UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TESIS

ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km – 9+300 Km) DEL DISTRITO DE PISAQ - PROVINCIA DE CALCA – DEPARTAMENTO DEL CUSCO

PRESENTADO POR:

Br. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

Br. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO

ASESOR:

Dr. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA

CUSCO – PERU

2024

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el **Asesor** Dr. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA quien aplica el software de detección de similitud al trabajo de investigación/tesis titulada: ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km) DEL DISTRITO DE PISAQ - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DEL CUSCO.

Presentado por: CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO DNI N° 72038714;
presentado por: CESAR SANTIAGO CHILO CUNO DNI N°: 70032311
Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO GEÓLOGO

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

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 sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación 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** las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 17 de SETIEMBRE de 2026

Firma
Post firma Ronald Lopez Zapana
Nro. de DNI 23923900
ORCID del Asesor 0000-0003-0148-6535

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: **oid:** 27259:625556349

CESAR CARLOS CHILO ENRIQUEZ

“ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PR...

Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::27259:625556349

Fecha de entrega
16 sep 2026, 11:07 p.m. GMT-5

Fecha de descarga
16 sep 2026, 11:18 p.m. GMT-5

Nombre del archivo
“ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTAC....docx

Tamaño del archivo
21.5 MB

172 páginas

36.909 palabras

194.691 caracteres

2% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 20 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencia excluida

Fuentes principales

2% Fuentes de Internet
1% Publicaciones
1% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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

DEDICATORIA

A mis padres y familiares por el apoyo incondicional.

DEDICATORIA

A mis queridos padres por el sustento esencial para culminar la carrera profesional.

AGRADECIMIENTO

A mis padres y familiares por el apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios todopoderoso por brindarme la oportunidad de salir adelante.

INTRODUCCION

La presente tesis titulada "ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 KM – 9+300 KM) DEL DISTRITO DE PISAQ - PROVINCIA DE CALCA – DEPARTAMENTO DEL CUSCO" constituye el acceso principal al parque arqueológico de Pisaq, asimismo esta vía interrelaciona diferentes comunidades como son Cuyo Chico, Maska, Cotabamba y Viacha, lo cual determina de vital importancia para su transitabilidad.

La finalidad de la presente tesis es evaluar las diferentes dificultades que presenta la via debido a su zona de ubicación, además de las condiciones naturales que acompañan a esta, entre las cuales se destaca los siguientes: procesos hidrodinámicos, procesos geodinámicos.(deslizamientos, derrumbes, huaycos, erosión pluvial y fluvial, etc) , las cuales repercuten de manera directa e indirecta en la condición de la vía terrestre, todos estos acontecimientos se visualizan durante todo el año teniendo así pues, periodos de humedad en las que se encuentra la lluvia intensa motivo por el cual se hace la necesidad de evaluar las características geológicas y geotécnicas pertinentes a lo largo de la carretera.

La investigación desarrollada toma como referencias investigaciones previas, y el análisis de los mismos, los datos recopilados durante el trabajo de campo mediante los instrumentos (fotografías, puntos de control gps) además del cartografiado geológico y geodinámico fueron de vital importancia ya que aportaron datos que serán plasmados en la redacción final de la investigación.

Finalmente se proporcionan resultados de la inspección y recomendaciones a partir de ensayos geotécnicos, cuyos datos sustenten posteriores diseños de estructuras para la rehabilitación de la carretera, así como el diseño de planes estratégicos para reducir los efectos negativos de los desastres, y la toma decisión a tiempo.

RESUMEN

Los fines académicos del estudio fue detallar atributos del suelo para el mejoramiento de la carretera Pisaq - Antachaca, progresivas (0+000 Km – 9+300 Km) para ofrecer seguridad física vial mediante geología y geotécnica, asimismo se utilizó una metodología de trabajo de recopilación de información, campo, así como de gabinete y laboratorio.

Por tanto, ante lo planteado, se tiene la conclusión, se logró desarrollar la investigación, cuya finalidad fue, evaluar las características geológicas – geotécnicas de la vía de estudio indicando que geomorfológicamente se encuentra en montañas altas de sierra sur del Perú, altitudes, desde 3000msnm a 4900msnm, geológicamente, está conformada por material cuaternarios del tipo coluviales, aluviales y fluvial, también se tiene las calizas del Grupo Copacabana y las areniscas del grupo Mitu. En geología estructural, la vía terrestre ubicada en el flanco derecho del anticlinal del Vilcanota, también se aprecia el "Sistema de fallas Zurite – Cusco –Urcos –Sicuani" (SFZCUS) de dirección NW - SE, aledaña a la carretera, según la geodinámica interna, se halla en la zona VIII y IX del mapa de distribuciones de máximas intensidades sísmicas y geodinámica externa tenemos fenómenos como deslizamientos, caída de bloques de roca, suelos y erosiones por flujo, en hidrología, se calculó el caudal de diseño por el método racional con periodo de retorno de 3,35 y 71 año, así como también se realizaron calicatas de cantera en diferentes tramos, en toda la vía de hasta 1.5 m de profundidad, de las cuales se clasificaron los materiales en función a SUCS y AASHTO.

Palabra clave: Geologia, Geotecnia, Geología estructural, Geodinámica.

ABSTRACT

The academic objective of this study was to detail soil characteristics to support the improvement of the Pisaq–Antachaca road (chainage 0+000 km to 9+300 km) and ensure physical road safety through geological and geotechnical analysis; the methodology employed involved information gathering, as well as fieldwork, office analysis, and laboratory testing.

In conclusion, the research successfully evaluated the geological and geotechnical characteristics of the study route. Geomorphologically, the road is situated in the high mountains of the southern Peruvian highlands, at elevations ranging from 3,000 to 4,900 meters above sea level. Geologically, it consists of Quaternary materials—specifically colluvial, alluvial, and fluvial deposits—as well as limestones from the Copacabana Group and sandstones from the Mitu Group. Regarding structural geology, the road lies on the right flank of the Vilcanota anticline; the NW–SE trending "Zurite–Cusco–Urcos–Sicuani" fault system (SFZCUS) is also observed adjacent to the route. In terms of internal geodynamics, the area falls within zones VIII and IX of the maximum seismic intensity distribution map, while external geodynamic phenomena include landslides, rockfalls, soil instability, and flow-induced erosion. Hydrologically, design flow rates were calculated using the rational method for return periods of 3, 35, and 71 years. Additionally, test pits up to 1.5 meters deep were excavated at various sections along the route, and the materials encountered were classified according to the USCS and AASHTO systems.

Keywords: Geology, Geotechnics, Structural geology, Geodynamics

ÍNDICE

DEDICATORIA ii
DEDICATORIA iii
AGRADECIMIENTO iv
AGRADECIMIENTO v
INTRODUCCION vi
RESUMEN vii
ABSTRACT viii
ÍNDICE ix
CAPITULO I GENERALIDADES 15
Ubicación 15
Extensión 15
Accesibilidad 16
Condiciones climáticas 18
Clima y vegetación 19
Temperatura 20
Precipitación 20
Roseta de vientos 21
Vegetación 22
Planteamiento del problema 22
Problema general 23
Problemas específicos 23
Justificación 24
Objetivos 24
Objetivo general 24
Objetivos específicos 24

Hipótesis de la investigación 25
Hipótesis genérica 25
Hipótesis específicas 25
Marco teórico 26
Antecedentes 26
Bases teóricas 27
Variables 33
Variable dependiente 33
Variable independiente 33
Operacionalización de variables 33
Metodología de trabajo 34
Etapa de preparación 34
Etapa de campo 35
Etapa de gabinete y laboratorio 35
Aspectos del medio físico, biótico, social, cultural y económico 35
Área de influencia directa ambiental (AIDA) 36
Área de influencia indirecta ambiental (AIIA) 37
CAPITULO II GEOMORFOLOGIA 38
Generalidades 38
Unidades geomorfológicas regionales 38
Cordillera oriental 38
Valle Vilcanota 39
Altas cumbres 39
Unidades geomorfológicas locales 40
Montañas en rocas sedimentarias RM 40

Montaña en roca vulcano sedimentaria 40
Abanico aluvial 41
Unidad de laderas 41
Unidad de quebradas y ríos 42
CAPITULO III GEOLOGIA 44
Generalidades 44
Geología regional 44
Formacion Ccatca (DsCi-cc) 44
Grupo Mitu (PmTi-m) 45
Formación Pisac 45
Formación Pachatusan 45
Formacion Huancane (Ki-hn) 46
Grupo Yuncaypata 46
Formación Paucarbamba (Ki-pb) 47
Formación Maras (Ki-ma) 47
Cuaternario 47
Geología Local 49
Deposito fluvial 49
Deposito coluvial 49
Grupo Mitu 51
Grupo Cabanillas 44
CAPITULO IV GEOLOGIA ESTRUCTURAL 63
Generalidades 63
Aspectos estructurales regionales 63
Anticlinal del Vilcanota 63

BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

Aspectos estructurales locales 65
Plegamientos 66
Fracturamientos 66
Diaclasamientos 67
Tectónica 67
Fallas geológicas 67
Fallas e indicadores cinemáticos 69
CAPITULO V HIDROLOGIA 73
Generalidades 73
Trabajo de gabinete 73
Delimitación de cuencas 73
Inventario de obras de drenaje existente 73
Análisis hidráulico 73
Coordinaciones con las especialidades 74
Información básica 74
Información cartográfica 74
Información pluviométrica 75
Periodo de retorno 75
Hidrología 77
Precipitación máxima de diseño 77
Análisis de datos dudosos 80
Análisis de frecuencia 82
Prueba de bondad de ajuste 84
Intensidad de diseño 85
Tiempo de concentración 88

BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

Caudal de diseño....89
Hidráulica....91
Reconocimiento de campo....91
Rio Vilcanota....92
Subcuencas principales....92
Obras De Drenaje Existente....112
Alcantarillas....113
Badenes....113
Cunetas....113
Puentes....113
Subdrenaje....113
Caja de entrega....113
Relación De Obras De Drenaje Proyectadas A Nivel Transversal....114
Parámetros de diseño y memoria de cálculo....114
CAPITULO VI GEODINAMICA....133
Geodinámica Interna....133
Sismos....133
Sismicidad en la región de cusco....134
Cronología sísmica....136
Sismo tectónico....140
Cálculo de aceleraciones máximas probables....140
Geodinámica externa....142
Movimientos en masa....142
Tipos de movimientos....142
Deslizamientos....142

BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

Aluviones 143
Carcavas 144
Agrietamiento de plataforma 145
CAPITULO VII GEOTECNIA 147
Generalidades 147
Clasificación de la carretera 147
Estudio de suelos 147
Exploración de campo 147
Ensayos en laboratorio 148
Perfil de suelo 148
Determinación de tipo y profundidad de cimentación 151
Muros de contención 151
Puente y pontón sobre la quebrada chongo 151
Parámetros De Resistencia 152
Muros de contención 152
Estructuras de cimentación para el puente y pontón sobre la quebrada chongo 152
Determinación de capacidad admisible del suelo 153
Problemas especiales de la cimentación 154
Ataque químico por suelos al concreto cimentación 154
Suelos colapsables 155
Clasificación de excavación de materiales y de taludes de corte recomendados 156
Parámetros geotécnicos para AET en suelos y/o rocas 156
Evaluación de excavación de clasificación de materiales y taldes de corte recomendables 158

CAPITULO I
GENERALIDADES

1.1. Ubicación

Toda la investigación realizada se dio en la localidad de Pisaq, quien pertenece a la provincia de calca, y este a su vez forma parte del departamento de cusco. El cual tiene una ubicación geográfica localizada al norte de la capital del departamento a una distancia aproximada de 35 km de recorrido mediante la carretera con dirección Cusco-Calca. Par acceder al punto donde se realizó la investigación, se tiene dos accesos. Se recorre la vía de Cusco-Pisaq que pasa por la margen derecha del rio Vilcanota. El espacio donde se intervendrá el proyecto, abarcara espacios que tienen conexión directa con el distrito de pisaq, además de que las comunidades pertenecientes a esta también se ven inmiscuidas al estar en un tramo donde se realizó el proyecto. Espacios como. Qotobamba, Viacha, Maska, Cuyo Chico, Cuyo Grande, Qotataqui, Chauaytiri, Sacaca, Huandar, Quello Quello, Pisaq, Amaru. En síntesis, se está abarcando todo el parque arqueológico de pisaq. El punto de estudio desde su inicio hasta su fin se encuentra dentro de las coordenadas UTM.

Tabla 1

Ubicación de la zona de estudio

PTO	COORDENADAS UTM		COORDENADAS GEOGRAFICAS		ALTURA m.s.n.m.
	ESTE	NORTE	LONGITUD	LATITUD	
P - 1	191255	8514301	14°51´46.20"	76°25´46.08"	2973
P - 2	192261	8516148	14°50´21.51"	76°26´50.88"	3430

Fuente: Elaboración Propia

1.2. Extensión

Los estudios de tipo Geológico y Geotécnico que tienen el propósito de mejorar la vía de acceso asfaltada de Pisaq – Antachaca tiene una longitud de 9+300 Km.

Figura 1

Vista de la extensión de la zona de estudio del mejoramiento de carretera



Fuente: Elaboración Propia

Figura 2

Vista de la ubicación de la zona de estudio



Fuente: Elaboración Propia

1.3. Accesibilidad

Para poder adentrar se en la población de pisaq se debe hacer mediante la vía principal, Cusco – pisaq. vía que se encuentra asfaltada, el recorrido de la distancia de aproximadamente 30 km se logra en media hora si se realiza el recorrido en una camioneta, sin embargo, el acceso a la ciudad también se puede hacer por otra vía, la cual es Cusco-

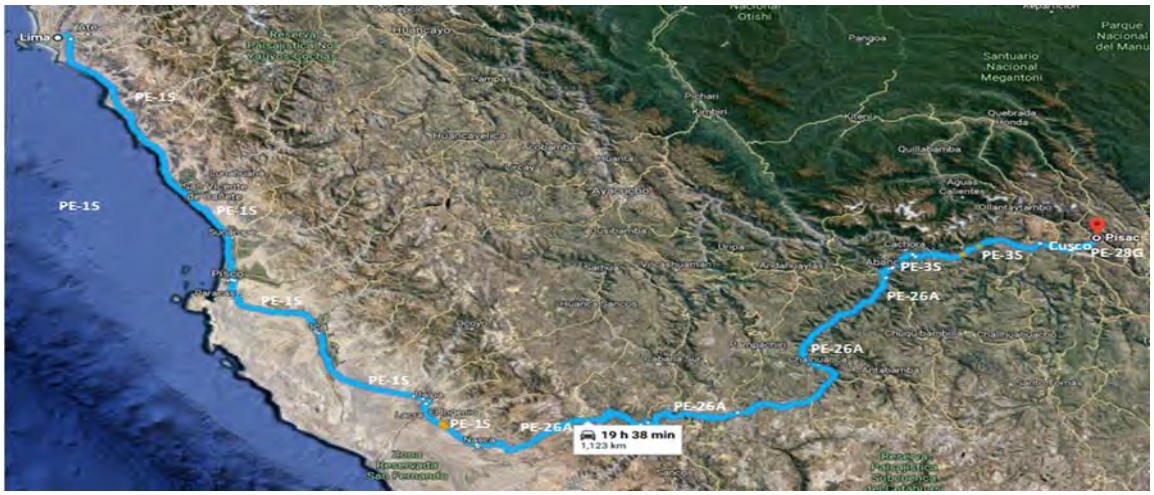
Chinchero-Urubamba-Calca-Pisaq, vía que es aún más principal respecto a la anterior, el recorrido por esta última es de unos 75 km aproximadamente y se realiza en una hora y media en camioneta. el ingreso a las distintas áreas urbanas como asociaciones, barrios, urbanizaciones que conforman la ciudad de pisaq se realiza mediante calles, avenidas, caminos estrechos y vías asfaltadas.

El acceso más directo hacia la zona del proyecto es desde la ciudad de Cusco, y es el siguiente.

El acceso para llegar al proyecto tiene 02 rutas principales de acceso que a continuación se detallan:

Figura 3

Ruta 1: vista de accesibilidad a la zona de estudio



Se inicia desde Lima y por la Panamericana Sur PE-1S siguiendo: Lima – Pisco – Ica – Palpa – Nasca, desvío por la PE-26A hasta la incorporación a la PE-3S, Abancay – Cusco – incorporación a la PE-28G hasta Pisaq ciudad. Esta ruta tiene una longitud de 1123 km.

