la resistencia litológica e influencia tectónica del valle del Apurímac. Lo cual ha sido formado a partir de rocas metamórficas pertenecientes al Paleozoico inferior dando la morfología que tiene evolución de juvenil a maduro con pendientes de suaves a moderadas en ambos flancos.

#### **5.3.1.2 Análisis zonas de Riesgo.**

Se han identificado escasamente los diferentes tipos de riesgo en el ámbito del trazo del tramo de la carretera los cuales darán ventajas en la rehabilitación del trayecto en cuanto al costo de inversión total del mismo en su mejoramiento incorporados en su gestión prospectiva y preventiva de los riesgos.

Se tiene en el siguiente cuadro algunos fenómenos que se tienen en zonas alejadas de la carretera, en zonas de quebrada, que tiene poca incidencia al eje de carretera en estudio.

#### **Corte talud recomendable.**

Se han utilizado las sugerencias de los términos de referencia para diseñar los taludes, pero la zona que atraviesa la carretera es muy tectónizada y hay rocas fragmentadas en ella.

Se ha elaborado de acuerdo con los taludes sugeridos en función del tipo de terreno:

Terreno con pendiente clasificada.

Terreno estable 10:1

Terreno suelto y suelo consolidado 5:1 Los conglomerados comunes son 3:1.

Las siguientes referencias se utilizarán para los taludes con relleno:

Tablas N° 13: Medidas preventivas según tipo de riesgo. Fuente: Elaboración Propia

TIPO DE RIESGO	ACTIVIDAD	MEDIDA PREVENTIVA
Zonas de Huayco.	Rehabilitación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Monitorear constantemente parte alta de la quebrada</li> <li>- Construir Pontones o Badenes.</li> </ul>
Zonas de caída de rocas	Rehabilitación.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construir Alcantarillas</li> <li>- Construir Cunetas laterales</li> <li>- Desquinchar fragmentos líticos por desprenderse</li> </ul>

A continuación, se adjunta el estudio de suelos hecho por un especialista para garantizar la calidad del estudio.

### 5.3.1.3 Clasificación de materiales.

El proceso de mapeo y la cartografía de campo indican los valores y las longitudes para diversos materiales, incluido material suelto, que se componen principalmente de roca, esquistosas y areniscas los cuales afloran escasamente en el tramo de ANTAPALLPA - ANEXO PARCCO de la trocha carrozable como material consistente en su gran mayoría está alterada intemperizada, conformando roca suelta, puede formar hasta suelos de arcillosos si está compuesto por materiales de suelo compacto y tierra suelta.

En el eje del camino vecinal y su ámbito de su influencia no se ha identificado amenazas considerables comprendidas en la fenomenológica geodinámica, a excepción de taludes de corte nuevo por la ampliación del terraplén hacia la ladera que inicialmente van a ocasionar colapsamiento de material suelto e interrumpir el paso de las aguas de escorrentía superficial.

## **CAPITULO VI: HIDROLOGIA**

La hidrología estudia la física de las aguas superficiales y subterráneas, sus movimientos y transformaciones a lo largo del ciclo del agua, así como su impacto social y ambiental.

Es importante mencionar que, como punto de partida para el estudio hidrológico se ha efectuado un análisis de las subcuencas que afectan directamente a la vía, dado que estas abarcan áreas más extensas y, en consecuencia, generan los caudales más significativos para su evacuación.

La ruta "Antapallpa - Anexo Parcco" atraviesa cuatro subcuencas, que son corrientes de agua que interfieren con el eje de la ruta. El pueblo de Antapallpa se desarrolla a lo largo de una topografía variable ondulada cubierta por pastos naturales. La ruta desemboca en el río Apurímac a través de todas sus subcuencas.

### **6.1 OBJETIVOS**

Referidos a la hidrología y drenaje en el presente estudio:

- Determinar los parámetros topográficos más importantes de la cuenca, que inciden directamente en la vía investigada.
- Evaluar los costos de diseño de acuerdo a las normativas pertinentes, teniendo en cuenta distintas etapas de retorno.
- Analizar las propiedades hidrológicas-geomorfológicas de las subcuencas que atraviesan el tramo del proyecto.
- Sugerir nuevas obras de drenaje y mejorar las existentes dentro de los parámetros de seguridad pertinentes para el tipo de ruta y para permitir un uso seguro y normal de la carretera.

La Estación Meteorológica Yauri suministra información relativa al clima, T ° y humedad relativa. En la microcuenca, se evalúa la distribución de la precipitación, el caudal y entre

otros factores. El tiempo requerido para la recuperación de la capacidad de flujo y almacenamiento se extiende a lo largo de varios años.

## **6.2 HIDROGRAFÍA**

La ruta "ANTAPALLPA - ANEXO PARCCO" atraviesa varios tipos de tierras con muchas quebradas y ríos que interfieren con el camino principal.

Cuatro cuencas forman la red hidrográfica en el lugar de estudio: La cuenca de Porotuyoc, Q'atca, Chacatuyoc y Paccha en la progresiva final de la carretera.

Respecto a la precipitación, se observa una variación estacional, lo que indica que la mayor parte de las lluvias se concentra entre octubre y abril, mientras que en los meses restantes se registra solo una cantidad mínima de precipitación.



*Foto N°17: Vista de la cuenca de Porotuyoc. Fuente: Propia*



*Foto N°18: Vista de la cuenca de Q'atca. Fuente: Propia*



*Foto N°19: Vista de la cuenca de Chacatuyoc. Fuente: Propia*



*Foto N°20: Vista de la cuenca de Paccha. Fuente: Propia*

### **6.3 CLIMA Y PRECIPITACIÓN**

El promedio anual de temperatura es de 8.2 °C se presenta con mínimos valores en junio y julio hasta un promedio de -8 °C y con valores máximos en noviembre con promedios de 20° C.

La humedad relativa media anual es de 60 % siendo más seco en noviembre y más húmedo entre los meses de enero a marzo.



*Foto N°21: Vista del clima húmedo en la época de lluvias. Fuente: Propia.*

### **6.3.1 VEGETACIÓN**

La flora autóctona en la zona de la vía presenta una uniformidad, compuesta por pastos naturales de escasa altura, como el ichu (paja) y la grama, la cantidad de árboles es escasa, se encuentran algunos arbustos silvestres como la Qeuña.



*Foto N°22: Pastos naturales de baja altura con escasa presencia de arbustos. Fuente: Propia*

### **6.3.2 RELIEVE**

El relieve se distingue por presentar una topografía suave y ondulada; en términos generales, las inclinaciones a lo largo de toda la extensión son moderadas, excepto en algunas áreas de tramo corto donde se alcanzan pendientes del 13 %.



*Foto N°22: Topografía moderadamente ondulada. Fuente: Propia*

### **6.4 ANALISIS HIDROLOGICO**

#### **6.5 INFORMACIÓN BÁSICA**

La siguiente es la información básica utilizada para crear el análisis hidrológico.

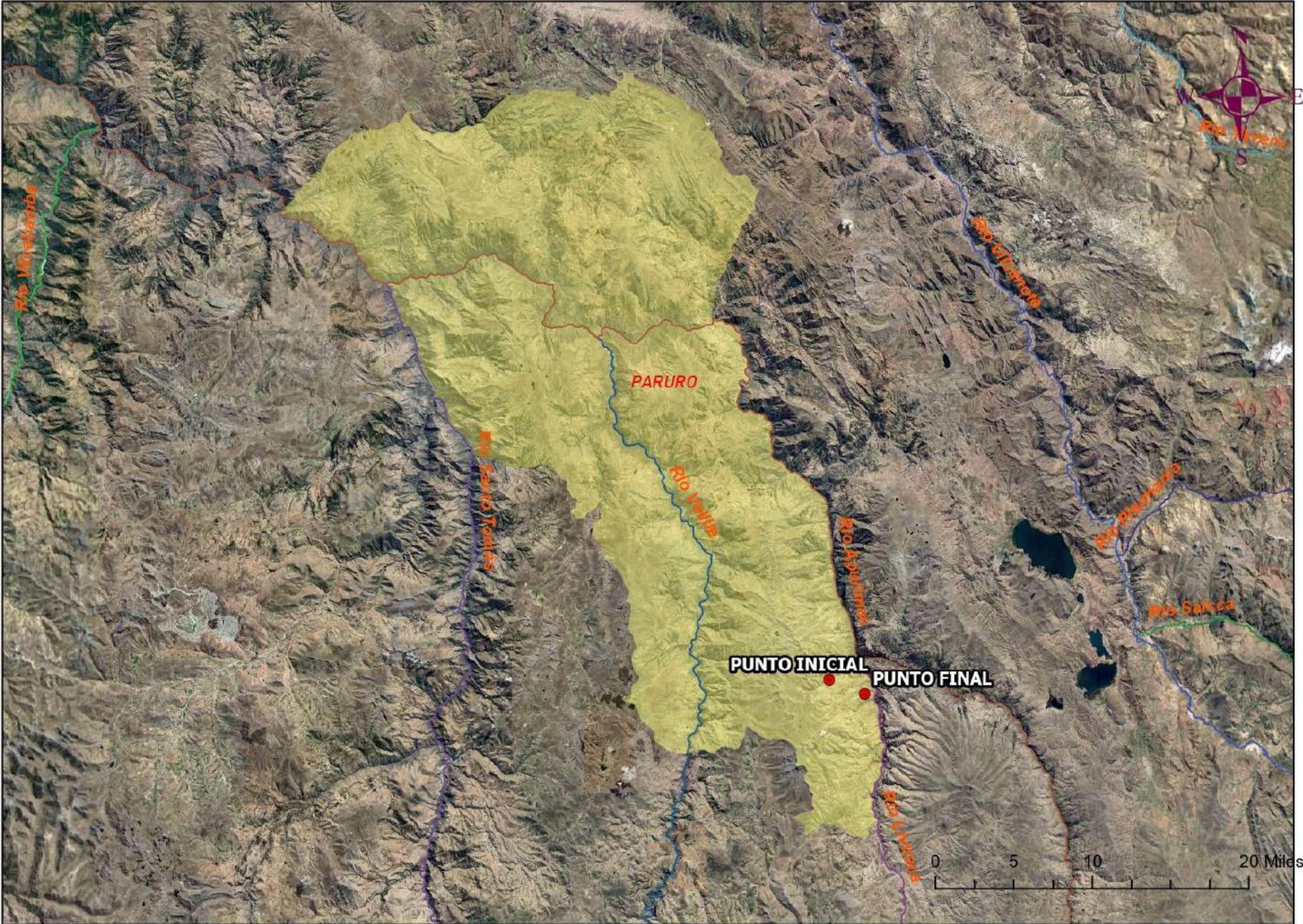
#### **6.6 INFORMACION CARTOGRAFICA**

El ámbito que abarca la hidrografía en el trayecto se ilustra en la carta en el mapa hidrográfico regional a una escala de 1:50 000:

**Código: 29 S**

Se ilustra el mapa hidrográfico regional.

# MAPA HIDROGRAFICO REGIONAL



MAPA 06	NOMBRE DEL PROYECTO:	UBICACIÓN	BACHILLERES:	PLANO:	SISTEMA DE COORDENADAS	ESCALA
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA TROCHA CARROZABLE QUE INTERCONUNICA LA COMUNIDAD DE ANTAPALLPA CON EL ANEXO PARCCO DEL DISTRITO DE OMACHA, DE LA PROVINCIA DE PARURO - DEPARTAMENTO DE CUSCO.	DISTRITO: OMACHA	MAMANI CHOQUEUANCA JHON	HIDROGRAFICO REGIONAL	PROYECCIÓN: UTM	1/50000
	PROVINCIA: PARURO	NOALCCA MEZA VICTOR JULIO	COORDENADAS: UTM-84		FECHA:	2024
	REGIÓN: CUSCO					

### 6.6.1 INFORMACION PLUVIOMETRICA

La red meteorológica en el lugar de estudio es limitada, pero en el distrito de Espinar se ha identificado la estación Yauri, el cual, al considerar similitudes con la zona del proyecto en topografía, altura a nivel del mar y clima; como el área más representativa del proyecto. La Provincia de Espinar tiene un registro histórico de las precipitaciones máximas diarias durante 26 años (1965-1978, 1993-2004).

La estación pluviométrica utilizada fue la SENAMHI.

*Tablas N° 14: La ubicación de la estación hidrológica Yauri. Fuente: Propia*

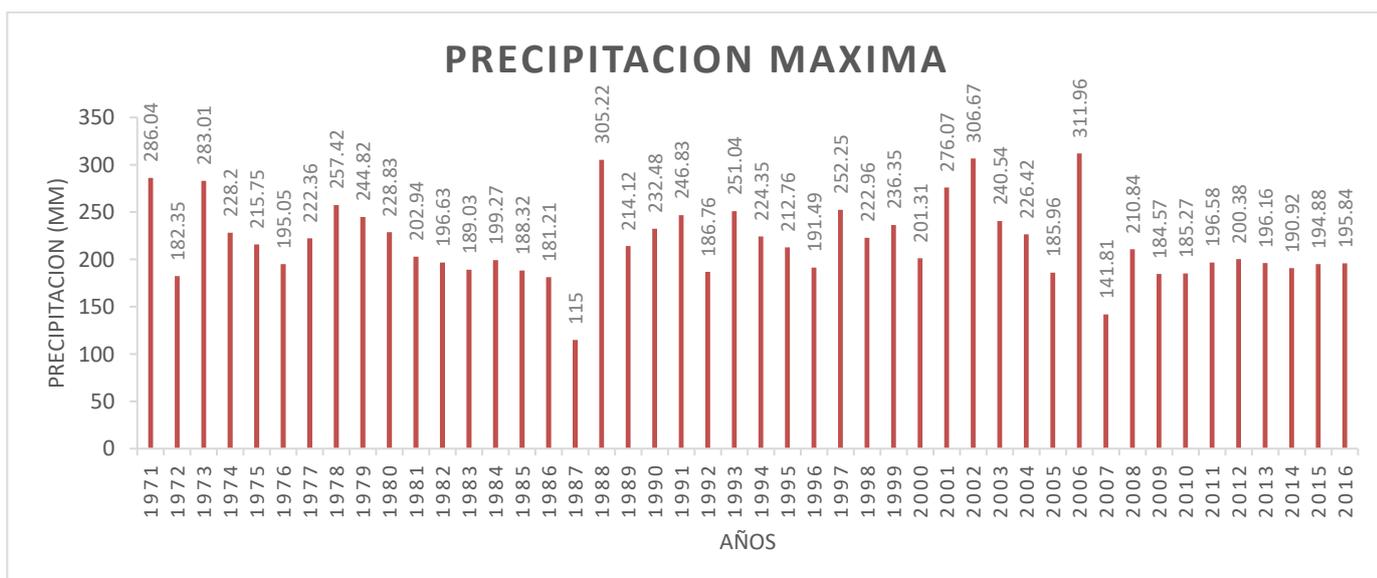
Estación	Provincia	Tipo	Coordenadas			Periodo de Registro
			Longitud	Latitud	Altitud (msnm)	
<b>Yauri</b>	Espinar	Pluviométrica	71°25'00''	14°17'	3954	1971 – 2016

### Estación Yauri

*Tablas N° 15: Precipitación mensual acumulado de la estación Yauri. Fuente: SENAMHI*