Figura 4

Ruta 2: Vista de la accesibilidad a la zona de estudio



Se inicia desde Lima y por la Panamericana Sur PE-1S siguiendo: Lima – Pisco –, desvío por la PE28– Independencia – incorporación a la PE-24, Huaytará – Allpachaca, incorporación a la PE-3S – Chincheros – Uripa – Andahuaylas – Abancay – Cusco – incorporación a la PE-28G hasta Pisaq ciudad. Esta ruta tiene una longitud de 1122 km.

1.4. Condiciones climáticas

El espacio donde se realizó el estudio presenta dos estaciones bien diferenciadas. La primera estación denominada estiaje se manifiesta de manera muy clara en los meses de mayo también en noviembre mientras que la segunda estación que lleva por nombre pluviosa se llega a manifestar en los meses de diciembre y abril. Ambas estaciones clasificadas según Pulgar Vidal (1987), la población de pisaq y sus aledaños forman parte de la región quechua y la Puna en menor medida, así como la región altoandina de Suni.

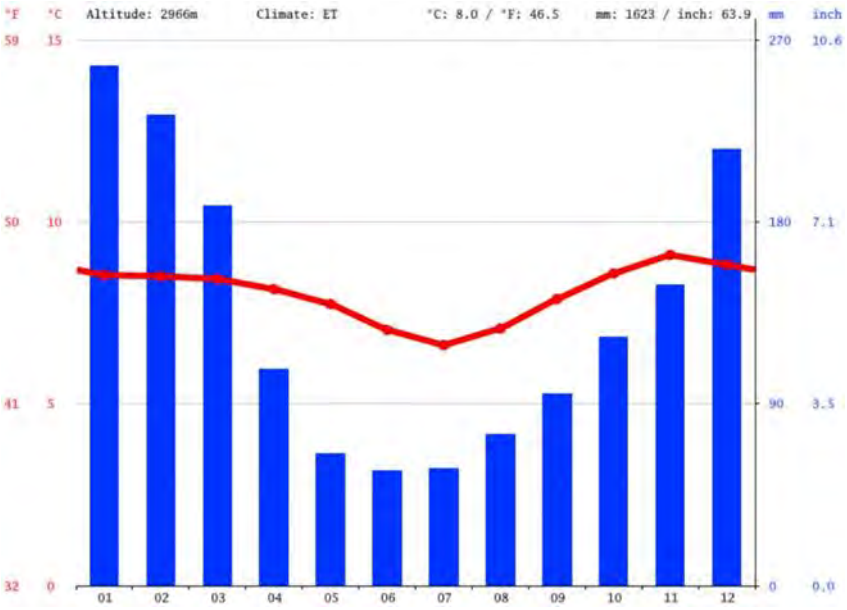
En el ámbito de la región andina quechua el cual se encuentra ubicado a (2300 y 3500 m.s.n.m.), el clima que se sobrepone sobre los demás es el clima templado, que tiene variaciones de temperatura. Tanto durante el día como también durante la noche. Teniendo pues así una temperatura que oscila. durante casi todo el año entre 11 y 16 ºC; donde las temperaturas más altas registradas son 22 y 29 ºC, mientras que las temperaturas mínimas registradas están en 7 y -4 ºC durante la temporada de invierno, dicho de otro modo en los meses de mayo a agosto. La presencia de lluvias es constante más aun cuando abarca los meses de (diciembre a marzo).

1.4.1. Clima y vegetación

El clima de pisaq es perteneciente a la tundra, es decir que alberga una temperatura relativamente baja durante casi todo el año. Esta ubicación llega a ser catalogada como ET por Köppen y Geiger. La temperatura promedio de Pisac está ubicado a 8.0 °C. con precipitaciones promedio de unos 1623 mm.

Figura 5

Climograma de la zona de estudio



Fuente: es.climate-data.org/america-del-sur/peru/cuzco/pisac-46279/

El departamento de cusco se encuentra ubicado fitogeográficamente entre los espacios andinos y amazónicos, la región de cusco a lo largo de su bastedad territorial tiene variaciones como fisiográficas, climáticas y edáficas, las mismas que repercuten en el desarrollo de ecosistemas dentro de las cuales se tiene, vegetación de la puna, que están compuesta por pastos, matorrales y bosques, las cuales llegan a prosperar entre los valles interandinos, abarcando espacios como los bosques perennifolios los cuales son húmedos y se ubican en selva alta y selva baja.

Una comunidad vegetal está compuesta por agrupaciones de especies que tienen mayor o menor grado de interrelación y a su vez presentan abundancia de distintos tipos, en las que se encuentran comunes hasta raras, presenta una característica peculiar influenciada por las especies que forman parte de su formación, la organización de una comunidad vegetal, tomas referentes como la composición y la abundancia de las especies. En la zona

de influencia directa del proyecto se tiene las siguientes coberturas vegetales: Podemos apreciar variedades de plantas impresionantes como: eucalipto, ichu (paja andina) tayanca, queuña, maíz y plantación de hortalizas.

1.4.2. Temperatura

Tiene una peculiaridad muy particular pues presenta, una temperatura promedio al año, que se encuentra entre los 18.1 ºC y 11.7ºC. siendo la primera temperatura la mayor y el segundo la menor respectivamente.

Además, presenta variaciones en lo que respecta las precipitaciones durante los meses considerados más secos y entre os meses considerados húmedos. La precipitación como tal llega a ser de unos 200 mm. Con una variación de temperatura periódica de alrededor de 2,5 ºC.

El punto mínimo de humedad registrada se encuentra en el mes de julio con un julio (68.96 %). Mientras que la humedad relativa se encuentra en el mes de febrero con un (84.92 %).

En promedio, el registro de la menor cantidad de días lluviosos se encuentra en el mes de junio con un resultado de (12.87 días). Por el contrario, el día con más días lluviosos registrados es el mes de enero con (28.73 días) contabilizados.

Tabla 2

Datos históricos de la zona de estudio

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	8.5	8.5	8.4	8.1	7.7	7	6.6	7.1	7.9	8.6	9.1	8.8
Temperatura min. (°C)	5.7	5.8	5.5	4.9	4.2	3.2	2.5	2.8	4	5.1	5.8	5.9
Temperatura máx. (°C)	12.7	12.6	12.6	12.4	12.2	11.9	11.7	12.4	13	13.4	13.6	13
Precipitación (mm)	257	233	188	107	65	57	58	75	95	123	149	216
Humedad(%)	84%	85%	84%	81%	76%	71%	69%	69%	73%	77%	78%	82%
Días lluviosos (días)	22	19	21	18	12	10	10	13	17	20	19	21
Horas de sol (horas)	4.9	4.5	4.8	5.4	5.9	6.2	6.3	6.5	6.3	6.2	6.4	5.5

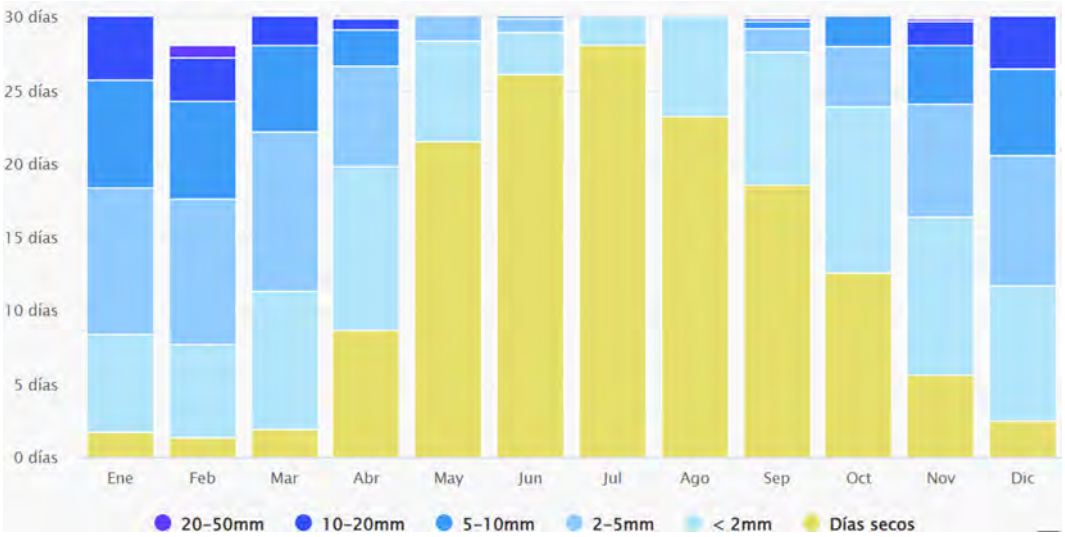
Fuente: es.climate-data.org/america-del-sur/peru/cuzco/pisac-46279/

1.4.3. Precipitación

La precipitación máxima que se registró durante todo el año es de 1200mm además de que el registro de la precipitación mínima se encuentra en 1000mm. La evapotranspiración potencial total durante todo el año presenta una variación que v de 2 a 3 respectivamente.

El diagrama presentado para el análisis de la precipitación en la ciudad d Pisac. Llega a explicar cuantos días al mes, se alcanzan ciertas cantidades de precipitación. El diagrama demuestra que en las zonas tropicales y las zonas de monzones los valores pueden llegar a ser subestimados.

Tabla 3
Cantidad de precipitación

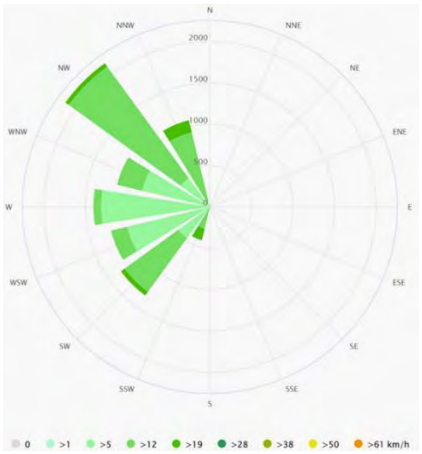


Fuente: es.climate-data.org/América-del-sur/Perú/cuzco/pisac-46279

1.4.4. Roseta de vientos

La distribución de la velocidad y la dirección de viento para la localidad de Pisaq se manifiesta en cuántas horas al año sopla el viento en la dirección especificada. Ejemplo de SO: El viento que proviene del suroeste (SO), que va para el noreste (NE), Un vendaval que se desplaza del suroeste (SO) al noreste (NE). El punto más meridional de Sudamérica es el cabo de Hornos. El cual presenta vientos fuertes con la peculiaridad de que su origen es en el oeste, el que hace los cruces de este a oeste. Quien llega a presentar problemas para los barcos que se movilizan con vela.

Figura 6
Viento



1.4.5. Vegetación

Podemos apreciar variedades de plantas impresionantes como: eucalipto, ichu (paja andina) tayanca, queuña, maíz y plantación de hortalizas. El poblado de Pisac podremos encontrar variedad de animales como la pisaqa, la oveja, colibrí, mariposas y entre otros.

1.5. Planteamiento del problema

En la actualidad en el Perú, gran parte de las carreteras presentan serias deficiencias estructurales debido a la falta de estudios técnicos especializados. El problema es que nos encontramos frente a relieves accidentados, la presencia de fallas geológicas locales, la variabilidad de suelos y el régimen de lluvias intensas estacionales provocando un deterioro acelerado de las vías, limitando la conectividad y el desarrollo socioeconómico de las comunidades rurales. Como todo estudio complejo, es necesaria la inmersión de otros conocimientos propias de otras ciencias, en este caso, el estudio geotécnico se complementa con estudios geológicos.

El tramo en estudio presenta actualmente condiciones geotécnicas deficientes en la subrasante, debido a que los suelos que conforman la plataforma de la carretera no cuentan con una adecuada caracterización físico-mecánica. Esta situación limita la evaluación de su capacidad estructural y de soporte, favoreciendo la aparición de asentamientos diferenciales, alteraciones perennes y fallas en la superficie de rodadura, lo que afecta la estabilidad, funcionalidad y vida útil de la infraestructura vial. La carretera en estudio para el mejoramiento presenta una geodinámica externa de inestabilidad de laderas existiendo

riesgos constantes de deslizamiento, derrumbes, caída de rocas o flujos de lodo (huayco) que estarían interrumpiendo el tránsito y poniendo en peligro al factor antrópico. Aumentando a ello la deficiencia del sistema de drenaje, estos factores serían los que estarían acelerando la erosión del suelo y destruyendo la plataforma de la carretera durante la temporada de lluvia, Asimismo, los materiales que conforman la estructura actual de la carretera no cumplen con las especificaciones técnicas establecidas por la normativa vigente del MTC, situación atribuible a una inadecuada identificación, evaluación y selección de las canteras de préstamo.

Esto promueve el planeamiento de acciones que estén justificadas por un objetivo que tengan el propósito de mejorar la carretera de Pisaq – Antachaca (Prog. 0+000 KM – 9+300 KM), vía que dada su alta importancia al ser un medio de conexión, debe ser contemplado en los aspectos de mejora durante toda la vía que este abarca.

Por ultimo. La viabilidad de este proceso a de depender de investigaciones previas a esta. Entre las que se tiene los estudios geotécnicos, geológicos, geofísicos, estructurales, mecánica de suelos, estabilidad de taludes, etc. Como sector de gran importancia en el cumplimiento de todas las metas que se llegaron a proponer.

1.5.1. Problema general

¿De qué manera el estudio geológico - geotécnico determinará los parámetros geotécnicos requeridos para el mejoramiento de la carretera Pisaq - Antachaca (Prog? Km 0+000 – Km 9+300) del distrito de Pisaq, provincia de Calca, ¿departamento del Cusco-2025?

1.5.2. Problemas específicos

- ¿Cuáles son las características litológicas, estructurales y geomorfológicas para el mejoramiento de la carretera Pisaq – Antachaca (Prog? Km 0+000 – Km 9+300) del distrito de Pisaq, provincia de Calca, ¿departamento del Cusco-2025?
- ¿Cuáles son los parámetros de las características hidrológicas para el mejoramiento de la carretera Pisaq – Antachaca (Prog? Km 0+000 – Km 9+300) del distrito de Pisaq, provincia de Calca, ¿departamento del Cusco-2025?
- ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para el mejoramiento de la carretera Pisaq – Antachaca (Prog? Km 0+000 – Km 9+300) del distrito de Pisaq, provincia de Calca, ¿departamento del Cusco-2025?

- ¿Cuáles son los principales sectores críticos por inestabilidad de taludes que afectan en el mejoramiento de la carretera Pisaq – Antachaca (Prog? Km 0+000 – Km 9+300) del distrito de Pisaq, provincia de Calca, ¿departamento del Cusco-2025?

1.6. Justificación

El establecimiento y la expansión de las redes de transporte principalmente las terrestres constituyen una forma de crecimiento interno, tal cual lo han demostrado otros aspectos del desarrollo cultural y económico de la nación. Respecto a ello se puede deducir, que la "Carretera Pisaq Antachaca", para el mejoramiento de la carretera se diseñará la estructura de la carretera con parámetros reales y científicos (evitando fallas por sub dimensionamiento o sobrecosto por sobre dimensionamiento). Al realizar el mejoramiento reducirá los tiempos de viaje y costos de transporte, facilitando que los pobladores de Pisaq y Antachaca y zonas aledañas trasladen sus productos agrícolas hacia los mercados de Pisaq y Cusco de manera segura.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Determinar mediante un estudio geológicos - geotécnicos los parámetros técnicos de diseño para garantizar un adecuado mejoramiento de la carretera Pisaq – Antachaca (Prog. 0+000 Km – 9+300 Km) del distrito de Pisaq, provincia de Calca, departamento del Cusco-2025.

1.7.2. Objetivos específicos

- Cartografiar la geología local, identificando las unidades litológicas, estructurales y geomorfológicas para el mejoramiento de la carretera Pisaq – Antachaca (Prog. 0+000 Km – 9+300 Km) del distrito de Pisaq, provincia de Calca, departamento del Cusco-2025.
- Determinar los parámetros de las características hidrológicas para el mejoramiento de la carretera Pisaq – Antachaca (Prog. 0+000 Km – 9+300 Km) del distrito de Pisaq, provincia de Calca, departamento del Cusco-2025
- Caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para el mejoramiento de la carretera Pisaq – Antachaca (Prog. 0+000 Km – 9+300 Km) del distrito de Pisaq, provincia de Calca, departamento del Cusco-2025.