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	PREC MAX
1971	175.3	286.04	112.34	49.89	0	2.51	0	0	0	10.16	6.03	119.99	762.27	286.04
1972	182.35	169.73	136.22	32.01	0	0	15.25	8.1	23.91	50.08	60.63	154.11	832.38	182.35
1973	283.01	282.85	195.12	146.57	12.25	0	2.59	4.63	54.36	19.48	55.85	82.24	1138.96	283.01
1974	224.14	228.2	169.21	57.45	2.34	16.75	0	103.92	25.4	20.98	10.99	40.52	899.91	228.2
1975	162.55	215.75	125.16	121.64	31.83	7.61	0	0	0	8.79	42.37	97.04	812.73	215.75
1976	195.05	184.52	120.49	26.71	11.94	37.84	0	32.17	77.9	1.62	23.87	72.43	784.53	195.05
1977	63	222.36	87.45	0	2.01	0	8.92	0	14.67	70.76	60.41	57.82	587.39	222.36
1978	257.42	49.16	55.47	34.54	0	0	0	0	0	35.22	87.21	112.67	631.68	257.42
1979	244.82	97.54	101.61	14.24	0	4.58	13.22	15.97	10.68	71.6	130.9	91.64	796.79	244.82
1980	228.83	162.8	79.28	55.39	0	0	5.43	0	0	43.21	50.58	97.19	722.71	228.83
1981	202.94	156.34	142.07	62.47	3	6.5	1.74	17.37	31.18	46.23	80.23	119.5	869.58	202.94
1982	196.63	175.27	159.76	62.72	1.79	6.74	3.8	11.19	29.57	40.12	99.32	111.51	898.42	196.63
1983	189.03	160.67	98.33	50.45	6.02	15.36	2.08	1.02	11.27	37.63	44.45	114.78	731.08	189.03
1984	199.27	192.38	112.01	70.02	1.84	6.7	2.23	24.18	16.85	47.75	57.7	106.99	837.93	199.27
1985	188.32	179.74	122.04	56.07	16.08	11.52	2.77	4.14	28.35	41.47	83.73	115.94	850.17	188.32
1986	181.21	163.7	150.69	67.41	7.23	4.67	3.13	11.21	14.16	37.03	15.46	115.67	771.57	181.21
1987	38.53	18.59	43.05	35.18	0	18.43	34.17	0.28	14.94	39.03	77.69	115	434.87	115
1988	305.22	167.25	190.94	70.89	5.52	4.67	7.01	0	6.5	25.07	14.13	102.53	899.73	305.22
1989	214.12	202.57	132.27	29.32	13.1	41.54	0	35.32	1.44	1.78	26.21	79.52	19	214.12
1990	65.86	232.48	91.43	0	2.11	0	9.32	0	15.34	73.98	63.16	60.45	614.12	232.48
1991	246.83	47.14	53.19	41.22	19.1	56.81	0	0	67.57	0	67.72	106.36	705.93	246.83
1992	186.76	172.73	126.05	46.15	2.04	8.56	0	48.49	0	64.01	80.93	40.46	776.19	186.76
1993	251.04	99.93	124.54	108.6	5.13	0	0.75	13.98	7.18	87.35	161.92	146.45	1006.86	251.04
1994	208.15	224.35	193.47	57.3	16.91	0	0	0	22.48	13.26	67.23	101.85	905.01	208.15
1995	168.46	143.46	212.76	83.01	2.74	0	0	2.84	13.21	52.43	38.2	130.26	847.37	168.46
1996	163.55	191.49	111.35	98.81	17.23	0	0	20.7	13.87	31.61	52.1	107.07	807.78	163.55
1997	252.25	214.59	119.12	68.26	3.27	0	0	26.81	39.3	14.94	93.84	125.46	957.83	252.25
1998	222.96	154.46	92.23	14.17	0	2.57	0	3.7	0.82	49.6	48.27	49.3	638.08	222.96
1999	145.95	236.35	163.99	129.36	3.71	0	0	0.82	49.27	54.53	46.69	160.07	990.73	145.95
2000	166.24	201.31	167.38	42.52	4.34	5.79	0	13.14	6.41	81.21	27.72	173.58	889.64	166.24
2001	276.07	239.31	264.64	103.3	33.22	0.93	4.46	4.98	4.36	33.43	26.79	70.08	1061.59	276.07
2002	116.08	306.67	154.22	70.44	25.74	0.52	17.4	0	42.2	58.35	73.5	148.8	1013.93	116.08
2003	178.94	240.54	202.16	38.59	5.96	0.84	0	5.75	36.4	11.61	76.77	135.12	932.69	240.54
2004	226.42	174.77	88.7	50.81	0	1.89	11.23	18.58	26.87	26.98	59.52	110.64	796.4	226.42
2005	120.42	185.96	129.8	45.41	1.16	0	0	5.06	5.9	58.89	44.14	170.89	767.63	120.42
2006	311.96	126.79	185.69	48.43	1.48	5.71	0	10.26	19.67	62.5	67.78	129.65	969.92	311.96
2007	137.67	141.81	114.74	62.2	4.88	0	3.61	0	17.3	38.53	46.17	124.93	691.83	137.67
2008	210.84	114.53	77.24	1.28	5.22	6.18	0	0	0.21	46.24	26.42	110.05	598.21	210.84
2009	109.08	176.02	109.29	47.59	5.88	0	1.5	0	2.14	46.84	184.57	143.19	826.09	109.08
2010	185.27	177.86	123.33	34.35	14.6	0	0	0	1.82	41.73	45.47	123.1	747.54	185.27
2011	193.79	196.58	120.91	53.13	4.57	5.3	2.23	4.42	17.38	39.53	63.99	126.73	828.57	196.58
2012	182.3	200.38	99.47	57.94	5.95	5.57	1.84	0.91	19.52	37.33	82.5	130.36	824.07	200.38
2013	196.16	186.97	118.18	48.19	23.4	7.78	3.05	20.69	14.7	44.01	71.63	122.5	857.25	196.16
2014	190.92	183.71	102.06	56.88	10.64	5.03	3.77	10.16	17.21	40.65	42.26	120.59	783.91	190.92
2015	194.88	184.66	117.91	64.36	17.78	6.79	8.07	8.25	18.6	37.29	50.02	110.41	819.03	194.88
2016	184.04	195.84	106.28	50.94	4.69	5.03	4.56	1.71	14.74	43.12	36.38	107.7	755.03	184.04
N° DATOS	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
MEDIA	191.84	179.7	128.34	55.79	7.75	6.75	3.79	10.67	18.6	39.96	60.29	110.72	814.2	
DESV ESTANDAR	57.42	57.416	44.375	31.294	8.572	11.491	6.315	17.882	17.798	20.813	35.167	31.095	132.191	
COEF DE VARIACION	29.93	31.95	34.58	56.09	110.53	170.12	166.8	167.62	95.68	52.09	58.33	28.08	16.24	
PREC. MAXIMA	311.96	306.67	264.64	146.57	33.22	56.81	34.17	103.92	77.9	87.35	184.57	173.58	138.96	
PREC.MINIMA	38.53	18.59	43.05	0	0	0	0	0	0	0	6.03	40.46	434.87	

Cuadro N° 16: Histograma de precipitación máxima (mm). Fuente: Elaboración Propia



PRUEBA DE SMIRNOV KOLMOGOROV

La finalidad para la evaluación de frecuencias, es estimar la precipitación máxima para diferentes épocas de retorno donde se utiliza un modelo probabilístico que pueden ser discretos y continuos.

Se empleo el método de Smirnov Kolmogorov para indicar en cuál de las distribuciones se adapta mejor la información histórica.

### 6.6.1.1 DISTRIBUCION NORMAL

*Tablas N° 17: precipitación máxima para determinar frecuencias diarias máximas probables. Fuente: Elaboración propia*

1	<b>AÑO</b>	<b>PREC MAX</b>	18	<b>1987</b>	115	35	<b>2004</b>	226.42
2	1971	286.04	19	1988	305.22	36	2005	185.96
3	1972	182.35	20	1989	214.12	37	2006	311.96
4	1973	283.01	21	1990	232.48	38	2007	141.81
5	1974	228.2	22	1991	246.83	39	2008	210.84
6	1975	215.75	23	1992	186.76	40	2009	184.57
7	1976	195.05	24	1993	251.04	41	2010	185.27
8	1977	222.36	25	1994	224.35	42	2011	196.58
9	1978	257.42	26	1995	212.76	43	2012	200.38
10	1979	244.82	27	1996	191.49	44	2013	196.16
11	1980	228.83	28	1997	252.25	45	2014	190.92
12	1981	202.94	29	1998	222.96	46	2015	194.88
13	1982	196.63	30	1999	236.35	47	2016	195.84
14	1983	189.03	31	2000	201.31	48	<b>N° DATOS</b>	46
15	1984	199.27	32	2001	276.07	49	<b>MEDIA</b>	218.2395652
16	1985	188.32	33	2002	306.67	50	<b>DESV ESTANDAR</b>	40.52963766
17	1986	181.21	34	2003	240.54			

*Tablas N° 18: Corrección de precipitación máxima durante 24 horas para diferentes épocas de retorno. Fuente: Propia*

CALCULO DE FRECUENCIAS DIARIAS MAXIMAS PROBABLES PARA DISTINTAS FRECUENCIAS				
DISTRIBUCION NORMAL				
PERIODO DE RETORNO	PROBABILIDAD	NORMAL	PRECIPITACION	CORREC PRECIP
TR	P	(Z)	Xf	PPmm
2	0.500	0	218.2395652	246.6107087
5	0.800	2.575860603	322.6382621	364.5812362
10	0.900	1.281559993	270.1807274	305.3042219
20	0.950	1.64487417	284.9057193	321.9434628
25	0.960	1.750691689	289.194465	326.7897455
50	0.980	2.053772997	301.4782406	340.6704119
100	0.990	2.326374816	312.5266936	353.1551637
200	0.995	2.575860603	322.6382621	364.5812362

*Tablas N° 19: Interpolación de datos según la distribución acumulativa normal Fuente: Elaboración Propia.*

INTERPOLACION Z	
PZ	Z
0.79954	0.84
0.8	0.84164875
0.80233	0.85
0.89972743	1.28
0.9	1.28155999
0.90147467	1.29
0.94949742	1.64
0.95	1.64487417
0.95052853	1.65
0.95994084	1.75

0.96	1.75069169
0.9607961	1.76
0.97981779	2.05
0.98	2.053773
0.98030073	2.06
0.98982956	2.32
0.99	2.32637482
0.99009692	2.33
0.99491507	2.57
0.995	2.5758606
0.99505998	2.58

Tablas N° 20: Distribución acumulativa normal. Fuente: Propia

DISTRIBUCION ACUMULATIVA NORMAL										
Normal	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0	0.5	0.50398936	0.50797831	0.51196647	0.51595344	0.51993881	0.52392218	0.52790317	0.53188137	0.53585639
0.1	0.53982784	0.54379531	0.54775843	0.55171679	0.55567001	0.55961769	0.56355946	0.56749493	0.57142372	0.57534544
0.2	0.57925971	0.58316616	0.58706442	0.59095412	0.59483487	0.59870633	0.60256811	0.60641987	0.61026125	0.61409188
0.3	0.61791142	0.62171952	0.62551584	0.62930002	0.63307174	0.63683065	0.64057643	0.64430876	0.64802729	0.65173173
0.4	0.65542174	0.65909703	0.66275727	0.66640218	0.67003145	0.67364478	0.67724189	0.68082249	0.6843863	0.68793305
0.5	0.69146246	0.69497427	0.69846821	0.70194404	0.70540148	0.70884031	0.71226028	0.71566115	0.71904269	0.72240468
0.6	0.72574688	0.7290691	0.73237111	0.73565271	0.7389137	0.74215389	0.74537309	0.74857111	0.75174777	0.75490291
0.7	0.75803635	0.76114793	0.7642375	0.76730491	0.77035	0.77337265	0.77637271	0.77935005	0.78230456	0.78523612
0.8	0.7881446	0.79102991	0.79389195	0.79673061	0.79954581	0.80233746	0.80510548	0.8078498	0.81057035	0.81326706
0.9	0.81593988	0.81858875	0.82121362	0.82381446	0.82639122	0.82894387	0.83147239	0.83397675	0.83645694	0.83891294
1	0.84134475	0.84375236	0.84613577	0.848495	0.85083005	0.85314094	0.8554277	0.85769035	0.85992891	0.86214343
1.1	0.86433394	0.86650049	0.86864312	0.87076189	0.87285685	0.87492806	0.8769756	0.87899952	0.88099989	0.8829768
1.2	0.88493033	0.88686055	0.88876756	0.89065145	0.8925123	0.89435023	0.89616532	0.89795769	0.89972743	0.90147467
1.3	0.90319952	0.90490208	0.90658249	0.90824086	0.90987733	0.91149201	0.91308504	0.91465655	0.91620668	0.91773556
1.4	0.91924334	0.92073016	0.92219616	0.92364149	0.9250663	0.92647074	0.92785496	0.92921912	0.93056338	0.93188788
1.5	0.9331928	0.93447829	0.93574451	0.93699164	0.93821982	0.93942924	0.94062006	0.94179244	0.94294657	0.9440826
1.6	0.94520071	0.94630107	0.94738386	0.94844925	0.94949742	0.95052853	0.95154277	0.95254032	0.95352134	0.95448602
1.7	0.95543454	0.95636706	0.95728378	0.95818486	0.95907049	0.95994084	0.9607961	0.96163643	0.96246202	0.96327304
1.8	0.96406968	0.96485211	0.9656205	0.96637503	0.96711588	0.96784323	0.96855724	0.96925809	0.96994596	0.97062102
1.9	0.97128344	0.97193339	0.97257105	0.97319658	0.97381016	0.97441194	0.97500211	0.97558082	0.97614824	0.97670453
2	0.97724987	0.97778441	0.97830831	0.97882173	0.97932484	0.97981779	0.98030073	0.98077383	0.98123723	0.9816911
2.1	0.98213558	0.98257082	0.98299698	0.98341419	0.98382262	0.98422239	0.98461367	0.98499658	0.98537127	0.98573788
2.2	0.98609655	0.98644742	0.98679062	0.98712628	0.98745454	0.98777553	0.98808938	0.98839621	0.98869616	0.98898934
2.3	0.98927589	0.98955592	0.98982956	0.99009692	0.99035813	0.99061329	0.99086253	0.99110596	0.99134368	0.99157581
2.4	0.99180246	0.99202374	0.99223975	0.99245059	0.99265637	0.99285719	0.99305315	0.99324435	0.99343088	0.99361285
2.5	0.99379034	0.99396344	0.99413226	0.99429687	0.99445738	0.99461385	0.99476639	0.99491507	0.99505998	0.9952012

### 6.6.1.2 DISTRIBUCION LOG NORMAL

*Tablas N° 21: Análís de datos. Fuente: Elaboración Propia.*

NUMERO DE DATOS	46
SUMA	107.2493552
MAXIMO	2.494098912
MINIMO	2.06069784
PROMEDIO	2.331507723
DEVIACION ESTANDAR	0.08206912

*Tablas N° 22: Corrección de precipitación máxima durante 24 horas para diferentes épocas de retorno*

*Fuente: Elaboración Propia.*

CALCULO DE FRECUENCIAS DIARIAS MAXIMAS PROBABLES PARA DISTINTAS FRECUENCIAS					
DISTRIBUCION LOG NORMAL					
PERIODO DE RETORNO	PROBABILIDAD	D.N. INV DE PROB	CTE	PRECIPITACION	P. CORREGIDO
TR	P	KT	XT	PPmm	PPmm CORREC
2	0.5	0	2.33150772	214.5397264	242.4298909
5	0.8	0.841621234	2.40057884	251.5236557	284.2217309
10	0.9	1.281551566	2.43668353	273.3276275	308.8602191
20	0.95	1.644853627	2.46649941	292.7516909	330.8094107
25	0.96	1.750686071	2.47518499	298.6654514	337.49196
50	0.98	2.053748911	2.50005709	316.2693371	357.3843509
100	0.99	2.326347874	2.52242905	332.9883545	376.2768406
200	0.995	2.575829304	2.54290377	349.0629597	394.4411444

### 6.6.1.3 DISTRIBUCION GUMBEL

Tablas N° 23: Tabla de precipitación máxima para determinar frecuencias diarias máximas probables con la distribución Gumbel Fuente: Propia Fuente: Elaboración Propia.

1	AÑO	$X_i(\text{PREC MAX})$	$(X_i - X_m)^2$	17	1986	181.21	1371.1887	33	2002	306.67	7819.9418
2	1971	286.04	4596.89896	18	1987	115	10658.4078	34	2003	240.54	497.309391
3	1972	182.35	1288.06089	19	1988	305.22	7565.59603	35	2004	226.42	66.9195132
4	1973	283.01	4195.20922	20	1989	214.12	16.9708176	36	2005	185.96	1041.97033
5	1974	228.2	99.2102611	21	1990	232.48	202.789983	37	2006	311.96	8783.5199
6	1975	215.75	6.19793497	22	1991	246.83	817.412961	38	2007	141.81	5841.47844
7	1976	195.05	537.755935	23	1992	186.76	990.963026	39	2008	210.84	54.7535654
8	1977	222.36	16.9779828	24	1993	251.04	1075.86852	40	2009	184.57	1133.63962
9	1978	257.42	1535.10647	25	1994	224.35	37.3374132	41	2010	185.27	1086.99223
10	1979	244.82	706.519513	26	1995	212.76	30.025635	42	2011	196.58	469.136765
11	1980	228.83	112.157309	27	1996	191.49	715.539239	43	2012	200.38	318.96407
12	1981	202.94	234.076696	28	1997	252.25	1156.70967	44	2013	196.16	487.5072
13	1982	196.63	466.973309	29	1998	222.96	22.2825045	45	2014	190.92	746.358644
14	1983	189.03	853.1987	30	1999	236.35	327.987848	46	2015	194.88	545.669287
15	1984	199.27	359.844405	31	2000	201.31	286.610178	47	2016	195.84	501.740522
16	1985	188.32	895.180383	32	2001	276.07	3344.35919	48	SUMA		73919.3188

Tablas N° 24: Análisis de datos. Fuente: Elaboración Propia.

n	46
$\bar{X}$ (MEDIA)	218.2395652
DESV EST	40.52963766
$\alpha$	31.60075494
U	200.0012283

Tablas N° 25: Corrección de precipitación máxima durante 24 horas para diferentes épocas de retorno. Fuente: Elaboración Propia.

CALCULO DE FRECUENCIAS DIARIAS MAXIMAS PROBABLES PARA DISTINTAS FRECUENCIAS					
DISTRIBUCION GUMBEL					
PERIODO DE RETORNO	VARIABLE REDUCIDA	PRECIPITACION	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	CORRECCION DE PRECIPITACION	
2	0.366512921	211.5833133	0.5	239.089144	
5	1.499939987	247.4004642	0.8	279.5625246	
10	2.250367327	271.1145347	0.9	306.3594242	
20	2.970195249	293.8616405	0.95	332.0636537	
25	3.198534261	301.0773256	0.96	340.217378	
50	3.901938658	323.3054356	0.98	365.3351422	
100	4.600149227	345.3694167	0.99	390.2674408	
200	5.295812143	367.35289	0.995	415.1087657	

#### 6.6.1.4 DISTIBUCION DE PERSON TIPO III

Tablas N° 26: Análisis de datos. Fuente: Elaboración Propia.

PROMEDIO	$\bar{X}$	218.239565
DESV EST	DVT EST	40.5296377
COEF ASIME	Cs	0.41406064
K		0.06901011

Tablas N° 27: Ajuste de la precipitación máxima diaria para varios intervalos de retorno.

Fuente: Elaboración Propia.

CALCULO DE FRECUENCIAS DIARIAS MAXIMAS PROBABLES PARA DISTINTAS FRECUENCIAS					
PERSON TIPO III					
PERIODO DE RETORNO	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	DIS NORM INV	KT	PRECIPITACION	COREC PREC
2	0.5	0	-0.06868093	215.4559519	243.4652257
5	0.8	0.841621234	0.84162123	252.3501689	285.1556908
10	0.9	1.281551566	1.28155157	270.1803858	305.303836
20	0.95	1.644853627	1.64485363	284.9048867	321.942522
25	0.96	1.750686071	1.75068607	289.1942373	326.7894882
50	0.98	2.053748911	2.05374891	301.4772644	340.6693088
100	0.99	2.326347874	2.32634787	312.5256016	353.1539298
200	0.995	2.575829304	2.5758293	322.6369936	364.5798027

Según el análisis de Smirnov – Kolmogorov, los valores de precipitación máxima registrados en la estación Yauri, se ajusta a la:

#### Distribución Pearson Tipo III

A partir de los valores, obtenidos del análisis previo, se llevó a cabo una evaluación de las etapas de precipitación extrema que podrían ocurrir, considerando intervalos de retorno promedio de 2,5, 10, 20, 25, 50, 100 y 200 años.