- Evaluar la estabilidad de los taludes críticos del tramo para proponer sistemas de sostenimiento y drenaje adecuados para el mejoramiento de la carretera Pisaq – Antachaca (Prog. 0+000 Km – 9+300 Km) del distrito de Pisaq, provincia de Calca, departamento del Cusco-2025.

1.8. Hipótesis de la investigación

1.8.1. Hipótesis genérica

Aplicando procedimientos geológicos y geotécnicos detallado e integral permitirá establecer con precisión los parámetros de resistencia, deformación y estabilidad necesarios para el diseño óptimo para el mejoramiento de la carretera Pisaq - Antachaca (Prog. 0+000 Km – 9+300 Km) del distrito de Pisaq - provincia de Calca – departamento del Cusco-2025.

1.8.2. Hipótesis específicas

- El mapeo geológico identificara zonas criticas propensas a deslizamientos y asentamientos condicionando las variantes del trazo o estructuras de contención para el mejoramiento de la carretera Pisaq - Antachaca (Prog. 0+000 Km – 9+300 Km) del distrito de Pisaq - provincia de Calca – departamento del Cusco-2025.
- La evaluación de condiciones hidrológicas contribuye a proponer estructuras hidráulicas que protejan contención para el mejoramiento de la carretera Pisaq - Antachaca (Prog. 0+000 Km – 9+300 Km) del distrito de Pisaq - provincia de Calca – departamento del Cusco-2025.
- Los ensayos de mecánica de suelos demostraran que existen sectores con baja capacidad portante o suelos expansivos que requieran un proceso de estabilización o reemplazamiento de subrasante para el mejoramiento de la carretera Pisaq - Antachaca (Prog. 0+000 Km – 9+300 Km) del distrito de Pisaq - provincia de Calca – departamento del Cusco-2025.
- Con el análisis de estabilidad geotécnica se determinará que los taludes con pendientes pronunciados presentan un factor de seguridad inferior al mínimo requerido por norma ante eventos extraordinarios, exigiendo el diseño de banquetas o muros de contención.

1.9. Marco teórico

1.9.1. Antecedentes

1.9.1.1. Antecedentes internacionales

Cristian Alberto Agudelo Rodríguez (2015), en su investigación titulada "Evaluación Diagnóstica de las Condiciones Geotécnicas de los Puentes Localizados en función a las Principales Corrientes de Agua Superficial que Cruzan el Trazado de la Carretera Cúcuta–Pamplona, en el Norte de Santander, Colombia", desarrollada en la Universidad de Santander, elaboró una evaluación el cual diagnostica todas las condiciones geológicas y geotécnicas de los puentes ubicados a lo largo de la vía Cúcuta–Pamplona. Para ello, diseñó un instrumento específico de recopilación de información, que permitió caracterizar las condiciones geotécnicas y estructurales de las obras evaluadas. A partir del análisis de la información obtenida, estableció la relación entre las condiciones del terreno y las patologías identificadas, proponiendo alternativas de solución para los problemas detectados y una metodología preliminar para el diagnóstico geotécnico de puentes.

1.9.1.2. Antecedentes nacionales

Para Daniel Bocanegra Villanueva y Cristopher Joe Flores Bartra (2021), en la tesis titulada "Evaluación geológica y geotécnica y su relación con una propuesta de mejoramiento de suelos reforzados en la carretera Yurimaguas–Munichis, provincia de Alto Amazonas del 0departamento de Loreto", en la investigación realizada se hizo una evaluación de los aspectos geológicos y geotécnicos con el primordial propósito de caracterizar los componentes mecánicos y físicos de los suelos el cual tiene una base para proponer. mejoramiento mediante suelos reforzados. La investigación comprendió el reconocimiento de campo, exploración geotécnica, muestreo y ensayos de laboratorio, identificando depósitos aluviales de origen lacustre conformados por gravas y arcillas inconsolidadas, también la existencia de terrenos que son extremadamente blandos quienes generan dispersión de finos, asentamientos y pérdida de capacidad portante. El estudio, desarrollado bajo un enfoque cuantitativo, permitió analizar las condiciones geológicas y geotécnicas del terreno para sustentar alternativas de mejoramiento de la infraestructura vial.

1.9.1.3. Antecedentes locales

Según Consorcio Pisac (2011), en el informe "Elaboración del Estudio Definitivo para la Construcción del Nuevo Puente Pisac y Accesos – Volumen 6, Tomo 3: Geología y Geotecnia", se realizó la caracterización geológica y geotécnica del punto de estudio donde

se ejecutó el proyecto quien con el objetivo de recabar información sobre los parámetros sumamente importantes para el diseño y construcción del puente. El estudio comprendió investigaciones de campo y gabinete, identificándose unidades geomorfológicas correspondientes a la Cordillera Oriental, laderas de valle, terrazas y quebradas, así como la presencia de procesos geodinámicos, entre ellos derrumbes, caída de rocas, inundaciones y erosión fluvial. Asimismo, mediante ensayos de refracción sísmica se diferenciaron tres estratos del subsuelo, donde los dos primeros corresponden a materiales sueltos y el tercero a un estrato de mayor compacidad. Finalmente, se concluyó que los asentamientos previstos eran admisibles y que los taludes de la margen derecha presentaban condiciones de estabilidad favorables para la construcción del puente.

Según Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (2020), en el informe técnico "Evaluación de peligros geológicos por movimientos de masa en el río Kitamayo", se evaluaron los peligros geológicos que afectan al distrito de Pisaq, con el objetivo de identificar los procesos de movimientos en masa y proponer medidas de prevención, reducción y mitigación del riesgo. El estudio determinó que la zona está conformada por rocas sedimentarias, volcano-sedimentarias e intrusivas del Paleozoico, además de depósitos cuaternarios de origen coluvial, pluvial, fluvial y aluvial. Desde una lógica con matices geomorfológicas, se manifiesta la predominancia de montañas, laderas de valle y terrazas del río Vilcanota. Asimismo, se identificaron procesos de geodinámica externa entre las que se tienen. Derrumbes, deslizamientos, caída de rocas, llocllas, erosión fluvial y hendiduras de tierra, concluyéndose que el distrito de Pisaq constituye un área que representa alta peligrosidad geológica debido a los movimientos en masa. Del mismo modo, el río Kitamayo presenta un riesgo considerado como muy alto debido a las inundaciones y flujos de detritos durante eventos de lluvias extemporáneas, debido a la posibilidad de que recupere su cauce natural.

1.9.2. Bases teóricas

1.9.2.1. Características geomorfológicas

Las características geomorfológicas, se fundamenta en la evaluación de la corteza terrestre, examina el espacio topográfico terrestre procurando de exponer la causa y los procesos que en ella se encuentran integrados. De manera que, secuencialmente los diferentes procesos, de distinta edad y naturaleza genética, la geomorfología pretende

interpretar el desarrollo del relieve a lo largo del tiempo y las diferentes transformaciones que finalmente podemos apreciar actualmente.

El trabajo para un análisis geomorfológico se fundamenta primordialmente en la estimación de la información que fue obtenida mediante los softwares de teledetección y la cartografía regional y en segundo plano manifestar una interpretación a nivel regional de patrones y procesos geomorfológicos obtenidos mediante un exhaustivo trabajo de campo.

En campo se realizan las comprobaciones a lo largo de los accesos de la zona, en donde se efectuaron cortes transversales a los puntos de choque en donde se encuentran las formaciones de la tierra, como montañas, valles y llanuras. Las que conformaron parte del estudio, las cuales fueron sometidas a estudios de litología además de la disposición estratigráfica de la acumulación que corresponden a las distintas unidades geomorfológicas.

1.9.2.2. Estudio geológico

Los estudios correspondientes a la geología, fusiona disciplinas como estratigrafía, geología estructural, geoquímica, bioestratigrafía y petrología. Disciplinas que consisten en la elaboración geológica a múltiples escalas (1:250.000, 1:100.000, 1:50.000, 1:25.000) todo ello dependiendo de la dificultad que se llegue a presentar en la zona en estudio.

Estos estudios son el pilar que servirá para indagación y análisis de temas afines a esta dentro de todas las disciplinas que se llegaron a desarrollar, entre las que se encuentran los estudios de materias como los minerales, recursos de tipo energético, hidrogeología, clasificación y reestructuración territorial, además de los peligros geológicos, y muchos otros.

Constituye la elaboración geológica del terreno a escalas acorde a las características geológicas presentadas en toda la zona. El levantamiento geológico es realizado en el campo de estudio por expertos en materia geológica, pues utilizan fotos aéreas, asimismo imágenes satelitales georreferenciales. Engloba el acopio de muestras rocosas además de minerales y fósiles, información estructural y su posterior análisis geocronológico, geoquímico, microscópico y catalogación paleontológica. Los mapas geológicos son suplementados con perfiles geológicos con la respectiva fuente de datos obtenidas de manera georreferencial, geocronológica y geoquímica, e información estructural que llevan contenido fosilífero y excavaciones de materiales metálicos, rocas y minerales industriales estos productos además de la fuente de información se reparten en formato a través de los medios institucionales.

1.9.2.3. Geología estructural

La geología estructural abarca en sí mismo a todo el desarrollo de componentes que guardan relación con las fuerzas tectónicas ubicadas en la corteza terrestre. Dentro de la geología estructural se examina las estructuras geológicas dando mayor énfasis a las estructuras tectónicas con el propósito de esclarecer la acción de fuerzas dirigidas a lo largo de la historia geológica. Estos estudios además de tener una gran importancia y rigurosidad científica brindan ayuda a la búsqueda y la exploración muchos cúmulos de materia, requieren de una cooperación, de un contexto ambiental previamente establecido y que ayude en la formación de esta. Cabe mencionar que las fuerzas tectónicas no se limitan a la formación de depósitos, si no que de manera colateral afectan a los mismos. Todo esto dependiendo mucho de si la actividad tectónica, entra en acción en un momento posterior a la formación del yacimiento. Si este último caso se llega a dar es necesario la ejecución de estudios de carácter tectónico, para así poder justificar los movimientos y las deformaciones que se llegaron a manifestar dentro del yacimiento posterior a la metalogénesis. La geotecnia es otra área fundamental. Investigación sobre la «calidad» de la roca:

Describe el comportamiento de las fracturas en la roca o la forma en que esta se rompe. Es fundamental realizar un análisis exhaustivo, especialmente en operaciones de minería o excavación de túneles, para determinar si la roca puede soportar las estructuras o si, por el contrario, permanece inestable y podría colapsar.

1.9.2.4. Hidrología e hidráulica

La hidrología definida como ciencia natural que tiene un énfasis que se manifiesta en los estudios del agua, su circulación, ocurrencias y distribución en la superficie terrestre, Los estudios hidrológicos se elaboran primordialmente para llevar a cabo todo proyecto hidráulico. Los proyectos hidráulicos presentan dos variedades: el primero haciendo alusión a la utilización del agua y el segundo por su parte hace referencia la defensa contra los daños que se realizan en contra del agua.

El contexto dentro de este proyecto de investigación que si bien no es un proyecto hidráulico no cabe duda que requiere un diseño de los elementos hidráulicos, las cuales tengan el fin de proteger la acción destructiva del agua, por ende, es importante el estudio hidrológico la cual dará a conocer información amplia que servirá como pilar en la elaboración y diseño de las estructuras

La hidrología tiene la finalidad del estudio de la magnitud con la que la precipitación y frecuencia genera máximos escurrimientos que sean capaces de igualar o exceder los valores críticos, lo que facilita a determinar los caudales posibles de escurrimiento como consecuencia de las precipitaciones pluviales, y la elaboración de obras para lograr una vía de salida rápida, como disposición de protección de la vía.

1.9.2.5. Geodinámica

Si mencionamos geodinámica hacemos referencia a todos los movimientos que hay en la tierra desde sus principios, como también a aquellos que tiene conexión con la hidrosfera y atmosfera sobre la superficie terrestre.

El proceso metodológico empleado para el análisis geodinámico pretende entender el proceso enel que ocurren los eventos geológicos, mostrando así cuales son las causas y los elementos que lo generan, el entorno en el que logra desarrollarse y últimamente. los efectos que desata sobre el globo terrestre. Para lograr ello se sustenta en otras disciplinas como la hidrología, sedimentología, fotogeología, geomorfología, tectónica, etc. Los cuales permiten comprender todos los componentes que tienen parte en el desarrollo de los acontecimientos geodinámicos.

1.9.2.6. Estudio geotécnico

Abarcando el estudio geotécnico realizado en la investigación se muestra que se tiene por propósito obtención de aspectos teóricos geotécnicos de diseño las cuales abarcan en sí mismo la consecución de todas las propiedades que el suelo tiene como las propiedades físicas, químicas y mecánicas que posee.

Desde un espacio de la practica empírica la geotecnia, contiene las áreas de evaluación, diseño y construcción de proyectos en las que se ejecutan el uso del suelo, y todos los materiales de cantera, que llegan a tener un rol primordial durante la ejecución de los proyectos.

La dimensión que se encarga de la diferenciación, entre aspectos de comportamientos de suelo bajo condiciones de obras de campo, añadiendo también el pronóstico que se dio sobre el comportamiento de los cimientos teóricos, solo se llega a conocer mediante la experiencia en el trabajo de campo.

1.9.2.7. Definición de conceptos básicos

Antrópicos: referido a toda actividad realizada por el hombre que tiene como secuelas la alteración del medio que lo rodea, presentando así acciones como la deforestación que se da como consecuencias de la tala indiscriminada de bosque como también por efecto del sobrepastoreo, además de la mala calidad de los sistemas de riego que presentan algunas comunidades que ocasionan la alteración y erosión del terreno.

Cabe acotar la realización de obras civiles que acarrean la destrucción de los yacimiento y canteras los cuales generan desestabilidad, en los espacios en las cuales se están desarrollando debido a que la generación y acumulación y sobrecarga de desmonte en terrenos poco apropiados. (Aguirre, H. 2007)

- **Calicatas:** son las excavaciones de proporciones pequeñas que se realizan sobre terrenos meteorizados con el principal propósito de obtener información sobre el subsuelo. (SERFOR, 2016, pág. 04)
- **Clima:** son todo el conjunto de información acerca de las condiciones atmosféricas, que pertenecen a una región o país. (RAE, 2014)
- **Diaclasas:** Fractura o resquebrajamiento que se manifiestan en cuerpos rocosos, los que originaron como secuelas de acontecimientos tectónicos. Todos ellos tienen diaclasas las cuales son bifurcaciones bien direccionadas. (Marshak, 2004)
- **Estratigrafía:** hace referencia a la posición en el que se encuentran las rocas, lo que conlleva a determinar su estabilidad o inestabilidad. Su espesor o intercalación en rocas competentes e incompetentes, permeables o impermeables determinan sus condiciones y respuestas al ambiente y climatología. (Fossen, 2010)
- **Erosión:** proceso de destrucción en el que se nivela las capas de la superficie terrestre, lleva consigo una serie de procesos: fractura miento, fisuramiento, alteración física y/o química, arranque y transporte de materiales por agentes geológicos como el agua, viento, hielo, olas, etc. (R. Bonilla H. 2018)
- **Falla:** Este tipo de fractura se caracteriza por el desplazamiento de uno o ambos bloques de roca a lo largo de un plano denominado plano de falla. Es el producto de esfuerzos tectónicos. (Bates y Jackson, 1980)
- **Huaycos:** Se refiere a todo descenso brusco de porciones grandes de lodo, barro y fragmentos rocoso que no tiene un dimensión homogénea entre si, todo esto por

efecto de la sobreacumulación del agua en los materiales antes mencionados.. (R. Bonilla H. 2018)

- **Litología:** Las rocas que afloran en una zona determinada mostrarán un comportamiento y unos patrones de evolución específicos dentro de su entorno, en función de su naturaleza, composición mineral o características físicas y químicas. Como resultado, el material que se extraerá posteriormente incluirá, entre otras cosas, rocas duras, enormes, débiles, no consolidadas e inestables. (J. medina R. Fenómenos Geodinámicos 1991)
- **Mecánica de Suelos:** La mecánica de suelos es una disciplina de la ingeniería que tiene por objeto el estudio de una serie de métodos que conducen, directa o indirectamente, al conocimiento del suelo en los diferentes terrenos sobre los cuales se van a erigir estructuras de índole variable. (BRAJA M. DAS, 2013)
- **Perfil Estratigráfico:** Sección estratigráfica local levantada con mucho detalle y representada a escala 1:100 o inferior. (D. Castaño D. 2009)
- **Muestreo de Suelos:** El muestreo e identificación de materiales del subsuelo, implica técnicas complejas acompañadas de procedimientos e interpretaciones diferentes, las cuales están influenciadas por condiciones geológicas y geográficas, por el propósito de la investigación y por los conocimientos, experiencia y entrenamiento del personal ejecutor. (MINAM, Guía para muestreo de suelos, 2014)
- **Rasante:** Es la capa más superficial del pavimento, que está constituido por una mezcla íntima de agregados gruesos y finos, cemento asfáltico; la superficie de rodadura sirve para resistir el desgaste del rodamiento, tomar los esfuerzos cortantes dados por las cargas de tránsito, proporcionar una superficie antideslizante y confortable al tránsito y para prevenir la penetración de agua hacia las cargas interiores de pavimento. (I. Zuloaga, 2014)
- **Sub Rasante:** El nivel donde se construirá la estructura del pavimento se conoce como subrasante o suelo de cimentación. Esta superficie ha sido nivelada, perfilada y compactada, y sirve de base o apoyo para las diversas capas del pavimento. (EG-2013, MTC).
- **SUCS:** Este sistema unificado se utiliza para la clasificación de suelos para propósitos de ingeniería, el cual permite estimar la calidad y los parámetros

resistentes aproximados del macizo, en términos de cohesión y fricción. (R. Bonilla H. 2018)

- **Talud:** Superficie inclinada de la roca que se extiende de la base de la cumbre de un cerro acumulada de fragmentos de rocosos. (R. Bonilla H. 2018)
- **Tectónica:** Está relacionado con el tipo, la modalidad, la magnitud y el grado de deformación que presentan los afloramientos rocosos tales como fallas, pliegues y diaclasas. Estas deformaciones provocan el desplazamiento de las masas rocosas y comprometen la estabilidad de la estructura básica de la roca. Asimismo, hace referencia a la liberación de energía sísmica (zona sismogénica) y a indicios de actividad tectónica reciente o neotectónica como causa de inestabilidad y deformación. de estabilidad de laderas y taludes y el riesgo potencial de la generación de procesos geodinámicos. (INGEMMET, 2021)

1.10. Variables

1.10.1. Variable dependiente

Mejoramiento de la carretera Pisaq - Antachaca.