Tablas N° 28: Precipitación máxima (mm) en la estación yauri para los distintos tipos de distribución. Fuente: Elaboración Propia.

DISTRIBUCION	PERIODO DE RETORNO							
	2	5	10	20	25	50	100	200
Normal	246.61	364.58	305.30	321.94	326.79	340.67	353.16	364.58
Log Normal	242.43	284.22	308.86	330.81	337.49	357.38	376.28	394.44
Gumbel	239.09	279.56	306.36	332.06	340.22	365.34	390.27	415.11
<b>Pearson Tipo III</b>	<b>243.47</b>	<b>285.16</b>	<b>305.30</b>	<b>321.94</b>	<b>326.79</b>	<b>340.67</b>	<b>353.15</b>	<b>364.58</b>

## 6.7 SUB CUENCAS HIDROGRAFICAS

Se han reconocido seis subcuencas claramente delimitadas a lo largo de la sección del camino que se analiza.

*Tablas N° 29: Análisis de datos hidrográficos. Fuente: Elaboración Propia.*

CUENCA	PROGRESIVA	AREA TOPOGRAFICA (Km2)	LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (m)	PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE PRINCIPAL
C-1	00+000	7.069	4462.2124	9.83%
C-2	02+410	1.040	912.953	13.45%
C-3	05+690	0.955	1066.888	15.27%
C-4	07+890	8.698	3939.707	12.88%

### 6.7.1 METODO PARA ESTIMAR CAUDALES EXTREMOS

Tablas N° 30: Análís por el Método Racional Fuente: Elaboración Propia

CUENCA	LONGITUD CAUCE (Km)	PENDIENTE (m/m)	n	Tc US Corps Of Engineers (HORAS)	Tc (Hathaway) (HORAS)	Tc promedio (HORAS)
C-1	4.46	0.255	0.6	1.21	1.32	1.27
C-2	0.91	0.488	0.6	0.32	0.54	0.43
C-3	1.07	0.387	0.6	0.38	0.61	0.50
C-4	3.94	0.274	0.6	1.09	1.23	1.16

#### Cálculo de intensidad de lluvia

La siguiente relación se utilizó para calcular indirectamente los valores de intensidad según el tiempo y frecuencia:

$$I = \frac{KT^m}{t^n}$$

Donde: I=intensidad máxima (mm/h)

K, m, n=factores característicos de la zona de estudio

T=periodo de retorno en años

t=duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

<b>T</b>	<b>50</b>	<b>años</b>
----------	-----------	-------------

$$K = 74.5448$$

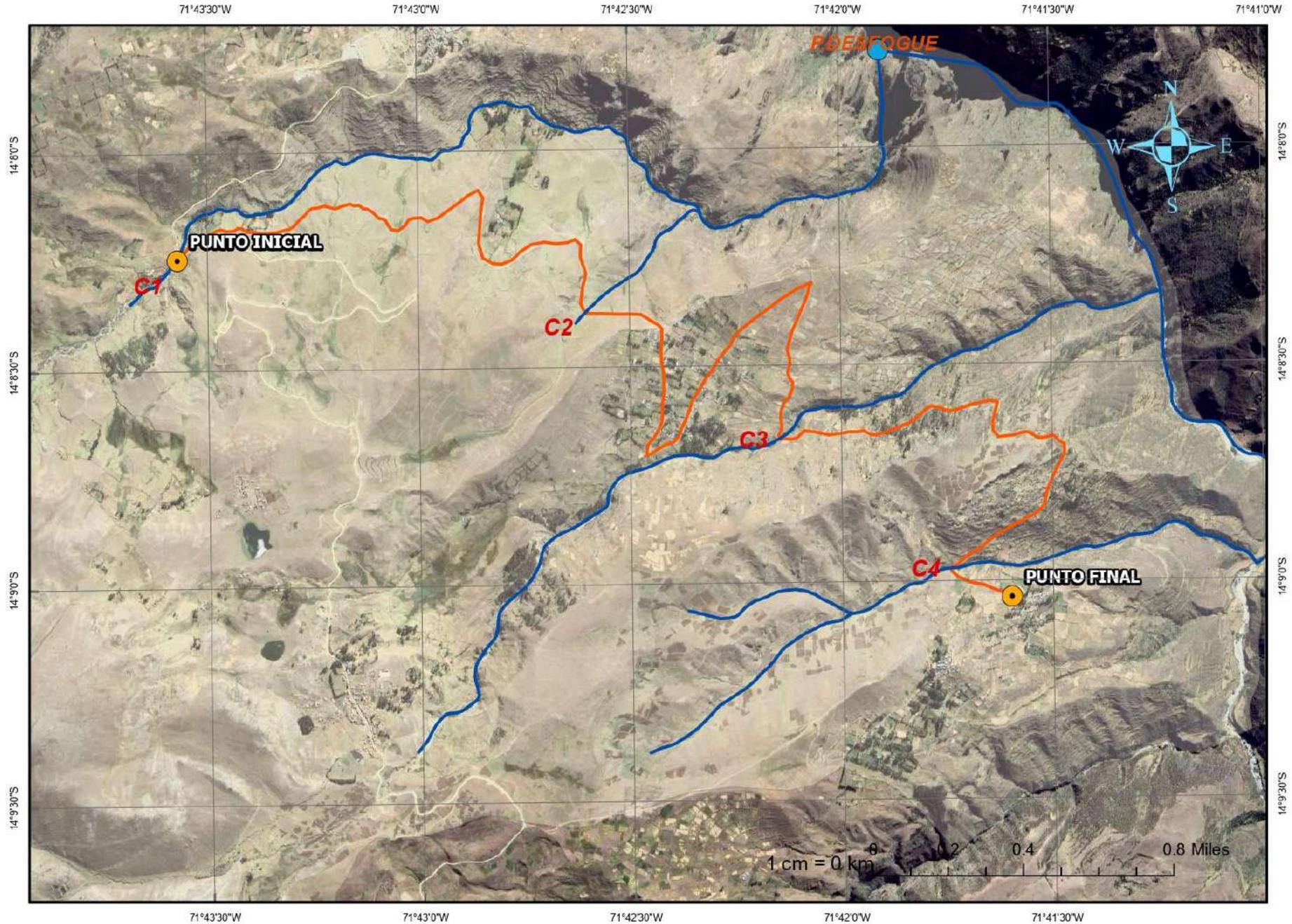
$$m=0.1915$$

$$n=0.5268$$

Tablas N° 31: Caudal de diseño – Método racional Fuente: Elaboración Propia

<b>CUEN CA</b>	<b>PROGRESI VA</b>	<b>AREA (Km2)</b>	<b>COEFICIEN TE DE ESCORRENTI A C</b>	<b>INTENSID AD (mm/hr)</b>	<b>CAUD AL (m3/S)</b>
C-1	00+000	7.069	0.44	16.08	13.9
C-2	02+410	1.040	0.44	28.45	3.62
C-3	05+690	0.955	0.44	26.28	3.07
C-4	07+890	8.698	0.44	16.87	17.93

# MAPA HIDROGRAFICO



MAPA 07	NOMBRE DEL PROYECTO:	UBICACIÓN	SACHILLERES:	PLANO:	SISTEMA DE COORDENADAS	ESCALA
	ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA TROCHA CARROZABLE QUE INTERCOMUNICA LA COMUNIDAD DE ANTAPALLPA CON EL ANEXO PARCCO DEL DISTRITO DE OMACHA, DE LA PROVINCIA DE PARURO - DEPARTAMENTO DE CUSCO.	DISTRITO: OMACHA	MAMANI CHOQUEUANCA JHON	HIDROGRAFICO LOCAL	PROYECCION: UTM	1/50000
		PROVINCIA: PARURO	NOALCCA MEZA VICTOR JULIO		ZONA: 19 SUR	FECHA:
		REGION: CUSCO			COORDENADAS: UTM-84	2024

## 6.7.2 INVENTARIO DE LAS ESTRUCTURAS DE DRENAJE

### TRANSVERSAL EXISTENTE

El tramo de estudio de la carretera solo tiene estructuras de tajeas de piedra.

**Tajeas:** Las tajeas existentes se presentan en el siguiente cuadro:

*Tablas N° 32: Tajeas existentes. Fuente: Elaboración Propia*

ITEM	Prog.	Descripción	Sección	Longitud	Estado	Lado	Características	Observaciones
	(km)		(m)	(m)				
1	2+780	TAJEA DE PIEDRA EXISTENTE	0.4X0.6	6.00	REGULAR		TAJEA DE PIEDRA	DEBE SER REEMPLAZADO POR UNA ALCANTARILLA
2	5+690	TAJEA DE PIEDRA EXISTENTE	0.3X0.5	6.00	MALO		TAJEA DE PIEDRA	DEBE SER REEMPLAZADO POR UNA ALCANTARILLA

## 6.7.3 EVALUACION DE ESTRUCTURAS DE DRENAJE TRANSVERSAL

### EXISTENTE

Obras de drenaje planteadas.

#### 6.7.3.1 Tajeas de piedra

Las tajeas de piedra existentes a lo largo de la carretera, se observa un estado que va de regular a deficiente, por una parte, por la sección mínima que presentan que en caso de crecidas de río se represa y erosiona la plataforma de la carretera y otra por lo que estructuralmente están desmoronándose. Se necesitan demoler y remplazar por alcantarillas.

#### 6.7.3.2 Cunetas de tierra

En el reconocimiento de campo se pudo observar cunetas de tierra en el trayecto. Muchos de ellos están obstruidos, debido a la colmatación con materiales de derrumbes del talud productos de las precipitaciones pluviales en esta zona y la falta de mantenimiento.

### **6.7.3.3 Alcantarillas**

#### **Tipo de alcantarilla propuesta.**

##### **(a) Alcantarilla tipo TMC**

Las alcantarillas TMC tienen como objetivo facilitar el drenaje de las obras longitudinales y las descargas de pequeños trayectos de agua en áreas donde la capa de rasante permita su correcta ejecución. Este tipo de alcantarillas tiene ventajas como causar menos interrupciones en el tránsito durante el proceso de rehabilitación, además de tener un costo inicial más bajo.

##### **(b) Estructura de entrada de alcantarillas**

###### **(i) Entrada tipo caja receptora**

Esta estructura facilita la entrada del agua recolectada por las obras longitudinales, permitiendo su evacuación hasta un drenaje natural., esta estructura asegura la evacuación del agua de forma ordenada de la captación de agua en quebradas menores, evitando así daños al camino vecinal.

Las cajas se definen como estructuras rectangulares que presentan una altura suficiente para la instalación de alcantarillas TMC en su interior. También incluyen una profundidad adicional de 0,3 metros, destinada al depósito de sedimentos acarreados por las quebradas y cunetas, lo que posibilita una descarga sin obstrucciones hacia el interior de la caja.

###### **(ii) Entrada tipo alero inclinado**

En situaciones donde las alcantarillas se encuentran en zonas donde la carretera cruza quebradas con cauce definida, se ha considerado apropiado implementar este tipo de entrada. Se adoptará la medida para proteger taludes que dan acceso de evacuación a las alcantarillas, con el objetivo de prevenir la obstrucción de la carretera en cualquier circunstancia. La protección se llevará a cabo mediante el uso de vegetación o piedra emboquillada.

### **(iii) Salida tipo alero inclinado**

La descarga de alcantarillas se dirige hacia una quebrada natural. Para mitigar la erosión del talud que soporta el trayecto, se ha diseñado esta protección que se realizará principalmente a través de la revegetación.

### **(c) Estructuras de protección a la entrada de alcantarillas**

Se procederá a la instalación de estructuras de protección en las entradas de las alcantarillas con el objetivo de prevenir cualquier tipo de erosión causada por el flujo al momento de su ingreso. A continuación, se detallan las estructuras de protección que se proponen.

### **(d) Adecuación de entrada**

Con el fin de alcanzar este tipo de protección, se procede a la instalación de zanjas de acceso construidas con piedras bien asentadas y emboquilladas en áreas planas, lo cual la base de la alcantarilla se ubique en la parte baja de la superficie del terreno. Estos hoyos deberán tener un pendiente comparado a la alcantarilla, lo que facilitará la entrada de los flujos hacia la misma.

### **(e) Estructuras de protección a la salida de alcantarillas**

Se implementaron sistemas para proteger las salidas de alcantarillas con el fin de minimizar la erosión en la zona de salida. A continuación, se detallan las estructuras propuestas para salvar estas salidas.

### **(f) Adecuación de la salida**

La finalidad de esta protección es asegurar que el flujo de salida se dirija de forma ordenada hacia el drenaje natural, manteniéndose a un nivel ligeramente superior al de la salida de la alcantarilla. La piedra destinada a la zanja de desfogue será colocada y emboquillada adecuadamente.

### **(i) Badenes**

Es necesario realizar obras similares en varios lugares del camino cercano. Aunque se pueden observar badenes en el estado actual del camino, estos no satisfacen la demanda de caudal en muchos lugares.

Los badenes son estructuras diseñadas para facilitar el paso de grandes volúmenes de agua y, principalmente, para el tránsito eficiente de materiales. Asimismo, contribuyen a la rápida y sencilla limpieza de los residuos acumulados en la plataforma, lo que ayuda a restablecer el flujo vehicular.

#### **6.7.4 OBRAS DE DRENAJE LONGITUDINAL**

Hidráulico de estructuras de drenaje planteadas.

##### **6.7.4.1 Sistema de drenaje longitudinal**

El propósito de estas obras de drenaje longitudinal es gestionar la evacuación de los flujos de agua producto de escorrentías. Se compone de cunetas de tierra y cunetas revestidas con piedra con características geométricas típicas y requerimientos hidráulicos.

Este enfoque se desarrolló en relación con investigaciones sobre hidrología, trazo, suelos y geología.

Para el diseño hidráulico de estas estructuras se consideró que la vía se desarrolla sobre topografía ondulada, con las pendientes comprendidas entre 0.5% a 11%, desde el Km 00+000 al 17+136.

##### **a) Cunetas.**

La finalidad de las cunetas es la recolección temporal del agua de lluvia que se precipita directamente sobre la superficie de la calzada y los taludes adyacentes a la vía rural. El agua superficial mencionada debe ser canalizada hacia las estructuras de drenaje transversales diseñadas, hacia los cauces de drenaje natural y, en ciertas ocasiones, hacia una descarga directa en el terreno.

### **Tipo de cuneta.**

Según el análisis hidrológico realizado, se sugiere el diseño de un tipo de cuneta que cumple con una sección geométrica específica y con los requisitos hidráulicos necesarios. A continuación, se detallan las características de la cuneta.

a) **Tipo I.** Se trata de una cuneta triangular de tierra que presenta un talud interno con una relación de altura a base de 2:1, mientras que el talud externo varía de acuerdo con el tipo de suelo que se tenga en cuenta en el diseño vial y el análisis geológico. Para materiales sueltos, la inclinación es de 1:3; para roca suelta, de 1:5; y para roca fija, de 1:10. Esta estructura se encuentra en tramos con pendientes que oscilan entre el 0,5% y el 4%.

#### **(a) Criterio de diseño**

Se han implementado los siguientes criterios para el segmento que se lleva a cabo en un terreno irregular:

- Las alcantarillas de descarga de cunetas tendrán una longitud máxima de captación de 300 metros.
- Para garantizar que las cunetas funcionen a su máxima capacidad de diseño, se prevé que la descarga se realice a través de alcantarillas de alivio.
- Para estimar la escorrentía que captará la cuneta, se debe tener en cuenta un ancho de aporte de 300 metros (talud y plataforma).
- Las cunetas tendrán una pendiente longitudinal mínima del 0,5%.

**(b) Caudal máximo**

El método racional se utilizó para calcular el caudal máximo de la cuneta:

$$Q_c = \frac{C \cdot I \cdot A}{3.6}$$

Donde:

Qc: caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)

C: Coeficiente de escorrentía (adimensional)

I: Intensidad de la lluvia (mm/h)

A: Área de la cuenca en (Km<sup>2</sup>)

Se utilizó la siguiente fórmula para determinar la intensidad, lo cual depende de las siguientes variables como el tiempo y la frecuencia:

$$I = \frac{KT^m}{t^n}$$

Donde:

I=intensidad máxima (mm/h)

K, m, n=factores característicos de la zona de estudio

T=periodo de retorno en años

t=duración de la precipitación equivalente al tiempo de concentración (min)

<b>T</b>	<b>20</b>	<b>años</b>
----------	-----------	-------------

**K = 74.5448**

**m=0.1915**

**n=0.5268**

El modelo de Hathaway se utilizó para calcular el tiempo de concentración:

$$T_c = \frac{0.606 \cdot (L \cdot n)^{0.467}}{s^{0.234}}$$

Donde:

Tc: Tiempo de concentración (h)

L: Longitud del tramo por drenar (Km)

n: Factor de rugosidad (adimensional)

S: Pendiente (m/m)

Entonces:

*Tablas N° 33: Caudal máximo. Fuente: Elaboración Propia*

<b>ancho (m)</b>	<b>L cuneta (Km)</b>	<b>AREA INFLUENCI A (Km2)</b>	<b>n</b>	<b>s (m/m)</b>	<b>Tc (Hr)</b>	<b>I (mm/h)</b>	<b>C</b>	<b>Q (m3/s)</b>
			0.	0.00	<b>0.6</b>	<b>19.6</b>	<b>0.4</b>	<b>0.1</b>
0.15	0.3	0.05	5	5	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>1</b>

### (c) Capacidad de descarga

La fórmula de Manning se utilizó para calcular la capacidad hidráulica de la cuneta (velocidad y caudal).

$$V = \frac{R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}}{n} \quad Q = V A R = \frac{A}{P}$$

**Donde:**

Q = Caudal m<sup>3</sup>/s

V = Velocidad media m/s

A = Área de la sección transversal ocupada por el agua m<sup>2</sup>

P = Perímetro mojado m

R = A/P; radio hidráulico m

S = Pendiente del fondo m/m

n = Coeficiente de rugosidad de Manning (según cuadro.)