1.10.2. Variable independiente

1.11. Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores Principales
V.I: Estudio Geológico - Geotécnico	Proceso de caracterización del terreno y materiales mediante métodos científicos y normados.	- Dimensión Geológica	- Tipos de roca y fallas estructurales. - Clasificación de suelo (SUCS/AASHTO$).

		- Dimensión Geotécnica	- Capacidad portante (CBR). - Estabilidad de taludes (FS).
V.D: Mejoramiento de la Carretera	Optimización de las condiciones estructurales, geométricas y funcionales de una vía de transporte.	- Diseño Estructural - Obras de Arte y Drenaje	- Espesores del paquete estructural del pavimento. - Geometría de muros de contención. - Dimensionamiento de cunetas y alcantarillas.

1.12. Metodología de trabajo

La metodología que permitió la ejecución del trabajo de investigación se reparte en tres partes las cuales son:

1.12.1. Etapa de preparación

Dentro de toda esta etapa se realizaron las actividades que se muestra a continuación.

- Búsqueda y recolección de fuentes bibliográficas que fueron proporcionados por entidades como el municipio.
- Recopilación cartográfica.
- Recopilación de fotografías.
- Exploración, cartografía, bibliográfica, fotográfica los que componen los (planos preliminares).
- Planteamiento de prospección en campo (calicatas y ensayos in situ).
- Análisis y sistematización de la bibliografía existente

1.12.2. Etapa de campo

Los trabajos de campo llegaron a consistir en:

- Caracterización geomorfológica.
- Caracterización geológica (litológico – estructural).
- Levantamiento geotécnico.
- Prospección de calicatas y muestreo.
- Caracterización de suelos (laboratorio).

1.12.3. Etapa de gabinete y laboratorio

En gabinete y laboratorio llegaron a desarrollarse las siguientes actividades:

- Interpretación cartográfica.
- Interpretación y evaluación de muestras.
- Diseño de planos.
- Plan de adecuación.
- Procesamiento de datos.
- Desarrollo de la tesis.

1.12.4. Aspectos del medio físico, biótico, social, cultural y económico

La descripción del medio físico, biótico, social, cultural y económico corresponde a las características que presentan los componentes ambientales identificados en el área de influencia del proyecto.

El espacio donde repercute una investigación es el contexto espacial donde se llega a manifestar los probables efectos ambientales a causa de las actividades realizadas por dicho proyecto, dentro de este espacio se toma en cuenta y califica la magnitud e intensidad

de todos los diversos impactos para así poder explicar modelos de prevención o atenuación mediante un plan de manejo.

Para la presente Modificación de la Declaración de Impacto Ambiental del Proyecto se mantendrán las áreas de influencia directa e indirecta establecidas y aprobadas inicialmente, tomando de base la interacción del proyecto con los principales indicadores ambientales.

1.12.5. Área de influencia directa ambiental (AIDA)

La zona abarca los espacios en los cuales el impacto ambiental se dio de manera directa e inmediata todo ello durante un proceso de levantamiento y la implementación de los componentes que forman parte del proyecto. (ampliación de puentes y vías, señalización y adecuamiento de las vías internas del recorrido de acceso al P.A. de Pisaq, implementación de áreas de estacionamiento) en función del mayor grado de afectación que se podría generar sobre los componentes ambientales existentes.

El AIDA se ha determinado considerando un búfer de 20 m a cada lado de la Carretera Pisaq-Parque Arqueológico Pisaq.

Se han determinado seis escenarios donde se generarán los diferentes impactos ambientales:

Tabla 4
Escenario

ESCENARIOS	DESCRIPCIÓN
Escenario 1: Sustitución del Pontón Kitamayo (río Kitamayo)	Entre las progresivas 0+600 y 0+700 se realizará labores de construcción, reemplazando el puente existente; se prevé posible expropiación de terreno.
Escenario 2: Pavimentación de la vía - zona urbana Pisaq	Pavimentación mediante adoquinado (zona urbana Pisaq – 0+700).
Escenario 3: Sustitución del Pontón Chongo (río Chongo)	Sustitución de la estructura actual del tablero y aumento de la sección hidráulica (1+450).
Escenario 4: Implementación de un sistema de sub-drenaje transversal	Construcción de zanjas de coronación y sus respectivas entregas (4+000 – 4+400).
Escenario 5: Ampliación del puente existente sobre el río Chongo	Se realizará labores de construcción para reemplazar la estructura del puente existente, así mismo se realizarán actividades de estabilización de taludes, construcción de muros de contención y revegetación (5+550). Área cercana a la población de Cuyo Chico.
Escenario 6: Proyección de un óvalo en el área de estacionamiento actual	Se proyectará un ovalo en la progresiva final de la vía 9+270, se realizarán labores de corte de perfil de terreno, estabilización de taludes, construcción de muros de contención y revegetación, para la ampliación del área de estacionamiento existente.

Fuente: Elaboración Propia

1.12.6. Área de influencia indirecta ambiental (AIIA)

Las capas o zonas de influencia más sensibles, fueron señaladas con base a los factores ambientales que puedan ser alteradas en su conducta natural en el entorno, fuera del AIDA por las obras del proyecto y el desarrollo de sus actividades.

Para este proyecto se espera la ocurrencia de impactos positivos, durante la etapa de operación del proyecto principalmente.

El AIIA se ha determinado considerando un búfer de 50 m a cada lado de la delimitación propuesta como AIDA.

Dentro de los aspectos sociales se abarcó espacios identificados como influencia indirecta como las comunidades y centros poblados aledaños al lugar de estudio.

CAPITULO II
GEOMORFOLOGIA

2.1. Generalidades

La ubicación de la localidad de pisaq dentro del departamento de cusco se encuentra en el adyacente sur de la cordillera Oriental. El rio Vilcanota es el encargado de corta la cordillera en dos franjas las cuales son SO-NE lo que conlleva al desarrollo de relieves con abundantes pendientes.

Dentro de la región en la cual se ejecutó el estudio se diferencia tres variedades geomorfológicas principales, los que se dieron por los ciclos erosivos y consecuencia del levantamiento de los andes y son los siguientes.

- Cordillera Oriental y
- Valle Vilcanota

2.2. Unidades geomorfológicas regionales

2.2.1. Cordillera oriental

Las estructuras morfoestructurales que se dieron por los movimientos tectónicos en la zona de la cordillera oriental, son en su mayoría estructuras únicas que difieren de las demás unidades morfoestructurales. Todas estas estructuras se encuentran ubicadas en la localidad de calca y se ramifican por toda el departamento de cusco con dirección que va de (NO-SE) y toda esta ramificacion se encuentra paralela al río Vilcanota quien se encarga de cortarla de manera transversal del siguiente modo. (NE-SO). En su límite Suroeste, y en la zona de estudio se encuentra rodeada por fallas geomorfológicas que van de NO-SE y también por el anticlinal del Vilcanota quien es la estructura preponderante en toda esa zona. La epitome de esta falla geomorfológica se encuentra a una altitud de 4800 y desde donde se puede llegar a visualizar glaciaciones anteriores como morrenas y lagunas glaciares.

Los cúmulos de rocas que se observan presentan alta relevancia ya que forman parte del estudio. Dichas rocas son metamórficas que pertenecen a eras de la tierra completamente distintas entre las que se encuentran rocas pertenecientes a la era del paleozoico inferior con formación como la (Ccatca), además de tener rocas que pertenecen a la era permo triásica con ejemplares como rocas (vulcano sedimentarias), y finalmente la existencia de rocas pertenecientes a la era mesozoica con ejemplares como las formaciones de (huancane y Paucarbamba).

2.2.2. Valle Vilcanota

El valle al cual se está realizando los estudios presenta una ubicación que va de SE-E a NO-O. además de encontrarse situado a una altura de 2900 m.s.n.m. con una laderas y caídas que son suaves y con moderas empinadas. Al canto de esta se puede observar conos aluviales.

Del valle del Vilcanota nace el rio con el mismo nombre que es afluente de la cuenca hidrográfica que también tiene el mismo nombre.

El valle del Vilcanota posee un piso de valle que es relativamente amplio además de poseer laderas que son empinadas. Lo que genera que haya abanicos aluviales sobre las laderas que se ubican en la localidad de pisaq. Los abanicos aluviales con formación generan el aumento en la corriente del rio Vilcanota, también genera la aparición de depósitos fluviales los que en su conjunto dan origen a todo el amplio valle de Vilcanota.

El valle perteneciente al área de estudio se encuentra integrado por terrazas de gran amplitud, manifestando así desarrollo en donde los cauces que este tiene generan a canales unidos entre sí. Por su parte las pendientes son suaves y poco empinadas, además de que se puede observar, atractivos valles con conos aluviales entre las que destacan el taray culis pata y chimpa huayco.

El Vilcanota tiene como principales afluentes a los siguientes ríos de. Culispata (kitamayo), chaupihuayco (chongo), taray y pillatahuayco.

2.2.3. Altas cumbres

Estas unidades geomorfológicas se encuentran por una altura que llega a sobrepasar los 4050 m.s.n.m. y llegando hasta una altura máxima de 5150 m.s.n.m. en la localidad de occoruro en donde se presenta una unidad geomorfológica formada por el grupo mitu, además de que dentro de la localidad se encuentras otras subunidades como la de Pisac y la formación de pachatusan y finalmente la existencia de depósitos de morrenas que son acompañados por valles fluvio glaciares.

De acuerdo a las fuentes históricas el valle cuadrangular de calca perteneciente a Urubamba. Presenta un desgaste en la extensión de sus glaciares ejemplo de ello es el desgaste que se dio desde el año 1996 llegando al año 2018. En el cual se aprecia que la desglaciación fue avanzando a grandes pasos.

2.3. Unidades geomorfológicas locales

En el espacio donde se ejecutó la investigación se presenta una unidad que lleva por nombre cordillera oriental, y de manera local se confirma la existencia de otras formaciones de unidades que son más pequeñas. La población de pisaq está ubicada sobre depósitos aluviales y también sobre depósitos fluviales que se llegaron a desarrollan encima de depósitos aluviales y rocas de antaño. unidades.

Los ríos Kitamayo y Chongo atraviesan la localidad de Pisaq y el fondo del valle de Chaupihuayco, respectivamente; la presencia de depósitos sedimentarios recientes en estas zonas intensifica los procesos de erosión.

Los afloramientos de rocas metamórficas o los depósitos coluviales constituyen la mayor parte de las laderas de los cerros, rocas volcánicas y sedimentarias a menudo extensamente fracturadas que mayoritariamente dan lugar a deslizamientos o abanicos aluviales debido a pendientes extremadamente pronunciadas y otros factores.

En la localidad de Pisaq y todos los espacios que se encuentran a su alrededor se puede diferenciar de manera muy precisa la existencia de las siguientes unidades geomorfológicas.

2.3.1. Montañas en rocas sedimentarias RM

Estas rocas difieren en su altitud pues se tiene registros en las que algunas alcanzan los 3025 m.s.n.m. mientras que las otras llegan a alcanzar una altitud de 3150 m.s.n.m. la altitud máxima es de donde se inicia el punto de afloramiento que lleva por nombre "grupo Copacabana", llegando encontrarse con otros depósitos de tipo cuaternario. En este espacio las pendientes son bastante pronunciadas llegando Asia a tener70º de pendiente, lo que es propicio para los deslizamientos que se lleguen a dar en la zona.

Todos los cúmulos de rocas que forman parte del grupo anteriormente mencionado como "grupo Copacabana", llegan a la superficie sin embargo no están exentos de los resquebrajamientos en us estructuras rocosas. Ya que los procesos tectónicos y erosivos también los afectan.

2.3.2. Montaña en roca vulcano sedimentaria

Estas montañas vulcano sedimentarias, presentad altitudes mucho más diferenciadas respecto a las anteriores montañas, pues las montañas vulcano sedimentarias parten en una altura de 3400 m.s.n.m. llegando a una altura máxima de 4200 m.s.n.m y también está

representada por el grupo mitu. Además de que en sus faldas se encuentra la carretera que recorre pisaq. La montaña fue cubierta por depósitos en la era cuaternaria, lo cua permite que la montaña se abra en forma de alas en toda la cuenca. Las pendientes son mayores respecto a las montañas anteriormente mencionadas pues las montañas vulcano sedimentarias presentan pendientes de 34º que van hasta los 81º. Estas montañas debido a su inclinación dieron pao a desprendimientos de rocas, deslizamientos de tierras, y tienen la potencialidad de generar deslizamientos grandes que, al ocurrir, generaría problema de tránsito al caer sobre las vías que reposa en sus faldas.

2.3.3. Abanico aluvial

Estos están constituidos por unidades geomorfológicas que tienen la apariencia àrecida a un cono invertido pues esta forma se debe al deslizamiento y acumulación de materiales sedimentarios y materiales detríticos, las unidades se encuentran en espacios donde se produjo rupturas de pendiente significativas que tienen materiales clásticos o granulosos. (Ferra, 2010).

2.3.4. Unidad de laderas

2.3.4.1. Laderas de pendiente suave

a) **Río Pillatahuayco:** El río Pillatahuayco es uno de los confluentes del rio Vilcanota por la margen derecha de la misma, la delta se sitúa sobre depósitos de pequeños abanicos aluviales en la periferia de estos abanicos aluviales se ubica domicilios, pero se acrecientan en mayor medida la presencia de suelos agrícolas debido a que prevalecen andenes incas. Desde una lógica urbanística, las viviendas ubicadas en la periferia del abanico debido a las terrazas incas, que deberían considerarse patrimonio cultural inmaterial, no deben verse como zonas habitables ni como áreas de expansión urbana.

b) **Río Chaupihuayco (Chongo):** El cauce del río Chongo confluye también al rio Vilcanota por el lado derecho,y en sus recorrido pasa por espacios de esparcimiento como restaurantes turísticos y hospedajes. Mientras que los espacios más alejados de esta están destinados a la agricultura. Se encuentra en una ubicación de 2900 m.s.n.m. y donde llega a colindar con el rio Vilcanota. Sin embargo, presenta partes muchos más altas que llega a estar a 3600 m.s.n.m. donde prepondera laderas con dirección hacia el sur. Desde una lógica urbanística el rio chongo genera extensiones

de terrenos que son buenas para el poblamiento de las personas, además de que el rio abre paso al crecimiento de la ciudad de pisaq.

2.3.4.2. Laderas de pendiente pronunciada

Esta sub-unidad parte de una altitud que se ubica en los 3000 m.s.n.m. llegando hasta una altura máxima de 4300 m.s.n.m.

La sub unidad ubicada al norte de la ciudad de pisaq presenta espacios empinados, a la cual pertenecen las pendientes pillatahuayco, Chaupihuayco y Culispata estas regiones producen rocas sedimentarias, metamórficas y volcánicas altamente fragmentadas que sirven de sustrato para la formación de depósitos coluviales, además se llegó a producir derrumbes y deslizamiento de terrenos además de la presencia de conos aluviales que con la constante lluvia se vuelven inestables.

El relieve de esta sub-unidad presenta pendientes que están localizadas al norte de la población, no obstante en las laderas de esta , se encuentra material arqueológico perteneciente al periodo inca donde además se aprecian andenes y construcciones que pertenecen al conjunto arqueológico de pisaq, las pendientes de esta sub-unidad no son propicias para el poblamiento de las personas, por el alto grado de peligrosidad que presentan y también por encontrarse zonas arqueológicas alrededor de esta, aun así la población hace caso omiso y llegaron a asentarse sobre esta unidad geomorfológica.

2.3.5. Unidad de quebradas y ríos

2.3.5.1. Quebrada Culispata (Kitamayo)

El abra de kitamayo se encuentra a una longitud de 4.87 km con una pendiente que llega a oscilar los 21 %. Las quebradas de kitamayo se dio por la convergencia de otras dos quebradas asimismo presenta una ruta larga que parte de la laguna de quihuallcocha. Durante todo su viaje pasa por zonas como la comunidad de Viacha que está a una altitud de 4172 m.s.n.m. y pasa por el costado del cerro con nombre intihuatana. Y en la falda del cerro intihuatana se encuentra los restos de antepasados incas que fueron parte del conjunto arqueológico de pisaq. Por toda la quebrada de kitamayo se constata la existencia y presencia de problemas de tipo geodinámicos. Como deslizamientos de antaño que en cualquier momento se puede reactivar, impidiendo asi la transitabilidad. Estos problemas geodinámicos están sobre vías que se encuentran en proceso de reconstrucción, socavones, y cerca de otros deslizamientos.

2.3.5.2. Quebrada Pillatahuayco

La quebrada Pillatahuayco presenta una longitud promedio de 2.43 km presenta a su vez una pendiente aproximada de 41 %. la quebrada se originó por la convergencia de otras quebradas más pequeñas, la cantidad y recorrido del agua es muy escasa, lo que implica poco o nulo riesgo.

2.3.5.3. Quebrada Chaupihuayco

El abra de Chaupihuayco presenta una longitud promedio de 17.49 km. También una pendiente promedio de 7.8 %. El abra de chaupihuayco se dio por la unión de otras dos grandes quebradas. El cauce de esta pasa por localidades pertenecientes a chahuaytiri, cuyo grande, cuyo chico ingresando de ese modo a la ciudad de pisaq por el lado sureste. Además, existe otro curso de agua que nace en las lagunas Quimsacocha y Azulcocha, de la comunidad de Paruparu, y atraviesa las localidades de Amaru y Quello antes de unirse al ramal principal de Chaupihuayco, cerca de la comunidad de Sakaka.

A través del abra de chaupihuayco se constató problemas de diversas índoles entre las que destacan los problemas geodinámicos como: deslizamientos de antaño, ocasionados en vias de reactivación, zanjas, derrumbes y erosión en la periferia del rio chongo.

2.3.5.4. Valles

Los valles son las porciones de tierra que se encuentra en la parte plana de dos montañas o tambien se pueden ubicar en medio de dos laderas, y presentan formas alargadas, que llevan consigo un rio o riachuelo.

Los valles como tal se clasifican en dos.

Valles con forma de U. Estos valles son los más antiguos ya que a lo largo del tiempo se formaron por movimientos tectónicos, glaciaciones, y en algunos otros casos estos valles se desarrollaron sobre espacios que son propensos a la erosión. La denominación de valles en u se debe a que presentan una forma abierta.

Valles en forma de V. Estos valles por el contrario son valles relativamente más jóvenes, que se puede apreciar en espacios fluviales y en donde las laderas forma pendientes más fuertes y donde el punto de unión es en el fondo, espacio que es mucho más estrecho, y este en comparación con el anterior se da en zonas más compactas o duras las cuales erosionan difícilmente.

CAPITULO III
GEOLOGIA

3.1. Generalidades

A continuación, se presentan las diversas formaciones geológicas que se encuentran en la localidad de pisaq así mismo la presencia de quebradas de pillatahuayco, culispata (kitamayo), chaupihuayco (chongo) y entre otros que están alrededor de la población. Dilucidando sus aspectos litológicos y estructurales.

3.2. Geología regional

Dentro del punto de investigación se manifiestan elementos litológicos, pertenecientes a la época paleozoica inferior incluso el periodo antropozoico los que se organizan del siguiente modo presentado en la figura 2-1, con relación a los siguientes detalles:

3.2.1. Formacion Ccatca (DsCi-cc)

Es denominada Formación Ccatca (Carlotto, 2003) a una serie de cuarcitas y tableros que surgen al Norte de Pisaq y especialmente en las ruinas de Pisaq extendiéndose hacia el Este y Sureste (Cuyo Chico, Cuyo Grande por donde se emplaza el acceso vial hacia el Santuario de Pisaq).

Las particularidades más recalcitrantes de las formaciones en el punto de investigación es la existencia de diamictitas los cuales son (conglomerados) además de la presencia de cuarcitas y pizarras en los cerros Puccacasa y Patacchauana, también la presencia de estos en la carretera con rumbo a pisaq y las ruinas que tienen el mismo nombre, los que se encuentran compuestos por este tipo de rocas. Los fragmentos de las diamictitas no presentan el mismo tamaño por el contrario estas presentan variaciones alcanzando en algunos casos proporciones de varios metros. Del mismo modo se posee capas de cuarcitas con laminados oblicuos con medios de playas, que presentan diversos espesores, pero con un promedio de 200m. a los que se asignan una edad devoniano terminal-carbonífero inferior.

Desde una lógica mecánica y geodinámica, estas rocas son poco compactas, en específico las diamictitas, esto debido a que la composición barrosa roce con liquido presenta una reacción flexible y en áreas altamente inclinadas presenta deslizamientos como el caso las ruinas incas de Pisaq o cuyo chico.

3.2.2. Grupo Mitu (PmTi-m)

El equipo Mitu (Mc Laughlin, 1924) sobre yace en discrepancia deterioral al Grupo Copacabana. surge extensamente en el área de investigación, en el transcurso del anticlinal de Vilcanota, desde Pisaq hasta Calca. En el Grupo Mitu se distinguen dos unidades litoestratigráficas, designadas configuraciones Pisaq y Pachatusan (Candia & Carlotto, 1985; Carlotto et al, 1988).

El Grupo Mitu manifiesta de manera amplia en las quebradas del punto de investigación, del mismo modo que la orilla del torrente Vilcanota.

Consiste en rocas volcánicas compuesta de fisuras, conglomerados, y filtradas de basalto, riolitas e ignimbritas. Estas rocas volcánicas, alternan con rocas sedimentarias (areniscas cuarzosas y conglomerados), distinguiéndose de su peculiar pigmento colorado violáceo lo cual facilita distinguirlas de otras rocas. Las andesitas, ignimbritas y basaltos son las clasificaciones estándar para rocas volcánicas tales como tobas, lapilli y rocas de color violeta.

Las rocas, por lo general presentan resquebrajamiento por lo que se les considera excelentes acuíferos fisurados, lo que les permite ser utilizados como materiales en la construcción. Sin embargo, cuando están fracturadas llegan a desarrollar deslizamientos.

3.2.3. Formación Pisac

La Formación Pisac (Gabelman & Jordan, 1964), surge en al Anticlinal de Vilcanota, ubicando en discrepancia sobre el Grupo Copacabana, con intermedio, o no, de un grado volcánico. Las areniscas y limolitas rojas se intercalan con secuencias de conglomerados y brechas que aumentan de granulometría hacia arriba. Estas secuencias, que incluyen clastos de cuarcita, caliza y rocas volcánicas, han sido identificadas como abanicos aluviales.

3.2.4. Formación Pachatusan

En la Formación Pachatusan (Gregory, 1916) está compuesta por diferencias, acumulaciones y filtraciones volcánicas de basaltos, ignimbritas y riolitas. En relación con rocas sedimentarias se surten con rocas volcánicas, llegando a presentar características específicas como el color rojo violáceo lo cual permite diferenciarlas de manera más clara frente a las demás rocas. Como las tobas, lapilli, coladas, y otras rocas volcánicas, quienes están denominadas como ignimbritas, andesitas y basaltos.

En la extensión del afloramiento volcánico se extiende de Pisaq a Calca y finalmente Urubamba.

El fundamento de esta sección en el Anticlinal de Vilcanota, en medio del Sur de San Salvador y Pillahuara, se superpone sobre una porción ancha de agrupaciones en la cual se enfatiza los surgimientos que están manifestadas por riolitas con textura fluidal (Noreste de Pisaq). Las andesitas muestran el grueso de la formación, que lleva consigo tobas y grietas. Es bastante normal la existencia en los volcanes, de vacuolas rellenas zeolitas. Los grados empilíticos son vistos al norte de vichos, ignimbritas al norte del anticlinal del Vilcanota y el norte de Urubamba. Presenta una densidad que varía, pero en el área de investigación se encuentra de 600 a 1000 metros.

3.2.5. Formacion Huancane (Ki-hn)

La Formación Huancané (Newell, 1949) se asienta en discrepancia erosional sobre el Grupo Mitu. La Formación Huancané se encuentra compuesta por cúmulos, areniscas cuarzosas de color blanco de origen fluvial y areniscas conglomerádicas (Carlotto, 1992). El periodo designado corresponde a la era cretácica inferior. Pues sus surgimientos componen un grado de guía fundamentados por el color y la formación de acantilado, tiene un espesor relativamente pequeño que varía entre los 30 y 50 metros. La edad indicada corresponde al Cretácico Inferior. Debido a su coloración y a su tendencia a formar acantilados, sus afloramientos sirven como buenas referencias para el cartografiado. La densidad minúscula y cambia dentro de 30 y 150 metros.

Las areniscas cuarzosas, por ser bastante penetrables y agujereada, generan buenos reservorios de agua. Pueden ser utilizados como elementos de edificación. Los granos de cuarzo, altamente homogéneos y esféricos, pueden utilizarse para obtener beneficios económicos.

3.2.6. Grupo Yuncaypata

Antiguamente determinado como Formación Yuncaypata (Kalafatovich, 1957), en esta parte no ofrece una columna total, debido a que comporta varias categorías de despegue.

La Formación Paucarbamba incluye el Grupo Yuncaypata, el cual está presente en la región de estudio, desde un comprender mecánico las rocas de este equipo son poco firmes resaltando a los yesos en su totalidad.

3.2.7. Formación Paucarbamba (Ki-pb)

La Formación Paucarbamba (sedimentación marina poco profunda areno-pelítica) yace coherentemente sobre la Formación Huancané (sedimentación fluvial) y surge en casi todas las zonas donde lo hace la Formación Huancané, del que se diferencia claramente por su coloración rojiza.

La formación, cuyo espesor oscila entre 50 y 300 metros, está compuesta por areniscas calcáreas, margas y lutitas de colores amarillo, rojizo y verde, correspondientes a una facies de plataforma litoral.

La Formación Maras, cuya edad no ha sido determinada, se sitúa por debajo de la Formación Ayavacas (también conocida como calizas Yuncaypata), de edad albiense-turoniense, mientras que la Formación Paucarbamba se encuentra sobre la Formación Huancané. Su edad abarca desde el Aptiense superior hasta el Albiense inferior (Cretácico medio), según las correlaciones regionales y su posición estratigráfica sobre la Formación Huancané.

No existen indicios de un comportamiento geodinámico anómalo asociado a la presencia de yeso y lutitas, debido a la poca anchura de la unidad en la región.

3.2.8. Formación Maras (Ki-ma)

La formación de maras sobre yace como la Formación Paucarbamba. Ambas crecen en el cerro Quehuar, al suroeste de la localidad de Pisac. La formación de maras presenta una mistura de minerales que se combinaron de manera poco ordenada entre las que se tiene, yeso, lutitas rojas, lutitas verdes, caliza en menor proporción.

La anchura de esta formación presenta variaciones, pero se encuentra dentro de un rango de 100 a 200 metros, sin embargo, en algunos puntos llega a pasar esos límites y debido a fuerzas tectónicas y diapíricas, alcanza los 400 metros. A partir de su posición estratigráfica y de las conexiones conocidas, se determina que su edad corresponde al Albiense medio.

3.2.9. Cuaternario

3.2.9.1. Depósitos aluviales (Q-Al)

Los depósitos que abarcan este punto son los depósitos denominados conos aluviales. Los que están contiguos al valle del rio Vilcanota. Cabe destacar la importancia del cono aluviales de pisaq que está conformado por grandes fragmentos de rocas volcánicas, que se

encuentran cubiertos por una matriz areno-arcillosa. Que tienen un comportamiento dentro de los parámetros aceptable a bueno.

En todos los barrancos donde se encuentran zonas agrícolas y asentamientos humanos, estos depósitos son claramente visibles.

3.2.9.2. Depósitos fluviales (Q-f)

Estos depósitos se han encontrado en las quebradas cercanas a la localidad de Pisaq y en el fondo del valle, especialmente a lo largo del río Vilcanota.

Por lo general, estos materiales son muy permeables y están poco consolidados; están compuestos por estratos de arena y grava que forman una o varias terrazas, algunas de las cuales se explotan actualmente de manera insostenible.

Los depósitos fluviales de las quebradas Kitamayo, Chaupihuayco y Vilcanota albergan numerosas comunidades humanas, hoteles, explotaciones agrícolas y vías de comunicación.

Depósitos coluviales (Q-co)

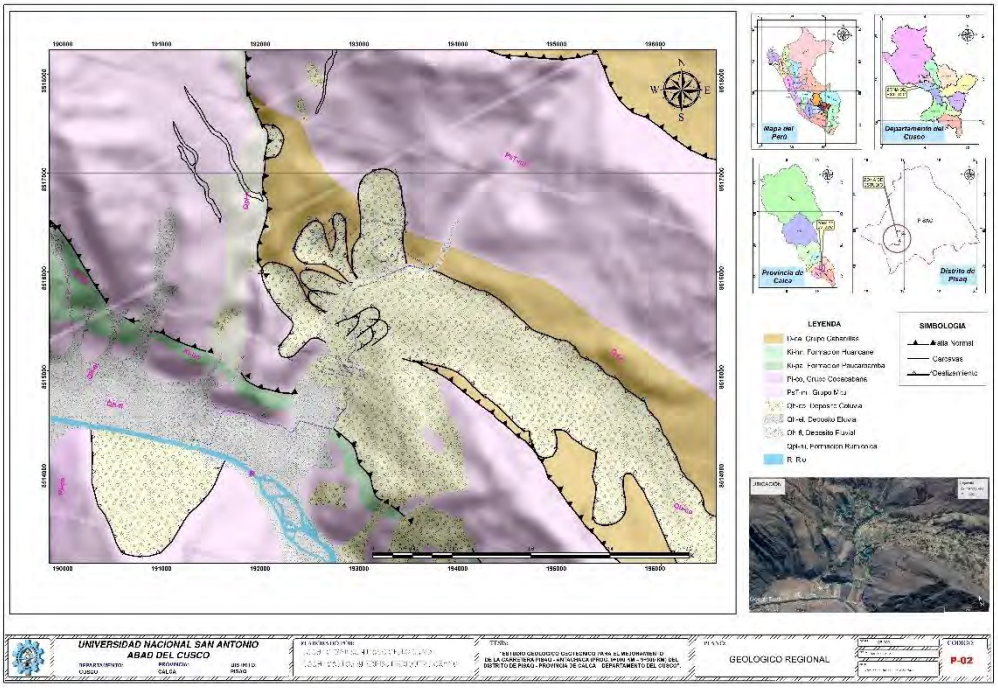
La desintegración *in situ* de la roca y/o la actividad tectónica, procesos que también conllevan cierto grado de movimiento inducido por la gravedad, dan lugar a estos depósitos gravitacionales. Dichos depósitos pueden encontrarse tanto en las laderas de las quebradas locales como en las empinadas vertientes que rodean la localidad de Pisaq.