### d. Consideraciones de diseño

Se considerarán los siguientes factores de diseño para la elaboración del proyecto:

- Se han diseñado alcantarillas en ubicaciones donde es necesario evacuar el agua recolectada debido a la longitud excesiva de las cunetas (alcantarillas de alivio), y se ha contemplado la construcción de cabezales.
- En cada entrada y salida de las alcantarillas, se sugiere la implementación de una caja de toma en el ingreso y un cabezal de tipo alas en la salida, aplicable a todas las alcantarillas de descarga contempladas en este proyecto. Estas estructuras han sido distribuidas conforme a las indicaciones y recomendaciones establecidas, con el fin de evitar una sección de cunetas excesivamente amplia y en consonancia con la longitud proyectada de la cuneta.
- Se ha establecido que el borde libre no debe ser inferior al 25% del tirante.

Tablas N° 34: Caudal según estudio hidrológica. Fuente: Elaboración Propia

CUENCA	PROGRESIVA	AREA (Km2)	COEFICIENTE DE ESCORRENTIA C	INTENSIDAD (mm/hr)	CAUDAL (m3/S)	CAUDAL/AREA (CADA CUENCA)
C-1	02+410	7.069	0.44	16.08	13.9	1.97
C-2	02+780	1.040	0.44	28.45	3.62	3.48
C-3	05+690	0.955	0.44	26.28	3.07	3.22
C-4	07+890	8.698	0.44	16.87	17.93	2.06
PROMEDIO DE CAUDAL GENERADO POR AREA (KM2)					<b>2.70</b>	<b>m3/s</b>

#### e. Capacidad de descarga

Se considera la relación siguiente:

$$Q_d > Q_h$$

Donde:

Q<sub>h</sub>: Descarga máxima proyectada (m<sup>3</sup>/s), según estudio hidrológico

Q<sub>d</sub>: Descarga de diseño de alcantarilla (m<sup>3</sup>/s):

Tablas N° 35: Diseño hidráulico de las alcantarillas TMC. Fuente: Elaboración Propia

N°	PROG (Km)	Condicion	Long. (m)	c	M	A	Diámetro			S	Qcalc (Caudal de oferta)	Qg (Caudal de demanda)	Qg<Qc
					(Has)	(m2)	(m)	calculado (pulg)	asumido (pulg)	(%)	(m3/s)	(m3/s)	
1.00	0+010	P	6.5	0.44	2.30	0.15	0.44	17.24	36	2.36	1.14	0.33	OK
2.00	0+480	P	6.5	0.44	10.50	0.47	0.77	30.45	36	1.96	1.14	0.55	OK
3.00	0+760	P	5.7	0.44	3.55	0.21	0.51	20.27	36	2.24	1.14	0.37	OK
4.00	1+280	P	5.7	0.44	1.42	0.10	0.37	14.39	36	2.51	1.14	0.31	OK
5.00	1+640	P	5.7	0.44	5.30	0.28	0.60	23.56	36	2.13	1.14	0.41	OK
6.00	2+220	P	4.9	0.44	4.39	0.24	0.56	21.95	36	2.18	1.14	0.39	OK
7.00	2+520	P	5.7	0.44	4.50	0.25	0.56	22.16	36	2.17	1.14	0.39	OK
8.00	2+700	P	5.7	0.44	0.93	0.08	0.31	12.27	36	2.65	1.14	0.30	OK
9.00	2+780	P	7.3	0.44	103.99	2.62	1.83	71.94	60	1.47	4.09	3.08	OK
10.00	2+860	P	5.7	0.44	5.13	0.27	0.59	23.28	36	2.14	1.14	0.41	OK
11.00	3+240	P	4.9	0.44	5.82	0.30	0.62	24.41	36	2.10	1.14	0.43	OK
12.00	3+560	P	4.9	0.44	2.15	0.14	0.43	16.79	36	2.38	1.14	0.33	OK
13.00	3+960	P	6.5	0.44	1.38	0.10	0.36	14.23	36	2.52	1.14	0.31	OK
14.00	4+140	P	5.7	0.44	13.27	0.56	0.84	33.24	36	1.90	1.14	0.63	OK
15.00	4+220	P	5.7	0.44	15.71	0.64	0.90	35.41	36	1.86	1.14	0.69	OK
16.00	4+420	P	5.7	0.44	4.76	0.26	0.57	22.63	36	2.16	1.14	0.40	OK
17.00	4+700	P	4.9	0.44	7.59	0.37	0.68	26.96	36	2.04	1.14	0.48	OK
18.00	5+000	P	6.5	0.44	2.08	0.14	0.42	16.60	36	2.39	1.14	0.33	OK
19.00	5+400	P	6.5	0.44	4.51	0.25	0.56	22.17	36	2.17	1.14	0.39	OK
20.00	5+690	P	7.3	0.44	95.46	2.46	1.77	69.66	60	1.48	4.09	2.85	OK
21.00	6+120	P	4.9	0.44	5.78	0.30	0.62	24.34	36	2.11	1.14	0.43	OK
22.00	6+780	P	5.7	0.44	0.75	0.06	0.29	11.32	36	2.72	1.14	0.29	OK
23.00	6+940	P	6.5	0.44	0.87	0.07	0.30	11.98	36	2.67	1.14	0.29	OK
24.00	7+120	P	4.9	0.44	9.19	0.42	0.74	28.96	36	1.99	1.14	0.52	OK
25.00	7+360	P	4.9	0.44	5.04	0.27	0.59	23.12	36	2.14	1.14	0.41	OK
26.00	7+550	P	5.7	0.44	1.53	0.11	0.38	14.78	36	2.49	1.14	0.31	OK
27.00	8+220	P	4.9	0.44	3.11	0.19	0.49	19.28	36	2.28	1.14	0.35	OK
28.00	8+520	P	5.7	0.44	1.78	0.12	0.40	15.65	36	2.44	1.14	0.32	OK
29.00	8+800	P	6.5	0.44	5.40	0.29	0.60	23.73	36	2.12	1.14	0.42	OK
30.00	9+400	P	7.3	0.44	0.83	0.07	0.30	11.78	36	2.68	1.14	0.29	OK
31.00	9+560	P	6.5	0.44	0.50	0.05	0.25	9.71	36	2.86	1.14	0.28	OK
32.00	10+110	P	7.3	0.44	0.66	0.06	0.27	10.78	36	2.76	1.14	0.29	OK

Nº	PROG	Condicion	Long.	c	M	A	Diámetro			S	Qcalc (Caudal de oferta)	Qg (Caudal de demanda)	Qg<Qc
			(Km)				(m)	(Has)	(m2)		(m)	calculado (pulg)	
33.00	10+320	P	4.9	0.44	2.63	0.17	0.46	18.12	36	2.32	1.14	0.34	OK
34.00	10+440	P	7.3	0.44	3.63	0.21	0.52	20.45	36	2.23	1.14	0.37	OK
35.00	10+550	P	7.3	0.44	18.97	0.73	0.97	38.01	36	1.82	1.14	0.78	OK
36.00	10+680	P	7.3	0.44	15.22	0.62	0.89	35.00	36	1.87	1.14	0.68	OK
37.00	10+740	P	7.3	0.44	4.18	0.24	0.55	21.56	36	2.19	1.14	0.38	OK
38.00	10+800	P	5.7	0.44	2.55	0.16	0.45	17.90	36	2.33	1.14	0.34	OK
39.00	10+840	P	5.7	0.44	1.31	0.10	0.35	13.94	36	2.54	1.14	0.31	OK
40.00	11+120	P	4.9	0.44	7.55	0.37	0.68	26.91	36	2.04	1.14	0.47	OK
41.00	11+340	P	6.5	0.44	5.43	0.29	0.60	23.77	36	2.12	1.14	0.42	OK
42.00	11+650	P	6.5	0.44	4.79	0.26	0.58	22.69	36	2.16	1.14	0.40	OK
43.00	11+960	P	6.5	0.44	5.63	0.29	0.61	24.10	36	2.11	1.14	0.42	OK
44.00	12+230	P	7.3	0.44	2.19	0.14	0.43	16.91	36	2.38	1.14	0.33	OK
45.00	12+420	P	4.9	0.44	2.57	0.16	0.46	17.95	36	2.33	1.14	0.34	OK
46.00	13+280	P	4.9	0.44	5.98	0.31	0.63	24.66	36	2.10	1.14	0.43	OK
47.00	13+540	P	5.7	0.44	4.08	0.23	0.54	21.35	36	2.20	1.14	0.38	OK
48.00	14+000	P	6.5	0.44	6.60	0.33	0.65	25.57	36	2.07	1.14	0.45	OK
49.00	14+300	P	5.7	0.44	2.77	0.17	0.47	18.47	36	2.31	1.14	0.34	OK
50.00	14+600	P	4.9	0.44	0.77	0.07	0.29	11.41	36	2.71	1.14	0.29	OK
51.00	15+000	P	7.3	0.44	0.38	0.04	0.22	8.77	36	2.96	1.14	0.28	OK
52.00	15+700	P	5.7	0.44	1.41	0.10	0.36	14.35	36	2.51	1.14	0.31	OK
53.00	15+880	P	7.3	0.44	2.54	0.16	0.45	17.87	36	2.34	1.14	0.34	OK
54.00	16+090	P	7.3	0.44	2.22	0.15	0.43	16.99	36	2.37	1.14	0.33	OK
55.00	16+380	P	4.9	0.44	0.82	0.07	0.30	11.69	36	2.69	1.14	0.29	OK
56.00	16+780	P	6.5	0.44	2.29	0.15	0.44	17.20	36	2.37	1.14	0.33	OK