Estos depósitos coluviales están conformados por materiales que presentan debilidades al momento de su consolidación, debido a que los bloques, gravas, diamictitas, areniscas y rocas volcánicas están débilmente unidos entre sí.

En el interior de estos depósitos de la misma forma se estiman los depósitos de deslizamientos que se pueden observar en las laderas del barranco, varias muy inestables y activas como en Cuyo Chico.

Figura 7

Mapa de la Geología Regional de la zona de estudio



Fuente: Elaboración Propia

3.3. Geología Local

Las partes litoestratigráficas que surgen en la vía de estudio son de procedencia sedimentaria, compuesto por depósitos que abarcan desde la era Paleozoica hasta la actualidad. Localmente, se han encontrado depósitos coluviales.

3.3.1. Deposito fluvial

Estos depósitos están compuestos por arcillas, arenas y gravas bien estratificadas. Dichos sedimentos se encuentran principalmente en el inicio de la zona de estudio, donde se asienta la población local, y están vinculados a ríos de caudal permanente como el Vilcanota y el Chaupihuayco. Estos depósitos, utilizados como agregados para la construcción, se hallan a lo largo de las riberas del río Vilcanota formando terrazas de diversos espesores, así como en bancos de arena acumulados en el cauce. La composición de los granos varía según la ubicación.

3.3.2. Deposito coluvial

La particularidad de estos depósitos es que presentan un comienzo arraigado al intemperismo gravitacional. De manera que estos espacios donde se depositan los

escombros como flujos de detritos, bloques y caída de fragmentos de rocas, los que generan estos espacios de almacenamiento (escombreras) los fragmentos de rocas minerales o clastos presentan diversos tamaños que varian y forma llegando a ser heterogéneos con un núcleo con la característica limosa y arcillosa que con el transcurso del tiempo se van acumulando llegando a clasificarse por el tamaño y la distancia que recorre, estos recorridos generan una nueva forma de acumulación pues los más grandes llegan a quedarse en la cabecera y los pequeños o más finos van hacia abajo. Estos depósitos pueden observarse en las laderas de K'itamayu y Pillatahuayco, así como en sus quebradas. Están compuestos por gravas derivadas de rocas volcánicas, arenisca y pizarra.

3.3.3. Formación Huancane

Esta formación, que aflora en el sureste del área de estudio y presenta un espesor promedio de 80 metros, se dispone en discordancia (una discordancia erosiva) sobre el Grupo Mitu. Se trata de una sucesión de cuarzo-arenitas rojizas o blancas con intercalaciones de areniscas microconglomeráticas, laminación cruzada y estratificación oblicua (Sánchez y Zapata, 2003).

Las rocas clásticas continentales, tanto de origen volcánico como sedimentario, que conforman el Grupo Mitú (McLaughlin, 1924) se identifican fácilmente por su tonalidad rojo-violácea y se presentan en estratos de espesor medio a grueso, distribuidos de manera regular.

Litológicamente, están compuestas por lutitas y conglomerados con clastos volcánicos —lo que indica una sedimentación clástica y volcánica simultánea—, así como por areniscas arcosas de grano medio a conglomeráticas en los niveles inferiores, las cuales están cubiertas por lavas andesíticas y dacíticas, brechas y lavas basálticas.

Estas rocas se distribuyen ampliamente por el área del proyecto a lo largo del anticlinal de Vilcanota, que se extiende desde Pisac hasta Calca. Las formaciones Pisac y Pachatusan son dos unidades litoestratigráficas diferenciadas dentro del Grupo Mitú.

El espesor de esta unidad oscila entre los 600 y los 1000 metros. Se estima que la edad del Grupo Mitú en el Perú abarca desde el Pérmico Medio hasta el Triásico Inferior.

Estas rocas constituyen acuíferos en medio fracturado útiles, dado que suelen presentar un alto grado de fracturación. Son adecuadas para su uso en la construcción y poseen una elevada resistencia a la compresión.

3.3.4. Grupo Mitu

Las rocas clásticas continentales, tanto de origen volcánico como sedimentario, que conforman el Grupo Mitú (McLaughlin, 1924) se identifican fácilmente por su tonalidad rojo-violácea y se presentan en estratos de espesor medio a grueso, distribuidos de manera regular.

Litológicamente, están compuestas por lutitas y conglomerados con clastos volcánicos —lo que indica una sedimentación clástica y volcánica simultánea—, así como por areniscas arcosas de grano medio a conglomeráticas en los niveles inferiores, las cuales están cubiertas por lavas andesíticas y dacíticas, brechas y lavas basálticas.

Estas rocas se distribuyen ampliamente por el área del proyecto a lo largo del anticlinal de Vilcanota, que se extiende desde Pisac hasta Calca. Las formaciones Pisac y Pachatusan son dos unidades litoestratigráficas diferenciadas dentro del Grupo Mitú.

El espesor de esta unidad oscila entre los 600 y los 1000 metros. Se estima que la edad del Grupo Mitú en el Perú abarca desde el Pérmico Medio hasta el Triásico Inferior.

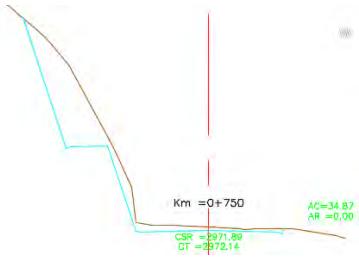
Estas rocas constituyen acuíferos en medio fracturado útiles, dado que suelen presentar un alto grado de fracturación. Son adecuadas para su uso en la construcción y poseen una elevada resistencia a la compresión.

3.3.5. Formación Ananea

Esta unidad es la más antigua que aflora en el área de estudio. Su litología está compuesta por pizarras y esquistos pizarrosos de color gris —fuertemente meteorizados y muy fracturados debido a fallas inversas locales—, intercalados con capas de cuarcita que presentan un grado de fracturación similar. (Carlotto, et al, 2011).

En las proximidades de las localidades de Cuyo Chico y Cotataqui, se presenta como una sucesión monótona de pizarras y esquistos pizarrosos del Silúrico-Devónico, con una estratificación poco discernible. Ocasionalmente, aparecen intercalaciones de capas delgadas y lenticulares de cuarzo-arenita (Sánchez, A. & Zapata, A., 2003).

Tabla 5
Descripción de la geología local

PROGRESIVA (Km.)	DESCRIPCIÓN
0+000 – 0+600  Cruce de quebrada Kitamayo. 	Zona urbana del distrito de Pisac, asentada sobre un terreno de topografía llana conformado por la terraza fluvio-aluvial en la margen derecha del rio Vilcanota, así como también sobre el cono aluvial de la quebrada Kitamayo, cuya quebrada ha sido modificada en su cauce, mediante una canalización que bordea la zona urbana y en la zona de cruce con el acceso hacia el Santuario de Pisac se ha colocado una estructura de drenaje transversal tipo alcantarilla (0+595 al Km. 0+600), de sección hidráulica insuficiente y pendientes muy bajas que ocasionan la colmatación. También es muy importante precisar que en este sector esta estructura de drenaje así como la vía del acceso se encuentra restringida a monumentos arqueológicos como son la presencia de un canal inca así como también a viviendas recientemente construidas sobre la margen izquierda de esta quebrada, los cuales condicionan la ejecución de un diseño apropiado, en donde lo más recomendable seria la colocación de una estructura de drenaje de tipo badén por el arrastre significativo de material solido que trae está quebrada cuando se activa en periodos climáticos de intensas lluvias. Así mismo en la zona urbana, el diseño geometrico está condicionado al ancho de la calzada, veredas y viviendas, en donde se recomienda de tener especial cuidado en el diseño del pavimento con las instalaciones de agua y desagüe, ya que se tiene que verificar los niveles y alturas de estas instalaciones y tener las precauciones del caso, ya que podrían ser afectadas por las nuevas cargas de diseño del pavimento.
0+600 – 0+770  Sección del Km. 0+750	Cortes altos del talud superior de hasta 17.53 m, en roca en la sección del Km. 0+750, en donde se ha contemplado una banqueta a 7 m de altura mientras que en la base del talud se encuentra conformado por la llanura fluvio-aluvial. Se recomienda no cortar el talud o de efectuar cortes con la proyección de la inclinación del talud de corte existente y **colocar cunetas revestidas con tapa** a fin de que actúen como una berma cuneta. Otra opción puede ser de efectuar cortes del talud y evitar la banqueta, con lo cual se obtienen cortes del talud menores de 10 m de altura. 
0+770 – 0+865	El talud superior se encuentra conformado por suelos coluviales en donde en este sector se presenta al lado izquierdo del talud superior un muro seco como límite de la propiedad de terceros, el

PROGRESIVA (Km.)	DESCRIPCIÓN
	cual debe de ser tomado en cuenta en el diseño geométrico de la vía. Mientras que en la base del talud se encuentra conformado por la llanura fluvio-aluvial.
0+865 – 0+940 	Cortes altos del talud superior de hasta 14.55 m, en roca en la sección del Km. 0+880, en donde se ha contemplado una banqueta a 7 m de altura mientras que en la base de dicho talud se encuentra conformado por la llanura fluvio-aluvial. **Se recomienda colocar** cunetas rectangulares revestidas con tapa a fin de que actúen como una berma cuneta. Otra opción puede ser de efectuar cortes del talud y evitar la banqueta, con lo cual se obtienen cortes del talud de 10.83 m de altura máxima.
0+940 – 1+020 	Depósitos coluviales con presencia de grandes bloques de hasta 4 m de tamaño máximo que **ameritan descargarse**, ya que podrían precipitarse hacia la vía por sismicidad o socavación del apoyo de estos muros. Así mismo en la parte superior de la ladera se puede observar afloramientos rocosos con pendiente negativa (contra talud), los cuales son consecuencia del desprendimiento de estos bloques y son indicios de que estos desprendimientos pueden continuar como consecuencia del Tectonismo o movimientos sísmicos. 
1+020 – 1+060 	Cortes del talud de mediana altura en roca suelta, de hasta 6.60 m en la sección del Km. 1+030.

BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

PROGRESIVA (Km.)	DESCRIPCIÓN
1+060 – 1+195 	Depósitos coluviales sueltos a semi compactos con cobertura de terrenos de cultivo. En este sector no se incurre en cortes del talud.
1+195-1+315	Cortes del talud de mediana altura de hasta 6.60 m en la sección del Km. 1+030 en roca suelta. 
1+315 – 1+370	Muro existente al lado derecho como protección de defensa ribereña de la quebrada Chongo. Al lado izquierdo zona urbana con buzones. 
1+370 – 1+390	Roca en talud superior en donde no se incurre en taludes de corte.
1+390 – 2+040	Depósitos fluvio-aluviales que conforman el cauce abierto y llano de la quebrada Chongo, en donde el cauce ha sido estrechado artificialmente mediante muros y viviendas de la zona urbana hacia el lado de la margen derecha. En este sector se ubica un pontón antiguo curvo, cuyo rediseño está condicionado a la zona urbana en cuanto a alineamientos y niveles como también a la presencia de un resto arqueológico conformado por un canal inca.

PROGRESIVA (Km.)	DESCRIPCIÓN
 	 
2+040 – 2+230	Roca medianamente fracturada en el talud superior en donde no se incurre en taludes de corte. 
2+230 – 2+720 Sectores de asentamientos en: Km. 2+300 al Km. 2+330 Km. 2+585 y 2+650 Km 2+360 al Km. 2+380 se observa empuje de suelos.	Suelos coluviales-residuales con cobertura de terrenos de cultivo y viviendas rurales en sectores, en donde se han identificado tres sectores de asentamientos de la plataforma de carretera entre las progresivas del Km. 2+300 al Km. 2+330 y del Km. 2+585 y 2+650. Este último corresponde a un solo deslizamiento que intercepta a la plataforma de carretera en dos partes por encontrase el trazo geometrico en un sector de curva de vuelta. Así mismo en las progresivas del Km. 2+380 al Km. 2+360 se observa un sector de empuje de suelos con el levantamiento de la cuneta revestida y deformaciones el pavimento.

PROGRESIVA (Km.)	DESCRIPCIÓN
	Para este sector se recomienda un pavimento a nivel de transitabilidad complementado con obras de drenaje superficial y sub drenaje a fin de mitigar los efectos de la actividad de geodinámica externa de deslizamientos u/o asentamientos.

Empuje de suelos Km. 2+360 al Km. 2+380.

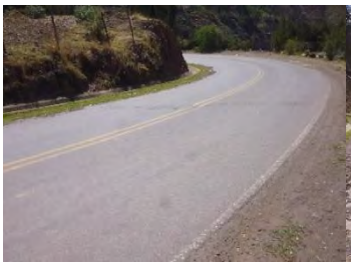


Asentamiento y desplazamiento de muro del Km. 2+300 al Km.











Asentamiento que afecta a la plataforma de carretera en sectores de curva de vuelta del Km. 2+585 y 2+650.

BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

PROGRESIVA (Km.)	DESCRIPCIÓN
	Entre las progresivas del Km. 2+445 al Km. 2+490 se ubica un muro seco existente al lado derecho, el cual no aparece en las secciones transversales. Se recomienda reemplazar este muro seco por muros de gaviones. 
2+720 – 2+750	Roca fracturada muy meteorizada con sectores de cobertura de suelos residuales.
2+750 – 2+900	Cortes bajos del talud en suelos residuales. Se observa muro antiguo desde el Km. 2+740 al Km. 2+775, en donde se encuentra asentado entre las progresivas del Km. 2+760 al Km. 2+775.
2+900 – 3+080	Suelos residuales y coluviales.
3+080 – 3+130	Asentamiento de forma de 1/2 luna
3+130 – 3+190	Sector de viviendas rurales adyacentes a la plataforma de la carretera.
3+190 – 3+390	Suelos residuales y coluviales.
3+390 – 3+470	Deslizamiento del talud superior que ha afectado la plataforma de la carretera de la parte superior. Se recomienda la colocación de muros de gaviones.
3+470 – 3+520	Sector de roca suelta fracturada y meteorizada
3+520 – 3+600	Sector de curva de vuelta en parte con muros en donde no se proyectan cortes del talud.
3+580 – 3+665	Cortes altos del talud de hasta 21 m, en roca poco fracturada, en donde se recomienda colocar banquetas de 3 m de ancho a 7 y a 10 m de altura e inclinación del corte del talud con una relación de 1H:4V.
3+665 – 3+800	Suelos residuales y coluviales.
3+800 – 3+880	Suelos residuales y coluviales, húmedos con cobertura de terrenos de cultivo.
3+880 – 3+900	Sector de posible asentamiento de forma de ½ luna, con agrietamiento de la carpeta asfáltica.

PROGRESIVA (Km.)	DESCRIPCIÓN
3+880 – 3+975	Sector de viviendas rurales adyacentes a la vía.
3+975 – 4+080	Talud superior conformado por depósitos coluviales y suelos residuales con presencia de cárcavas por erosión de las aguas de escorrentía superficial.
4+080 – 4+095	Presencia de escarpas de asentamientos en el talud superior, las cuales son indicativos de sectores de deslizamientos.
4+090 – 4+230	Asentamiento de la plataforma de la carretera por deslizamiento activo en donde se evidencia el empuje de suelos entre las progresivas del Km. 4+175 a 4+185, en donde la plataforma de carretera se encuentra levantada.
4+230 – 4+335	Continua la zona de asentamientos ubicándose en la progresiva del Km. 4+335 un asentamiento transversal a la vía de aproximadamente 0.40 m.
4+335 – 5+000	Zona urbana a ambos lados de la vía del centro poblado de Cuyo Chico, en donde se observan asentamientos de la vía en las progresivas de los Km. 4+560 a 4+500 y del Km. 4+950 al Km. 4+980. Estos asentamientos también se manifiestan en algunas viviendas que se presentan agrietadas.
5+000 – 5+060	Se proyectan cortes del talud muy altos y delgados en depósitos coluviales semicompactos, de forma de una cuchilla, lo que podría desestabilizar a estos taludes. Se recomienda evaluar colocar bermas cunetas con tapas y de ser necesario disminuir el ancho de la berma a fin de evitar estos cortes altos del talud.
5+060 – 5+105	Termino de la zona urbana de Cuyo Chico al lado derecho de la vía en el Km. 5+105, mientras que al lado izquierdo la zona urbana termina en el Km. 5+250.
5+105 – 5+547	Depósitos coluviales y residuales húmedos con cobertura de terrenos de cultivo muchos de ellos, con presencia de deslizamiento de magnitud significativa del Km. 5+180 al Km. 5+220. Desde aproximadamente el Km. 5+300 se plantea el levantamiento de la rasante a fin de incrementar el galibo del puente proyectado en el Km. 5+560.
5+180 al Km. 5+220	Deslizamiento de magnitud significativa de aproximadamente 40 m de longitud en la base, 80 m de fondo con alturas de 30, con escarpas de deslizamiento de hasta 2 m, con presencia de aguas superficiales y de filtraciones debido a que todo este sector como la parte superior del deslizamiento corresponden a terrenos de cultivo. El pavimento asfaltico se encuentra asentado y deformado.
5+546 – 5+558	Puente Chongo
5+558 – 5+615	Depósitos aluvio-coluviales con presencia de bloques mayores de 1 m de diámetro.
5+615 – 5+650	Talud superior con roca fracturada en donde se incurre en cortes del talud mínimos de baja altura.