## PROYECTADO

Tablas N° 36: Diseño hidráulico de los badenes. Fuente: Elaboración Propia

Obra de arte	Progresiva	Caudal (Estudio Hidrológico)	Y (rad)	r (m)	h (m)	L (m)	Yt (rad)	ht (m)	Lt (m)	Ltf Asumido (m)	QUEBRADA
Baden 01	02+410	13.900	0.280	42.23	0.41	11.77	0.31	0.51	13.11	15.0	QDA BAJO POROTUYOC
Baden 02	07+850	1.078	0.280	16.19	0.16	4.51	0.36	0.26	5.76	8.5	S/N
Baden 03	07+890	17.930	0.280	46.46	0.45	12.95	0.31	0.55	14.30	15.0	QDA BAJO UCHUCCARCCO
Baden 04	08+650	4.560	0.280	27.81	0.27	7.75	0.33	0.37	9.06	15.0	QDA CHACATUYOC
Baden 05	15+600	7.170	0.280	32.95	0.32	9.18	0.32	0.42	10.50	10.5	QDA PACCHA

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

#### **CARACTERÍSTICAS GEOLOGICAS**

- A lo largo del tramo de estudio, se compone de grava, arena, brechas y conglomerados con partículas de roca caliza, lo que la hace favorable litológicamente.
- Desde una perspectiva geomorfológica, la el relieve del tramo de estudio ofrece condiciones favorables para la rehabilitación de la trocha carrozable. La presencia de cerros en ambos lados distingue estas condiciones.

#### **CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS**

Según el análisis de laboratorio para cada calita.

##### **C-1 00+000**

El punto de inicio presenta un material Grava arcillosa en estado semi húmedo, cubierto por material cuaternario y una superficie de rodadura de regular estado. Según la clasificación SUCS corresponde a suelos GC, según la clasificación de AASTHO corresponde a suelos A -1 - b(0), con un I.P de 7.48.

##### **C-2 00+000-01+000**

Este tramo presenta material gravoso pobremente graduado con presencia de arcilla y una capa superficial de espesor mínimo de 25 cm. Material de rodadura en regular estado de gradación y compactación. De acuerdo con la prospección de campo y la realización de calicatas, se ha determinado que la zona está compuesta por material coluvial.

Según SUCS como GC - y según AASTHO como A -1 - b(0)- presenta un I.P de 7.48%.

### **C-3 03+000-05+000**

Este tramo presenta material coluvial, fluvioglacial y eluvial que corresponde aun transporte de un afloramiento rocoso de granodioritas y material cuaternario.

Presenta un material limo de baja plasticidad y el material de rodadura de regular estado con un espesor de 20cm.

Este material coluvial según la clasificación de SUCS lo consideramos como ML, según la clasificación AASTHO A -4(6), presenta un índice de plasticidad de 9.19 %.

### **C-4 05+000-06+000**

Este tramo presenta material de tipo arena- limosa y arena arcillosa pobremente graduado es de origen coluvial material.

El material corresponde según la clasificación SUCS a SM - SC, clasificación según AASTHO corresponde a A -2 -b(1), con un I.P. de 5.48%.

### **C-5 06+000-07+000**

El tramo se ubica en suelo fluvial, eluvial y fluvioglacial. La superficie de rodadura es irregular y presenta baches y asentamientos debido a la presencia de agua. Es necesario mejorar la subrasante mediante enrocados y rehabilitación de los subdrenajes para eliminar las aguas subterráneas.

Según SUCS lo consideramos como SC-GC, según AASTHO A -2 – 7, el índice de plasticidad es de 16.43%.

## CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS

- Las microcuencas ofrecen condiciones favorables para la restauración de la trocha carrozable en términos de hidrología. Esto se debe a varios factores, incluidas las recargas de agua, los niveles de agua y las épocas de inundaciones máximas y las sequías son factores cruciales. Lo cual facilitará la gestión y distribución eficiente de los recursos hídricos en el lugar de estudio.
- En el aspecto hidrológico, se utilizó los valores pluviométricos diarios más altos de la estación Yauri, que es la única ubicada en la región.
- Se ha llegado a la conclusión después del análisis de Smirnov Kolmogorov de que los valores de la estación Yauri se ajustan a la distribución Pearson Tipo III.

## RECOMENDACIONES

- Se sugiere la intervención de un ingeniero geólogo durante las campañas de campo para la rehabilitación de la trocha carrozable, con la favorecer facilitar y mejorar la etapa de exploración.
- Se recomienda realizar un seguimiento minucioso de la trocha carrozable
- Se sugiere la instalación de una estación meteorológica.
- Según el análisis hidrológico se recomienda la rehabilitación de la trocha carrozable en meses de sequía que son los meses de mayo a agosto.
- En cuanto a la geotecnia se debe tener en cuenta los diferentes análisis y resultados de laboratorio para dicha rehabilitación.
- En la rehabilitación de obras se recomienda construir badenes, alcantarillas y cunetas según las normas establecidas.

## BIBLIOGRAFÍA

1. (s.f.). *Estudio de canteras y fuentes de agua, para el proyecto de tesis: Estudio geologico,*
2. (s.f.). *Estudio Geofisico mediante Tomografía electrica, para el proyecto de tesis: Estudio*
3. *Construcción de la presa Aceroccocha - Kishura - Andahuaylas - Apurímac. Cusco.*
4. *Construcción de la presa Ccomerccochoa, distrito de Coyllurqui, provincia de Cotabambas.*
5. Cuba Benavente, H. (2020). Estudio de canteras y fuentes de agua, INGEOMAT E.I.R.L., Cusco.
6. Cuba Benavente, H. (2020). Técnico, INGEOMAT E.I.R.L., Geofísica, Cusco.
7. De la Cruz B., N. (1995). *Geología de los cuadrángulos de Velille, Yauri, Ayaviri y Azángaro.*
8. Dharmawid, J., Quezada, A., & Soto, G. (s.f.). *Medida de Resistividad de Terreno.* Chile.
9. Dirección general de caminos y ferrocarriles. MTC. (Julio de 2017). *Mapa vial del Cusco.*
10. Dirección General de Políticas y Regulaciones en Construcción y Saneamiento. (2018). *Norma*
11. *En las actividades de perforación diamantina en XPLOMINE S.A.C en la UM - Las*
12. Fuentes Guzmán, J. (2012). *Topografía.* México: Red tercer milenio S.C.
13. *Geotécnico e hidrológico para garantizar la seguridad y estanqueidad de la presa*
14. Google Maps. (11 de Abril de 2020). *Google Maps.* Obtenido de <https://www.google.com/maps>.
15. *In situ por medio del Método de Análisis multicanal de ondas superficiales (MASW).*

16. INRENA. (1995). *Mapa Ecológico del Perú*. Lima, Perú.
17. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. (1995). *Geología del Perú*. Lima, Perú:  
Fimart S.A.-
18. Instituto Mexicano de tecnología del agua. (2001). *Geotecnia en ingeniería de presas*.  
(R. Flores).
19. Mijares, F., & Aparicio, J. (s.f.). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*.
20. MINAGRI, ANA. (2017). *Normas y reglamentos de seguridad de presas en el Perú*. El  
frayle.
21. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). *Suelos y cimentaciones E*  
*0.50*.
22. Patzán, J. (2009). *Guía práctica para el cálculo de Capacidad de carga*. Guatemala.
23. Perez C., A., Cabello C., A., & Volphal S., M. (2009). *Análisis de Erosión Interna en*  
*una presa*.
24. *De una presa Querquecocha, Distrito de Velille, Provincia de Chumbivilcas - Cusco,*  
*2020*.
25. Pulgar Vidal, J. (1938). *Geografía del Perú*. Lima, Perú: Ausonia.
26. *Querquecocha, Distrito de Velille, Provincia de Chumbivilcas - Cusco, 2020*.
27. Rodrigo Campos, L. (2017). *Análisis de estabilidad de taludes en la carretera Lajas –*  
*Ajipampa*.