PROGRESIVA (Km.)	DESCRIPCIÓN
5+650 – 5+700	Cortes del talud de mediana altura de hasta cerca de 8 m en roca muy fracturada y meteorizada.
5+700 – 5+780	Depósitos aluvio-coluviales con presencia de bloques mayores de 1 m de diámetro.
5+780 – 5+950	Suelos residuales húmedos con cobertura de terrenos de cultivo.
5+950 – 6+000	Cortes del talud de mediana altura de hasta cerca de 11 m en roca muy fracturada y meteorizada, en donde se recomienda colocar banquetas de 3 m de ancho a 7 m de altura.
6+000 – 6+180	Cortes del talud de mediana altura de hasta cerca de 12 m en suelos residuales y/o coluviales, en donde se recomienda colocar banquetas de 3 m de ancho a 7 m de altura.
6+180 – 6+580	Zona urbana rural a ambos lados de la vía.
6+580 – 6+780	Presencia de muro seco existente al lado izquierdo entre el Km. 6+680 al Km. 5+580. Se incurre en cortes del talud medianos de hasta 10 m de altura, en suelos residuales con cobertura de terrenos de cultivo, en donde se recomienda la colocación de banquetas a 7 m de altura y la inclinación del talud de corte con una relación de 1H:1.5V.
6+780 – 6+970	Se incurre en cortes del talud bajos de hasta 5 m de altura, en suelos residuales con cobertura de terrenos de cultivo.
6+970 – 7+270	Sector de zona urbana en suelos residuales que corresponde a la garita de control al monumento histórico de Pisaq.
7+270 – 7+490	Cortes del talud altos de hasta cerca de 25 m en roca fracturada y meteorizada, en donde se recomienda colocar banquetas de 3 m de ancho a 7 m de altura la primera y la segunda a 10 m, con una inclinación de 1H:3V.
7+490 – 7+570	Suelos residuales en donde no se incurre en cortes del talud. Presencia de derrumbe pequeño del Km. 7+560 al Km. 7+580.
7+570 – 7+700	Cortes del talud altos de hasta cerca de 26 m en roca fracturada y meteorizada, en donde se recomienda colocar banquetas de 3 m de ancho a 7 m de altura la primera y la segunda a 10 m, con una inclinación de 1H:3V. Desde la progresiva del Km. 7+640 hacia adelante se ha colocado materiales de falso relleno en el talud inferior.
7+700 – 7+730	Cortes del talud altos de hasta cerca de 26 m en roca fracturada y meteorizada, en donde se recomienda colocar banquetas de 3 m de ancho a 7 m de altura la primera y la segunda a 10 m, con una inclinación de 1H:4V.
7+705 – 7+740	Presencia de asentamientos de forma de ½ luna, con agrietamientos de la superficie asfáltica debido a la colocación de materiales de falso relleno

PROGRESIVA (Km.)	DESCRIPCIÓN
	en el talud inferior, que ameritan descargarse a fin de controlar y/o mitigar estos asentamientos de la plataforma de la carretera.
7+730 – 7+870	Cortes del talud de mediana altura de hasta cerca de 11 m, en secciones puntuales, en suelos residuales y/o coluviales, en donde se recomienda colocar banquetas de 3 m de ancho a 7 m de altura con una inclinación del talud de 1H:2V.
7+770 – 7+782	Pequeño deslizamiento en el talud superior controlado actualmente con un muro seco.
7+870 – 7+910	Sector de deslizamiento sobre la ladera y talud superior de la curva de vuelta del Km. 7+870 a 7+910, en donde se recomienda de evitar efectuar cortes del talud que podrían originar la reactivación de este sector de deslizamiento. Si se recomienda efectuar las partidas de desquinche de taludes y de materiales sueltos-
7+910 – 8+040	Suelos residuales y/o coluviales que, de acatarse la recomendación para el anterior sector, solamente se incurriría en cortes bajos del talud.
8+040 – 8+220	Cortes del talud altos de hasta cerca de 17 m en roca fracturada y meteorizada, en donde se recomienda colocar banquetas de 3 m de ancho a 7 m de altura. Presencia de sectores con desprendimiento de bloques que ameritan desquincharse, los cuales han de ser eliminados con los cortes del talud proyectados. Se observa un asentamiento de la plataforma de la carretera con el desplazamiento de un muro antiguo de concreto en la progresiva del Km. 8+115 al Km. 8+135 (Lado derecho).
8+220 – 8+240	El talud superior está conformado por una superficie de derrumbe que amerita de colocar un muro de contención.
8+240 – 8+257	Cortes bajos del talud en roca fracturada.
8+257 – 8+350	Cortes bajos del talud en suelos de tipo coluvio-aluvial. Presencia de superficie de derrumbe del talud superior en las progresivas del Km. 8+280 al Km. 8+310 que amerita la colocación de muros de contención, así como también del desquinche de materiales sueltos.
8+350 – 8+480	Cortes del talud altos de hasta cerca de 12 m en roca fracturada y meteorizada con cobertura de suelos de tipo residual-coluvial, en donde se recomienda colocar banquetas de 3 m de ancho a 7 m de altura.
8+480 – 8+570	Cortes del talud altos de hasta cerca de 27 m en roca fracturada y meteorizada, en donde se recomienda colocar banquetas de 3 m de ancho a 7 m de altura la primera y luego la segunda a 10 m de altura. Se recomienda una inclinación del talud de corte con una relación de 1H:4V.
8+570 – 8+660	Cortes del talud bajos de hasta 5 m en suelos de tipo aluvio-coluvial, semicompactos.
8+660 – 8+690	Cortes del talud altos de hasta cerca de 21 m en roca fracturada y meteorizada, en donde se recomienda colocar banquetas de 3 m de

PROGRESIVA (Km.)	DESCRIPCIÓN
	ancho a 7 m de altura la primera y luego la segunda a 10 m de altura. Se recomienda una inclinación del talud de corte con una relación de 1H:4V.
8+690 – 8+780	Cortes del talud altos de hasta cerca de 16 m en roca fracturada y meteorizada con cobertura de suelos de tipo residual-coluvial, en donde se recomienda colocar banquetas de 3 m de ancho a 7 m de altura.
8+780 – 8+850	Cortes del talud altos de hasta cerca de 23 m en roca fracturada y meteorizada, en donde se recomienda colocar banquetas de 3 m de ancho a 7 m de altura la primera y luego la segunda a 10 m de altura. Se recomienda una inclinación del talud de corte con una relación de 1H:4V.
8+850 – 8+910	Cortes del talud altos de hasta cerca de 20 m en roca fracturada y meteorizada, en donde se recomienda colocar banquetas de 3 m de ancho a 7 m de altura la primera y luego la segunda a 10 m de altura. Se recomienda una inclinación del talud de corte con una relación de 1H:4V. Se presenta una superficie de un antiguo derrumbe con bloques desprendidos. Se recomienda colocar zanjas de coronación revestidas con desquinche de bloques sueltos, así como también colocar muro de contención o colocar refuerzo del talud con mallas y pernos de anclaje.
8+910 – 8+940	Cortes del talud bajos en roca fracturada y meteorizada.
8+940 – 8+980	Cortes del talud altos de hasta cerca de 16 m en roca fracturada y meteorizada con cobertura de suelos de tipo residual-coluvial, en donde se recomienda colocar banquetas de 3 m de ancho a 7 m de altura.
8+980 – 9+100	Cortes del talud altos de hasta cerca de 26 m en roca fracturada y meteorizada, en donde se recomienda colocar banquetas de 3 m de ancho a 7 m de altura la primera y luego la segunda a 10 m de altura. Se recomienda una inclinación del talud de corte con una relación de 1H:4V.
9+040 – 9+050	Se recomienda efectuar desquinche de bloques sueltos, luego colocar refuerzo de taludes de mallas con pernos en un área aproximada de 10 x 15 m de altura.
9+070 – 9+100	Sector de superficie de deslizamiento con bloques sueltos que amerita desquincharse en un volumen estimativo de 20 m3. También amerita de colocarse zanjas de coronación revestidas.
9+100 – 9+160	Ladera superior con escarpas en roca de hasta en tres niveles, que son evidencias del tectonismo de esta zona. Aparentemente se muestran estables.
9+150 - 9+260	Sector inestable de caídas de bloques que amerita efectuar el desquinche de estos y luego efectuar el refuerzo de taludes con mallas y pernos de anclaje. Los bloques presentan tamaño máximo de hasta 1.5 m.
9+180 - 9+230	El talud superior se encuentra conformado por suelos limosos con bloques, en donde se observan 2 a 3 niveles de escarpas de asentamientos de aproximadamente 2 m de altura. Aparentemente se muestran estables.

PROGRESIVA (Km.)	DESCRIPCIÓN
9+240 – 9+260	Sector inestable de caídas de bloques que amerita efectuar el desquinche de estos y luego efectuar el refuerzo de taludes con mallas y pernos de anclaje.
9+250 – 9+352	Rocas sedimentarias de la Formación Ccacta, conformadas por areniscas fracturadas y meteorizadas con cobertura variable de suelos de tipo coluvio-aluvial de 2 a 3 m en promedio. En este sector se proyecta una rotonda para la vuelta de los vehículos motivo por lo cual se incurre en cortes muy altos del talud en donde se recomienda colocar banquetas entre 7 a 10 m de altura, de 3 a 4 m de ancho, con una inclinación del talud del orden de 1H:4V.

Grupo Cabanillas

CAPITULO IV
GEOLOGIA ESTRUCTURAL

6.1. Generalidades

La población de Pisaq y en sus alrededores se llega a apreciar el anticlinal del Vilcanota que presenta una dirección que va de NO-SE el cual afecta a las rocas de la era paleozoica y mesozoica, por su parte en la dirección noroeste se tiene otros sistemas de fallas inversas que tiene la dirección NO-SE que se encuentran ubicados paralelos al anticlinal, sin embargo, presenta una peculiaridad que es la inclinación hacia el noreste. Todas estas fallas inversas (cabalgamientos) logran que mitu se sobreponga sobre la formación Paucarbamba y que la formación Ccatca se superponga sobre el grupo mitu, todo ello ubicado al costado noroeste del anticlinal del Vilcanota, la siguiente imagen, muestra la geología en el punto de estudio.

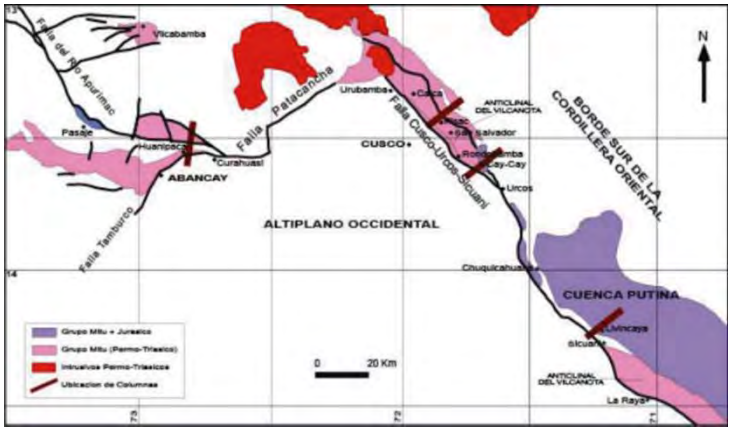
6.2. Aspectos estructurales regionales

6.2.1. Anticlinal del Vilcanota

Converge a las unidades morfológicas del grupo Copacabana quien esta compuesta mayormente por calizas con la unidad morfológica del grupo mitu quien por su parte se encuentra compuesto por areniscas. La actividad tectónica ocurrida en los andes, en el periodo del Eoceno medio y tambien los deslizamientos de materiales sedimentarios del periodo perteneciente al Albiano turoniano, dio inicio a la creación de la unidad morfológica del Vilcanota, esta unidad como tal es el límite geográfico de la cordillera oriental que se encuentra entre Cusco y Abancay con el altiplano, por otro lado el altiplano oriental junto con el altiplano occidental que esta situado en Sicuani. (Carlotto et al., 2000). (Ver Gráfico N°4)

Figura 8

Anticlinal del Vilcanota y sistema de fallas asociados

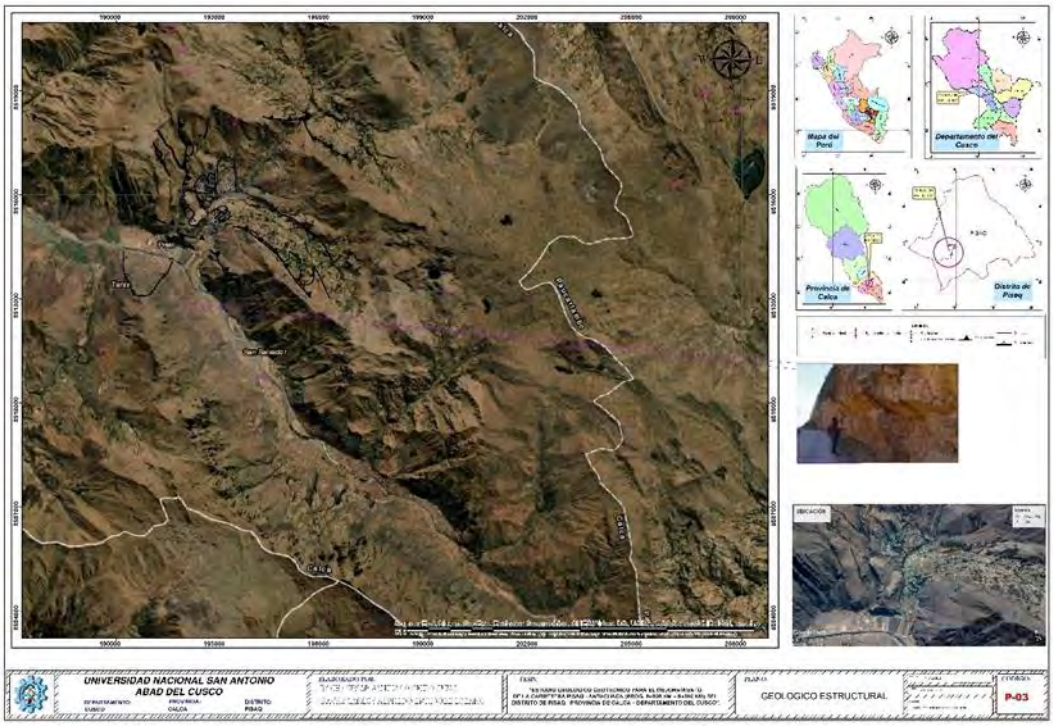


Fuente: Elaboración propia

La vía terrestre de san salvador Occoruro, se encuentra dentro de los espacios de la cordillera oriental y también se encuentra en la franja derecha del anticlinal que tiene la dirección de NO-SE, lo cual se llega a observar gracias los afloramientos que se encuentran en el grupo Copacabana, tal cual se pone en manifiesto en la imagen nº1. Por su parte la imagen nº2 pone en evidencia que los indicadores de las actividades tectónicas quienes dieron origen a los plegamientos y posteriormente repercutió en el fracturamiento de porciones de tierra considerados grandes, las que forman parte del grupo Copacabana, Grupo Mitu, y también el de los demás grupos como la formación Paucarbamba y la formación Huancané. Quienes albergan depósitos que son parte de la era cuaternaria. Y se encuentran cubiertos por las mismas.

Figura 9

Ciclo de tectonismo condescendiente lo que genero a dobleces y consecuentemente lo que provocó el gran fracturamiento



Fuente: Elaboración Propia

6.3. Aspectos estructurales locales

La ejecución de una descripción que hace énfasis en las estructuras geológicas de las unidades geomorfológicas que se encuentran en la localidad, por un motivo de análisis de su origen pues las rocas que se encuentran en espacio fueron modificadas por otras fuerzas las que fueron directamente responsables, en el resquebrajamiento de la tierra en el nivel de la litosfera. El resquebrajamiento se vio afectada por otro factor el cual es la plasticidad, quien también con lleva otros factores que facilita el resquebrajamiento. Como la temperatura, humedad, profundidad, presión. Además de la misma propiedad que tiene la roca. Dentro de los límites que comprende el parque arqueológico de pisaq se puede apreciar distintas formaciones que afloran en toda el área, entre las que se encuentra el Grupo Copacabana, El Grupo mitu y también la formación de Paucartambo no dejando de lado se tiene al Grupo Yuncaypata.

6.3.1. Plegamientos

Todos los plegamientos que están ubicados dentro del área de estudio, poseen una dirección que se encuentra en la zona NE del anticlinal del Vilcanota, el cual se extiende en el área, partiendo del cerro Cotataqui y finalizando en la quebrada de Huachoqaqa. Y tiene dirección que presenta alta similitudd con el valle de san salvador y pisaq con dirección de NW-SE. Sin embargo, se presenta una zona que tiene plegamientos en el área de, Apuñuspata-Cruzpata-Colispata, lugar donde se dio inicio y origen al anticlinal y también se dio origen al sinclinal. Los plegamientos se pueden observar de manera ms clara en las siguientes formaciones. Dentro de los anticlinales se tiene a. El anticlinal de Apañusta, El anticlinal de Cruzqaqa, ambos anticlinales presentan una dirección que va de NW-SE. Mientras que dentro de los sinclinales se tiene a. El sinclinal de Colispata que presenta una dirección que va de NW.SE. De todos los plegamientos antes mencionados, se llega a la deducción de que los pliegues al NO-SE, en realidades son pliegues fallidos, además de que tiene una característica que lo hace diferenciar el cual es, el afloramiento paleozoico altamente tectonizado lo que conlleva a que sea un conjunto altamente caótico que pertenece al parque arqueológico de Pisaq.

6.3.2. Fracturamientos

Las rocas fracturadas en la zona se dieron, como efecto de la meteorización, además de las fallas tectónicas que se dieron en la zona, las cuales fueron los primero causales de todo el fracturamiento que se lleva a visualizar en los afloramientos roco de la zona, las rocas fracturadas se fracturaron por distintos tipos de fracturamiento, los que se mencionan a continuación.

- La primera estructura, tiene una dirección de Rb = N50° y BZ = 62° E.
- La segunda estructura, tiene una dirección de Rb = N60° y Bz = 84° SW.
- La tercera estructura, tiene una dirección de Rb = N175° y Bz = 85° SW.

Entre las propiedades también es que las grietas están repletas con calcedonia y venas de calcita.

Estos tres tipos de fracturamiento, son os que generan en las rocas macizo rocosas, y lo que da origen a rocas y fragmentos de las mismas de distintos diámetros. Los que son propensos a caer debido a su tamaño.

6.3.3. Diaclasamientos

Todas las fracturas en las rocas que se dan de manera natural son llamadas (DIACLASAS), rocas que debido a la presión que tenían durante el contacto de rocas se vieron afectadas. Tal es el caso del grupo mitu, quien presenta estos fracturamientos que fueron ayudados por otros efectos externos como el intemperismo, efecto que también tiene implicancia en otros sectores como el sector de, Kantus Raqay. Todas las agrupaciones de rocas que forman parte del conjunto arqueológico de Pisaq, presentan este problema de diaclasa, lo que hace que las rocas presentes alta tectonizacion estructural. Los desclasamientos en la zona van de NE y SE. Lo que podría afectar a zonas con espacios acuíferos fisurados.

6.3.4. Tectónica

El área de estudio, a lo largo de su historia fue afectada por dos eventos tectónicos de gran repercusión (Marocco, 1978; Carlotto-Candía 1985), los eventos geológicos que dieron origen a la formación de montañas, reciben también el nombre de (Tectónica Herciniana). El cual hace referencia a todas las deformaciones ocurridas durante el paleozoico, por otro lado, la tectónica andina, es la que tiene implicancia en los eventos geológicos ocurrido en la era meso cenozoica y la era cuaternaria. El límite altiplánico de la cordillera oriental, en la zona de Urubamba-calca, se ve afectado por un estructural que es el responsable de las fallas en la zona. Las rocas que son parte de la formación Paucartambo, fueron afectadas por la tectónica Herciniana, lo que conllevo a la creación de esquistosidad de plano axial (SI) con direccionamiento que va de (NW-SE). Las fallas que son responsables del corte del anticlinal de Vilcanota en flancos. Repercutieron en las variaciones de espesor del grupo mitu. Lo cual justifica la repetición de este grupo además de la superposición de esta sobre otras fallas.

Desde la era del Pleistoceno medio llegando a tiempos actuales, la región de cusco presencio una distención que va de N-S. el cual va a la par de la actividad volcánica shoshonitica, quien tiene depósitos de terrazas, morrenas y conos torrenciales (Cabrera, 1988).

6.3.5. Fallas geológicas

Son fracturas que se dan en las rocas por efecto de los movimientos también llamados desplazamientos. Estos movimientos presentan un origen en las fuerzas tectónicas de la corteza terrestre. Y son las principales responsables de fractura en la envoltura rocosa, la

mayoría de estas fuerzas endógenas tienen una procedencia en el desplazamiento de los territorios. Cabe aclarar que el área de estudio se encuentra ubicada en el flanco derecho del anticlinal del Vilcanota, además de estar en medio de un sistema denominado fallido. Además de que en la zona se presenta afloramientos paleozoicos los cuales son muy tectonizados, acotando a ello no debemos dejar de lado la presencia de plegamientos menores como también micro plegamientos, los cuales presentan una estructura frágil u caótica, el área de estudio se dio como efecto del movimiento tectónico que afecto a los andes en las que se tiene dos sistemas de fallamiento. Que son observables en la dirección NW-SE Y NE-SW.

6.3.5.1. Sistema de fallas NW¬SE

En esta estructura de fallas de mayor repercusión en el área, sigue directrices de los andes quienes son el principal responsable de la depresión de la localidad de cuyo chico. Dentro de las principales fallas se destacan a las siguientes. Falla ventanayoc, falla cuyo chico, falla pantiorcco, falla tutununopampa.

- **Falla Cuyo Chico:** La falla de cuyo chico presenta una dirección que va de NW-SE con una inclinación de 80º. Además de que limita a dos unidades lito estratigráficas. Entre las que se encuentra la formación de Paucartambo, ubicado en la parte sur de la depresión y la otra formación es el grupo mitu. El cual aflora el cerro de Condorpuquio. La falla corresponde a los movimientos laterales izquierdos que dicho de otro modo presenta un movimiento (Sinextral inverso). Con movimientos que va hacia el SW. Los limites de esta falla atraviesa por sectores como. Cotataqui, Chacatayoc, Ccondorpuquio, además del parque arqueológico de pisaq. Lo que genera que no haya una disposición homogénea y ordenada.
- **Falla Ventanayoc:** La ubicación de la falla Ventanayoc. Se encuentra dentro de los limites que forma parte del parque arqueológico de pisaq, donde también esta el sistema de fallas que lleva el mismo nombre, quien además se dilata por toda la franja perteneciente a san salvador. Los espacios por donde se dispersa son, parque arqueológico de pisaq, cerro Floqasa, Cerro Yuracqasa. La falla de Ventanayoc sigue una dirección que va de NW-SE. Con dirección horizontal hacia el SW. En ese espacio se visualiza la

superposición de los afloramientos que pertenecen al grupo mitu sobre formaciones como la de Paucarbamba que es parte del grupo Yuncaypata inferior.

- **Falla Pantiorqo:** La falla de Patiorqo se encuentra en los valles que esta hacia el NE y en dirección horizontal hacia el SW, Sigue una dirección de SW, quien se intercepta con la formación de Paucartambo, y el grupo mitu. Este desarrollo de roca dentro de una formación como la formación de Paucartambo sobre el grupo mitu. Son la clara evidencia de una falla inversa. La trayectoria de esta falla pasa por lugares como Pantiorqo, Cutuamba en la ruta que va de Cusco a Cuyo Grande dentro de la localidad de Huachoqaqa.

6.3.5.2. Sistema de fallas NE-¬SW

El sistema de fallas que tienen dirección de NE-SW, toman como referencia a la quebrada Chaupihuayco quien presenta una dirección paralela al valle del Vilcanota, y este último cortando las fallas en dos flancos. NW-SE.

- **Falla Chaupihuaycco:** La localidad de Champihuayco presenta fallas de tipo inversa que colinda con el anticlinal del Vilcanota y una dirección de NE-SW, mientras que por el lado del suroeste colinda con la localidad de cuyo grande punto en el cual acaba su extensión. La quebrada de Chaupihuayco, es uno de los principales por no mencionar el más importante al momento de causar derrumbes, deslizamientos y finalmente la instabilidad de los terrenos, que son parte del parque arqueológico de pisaq. La falla de chaupihuayco pasa por áreas como. Cuyo chico, Cuyo grande, San Luis, Chaupihuayco. La falla presenta una distancia de 1300.m. distancia que parte del anticlinal de Vilcanota pasando por Conaqotamoqo y terminando en la localidad de Cotataqui.

6.3.6. Fallas e indicadores cinemáticos

6.3.6.1. Estrías

Las líneas geológicas que se manifiesten sobre la superficie del terreno son creadas por el choque que hay entre el conjunto de rocas, la formación de calcita también es métricas parte de la dirección de movimiento.

En la zona de estudio se utilizó las estrías para indicar dichos movimientos de las fallas.

- **Falla local km 1+800.**

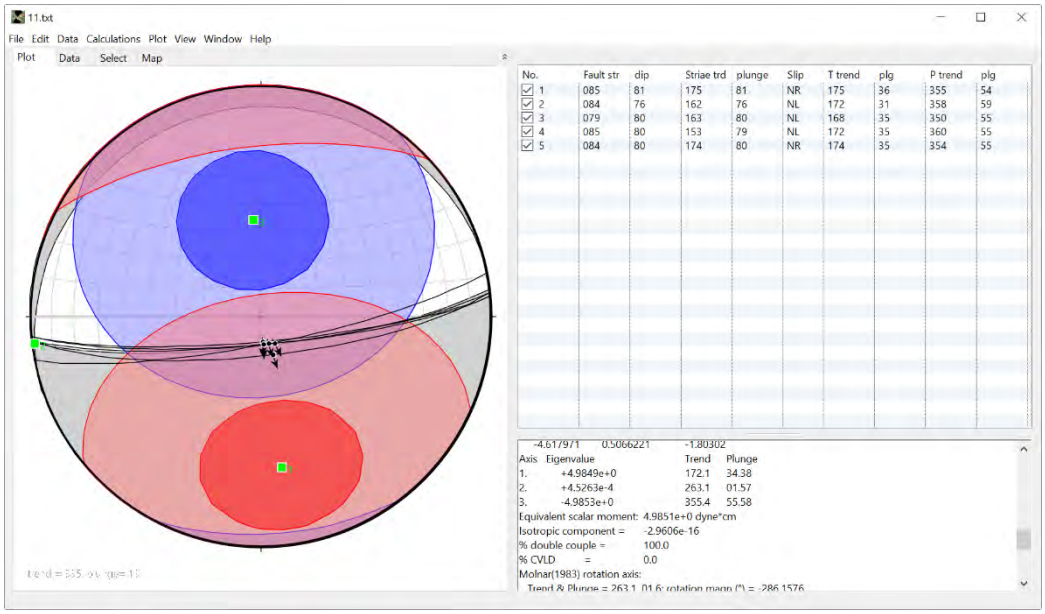
La falla local en el km 1+800 señala desplazamientos del modelo habitual Sinestral dependiendo de la siguiente información:

Azimut (°)	Buzamiento (°)	Pitch	Tipo
79	80	89	Normal
84	76	87	Normal
84	80	90	Normal
85	80	86	Normal
85	81	90	Normal

Los datos se llenarán en el Software Faultkin v6, donde pasaremos a interpretar los esfuerzos.

Figura 10

Diedros para el cálculo de indicadores cinemáticos km 1+800



- El techo practica un esfuerzo de distención en frente del suelo de la falla local km 1+800, el movimiento es demostrado por las flechas negras, incluso el "eje 1" se encontrará dentro de los diedros de distención lo que señala el esfuerzo superior en este terreno.
- Por consiguiente, se cuenta con, una cinemática de sentido Normal Dextral con Sigma 1 de dirección 172.1° (SE-NW).
- **Falla local Km 3+920**

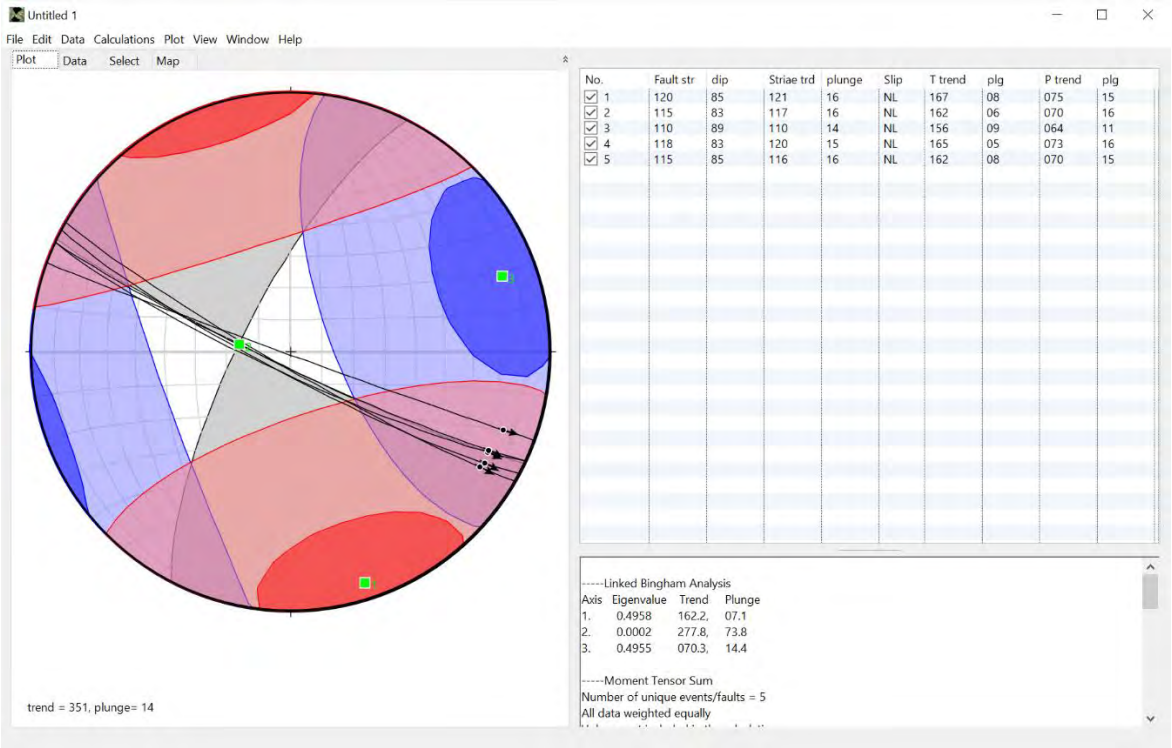
Con relación a esta falla se recopilaron los siguientes datos.

Azimut (°)	Buzamiento (°)	Pitch	Tipo
120	85	16	Normal
115	83	16	Normal
110	89	14	Normal
118	83	15	Normal
115	85	16	Normal

Los datos se llenarán en el Software Faultkin v6, donde pasaremos a interpretar los esfuerzos.

Figura 11

Diedros para el cálculo de indicadores cinemáticos km 3+920



- El techo practica un esfuerzo mayor lateral con relación al suelo en la falla local km 3+920, las flechas negras señalan este desplazamiento, además el "eje 1" estará dentro de los diedros de distención lo que señala el esfuerzo mayor en este terreno.
- Por consiguiente, se cuenta con una cinemática de sentido Sinestral Normal, con Sigma 1 de dirección 162.2° (SE-NW).
- **Falla local Km 7+550**

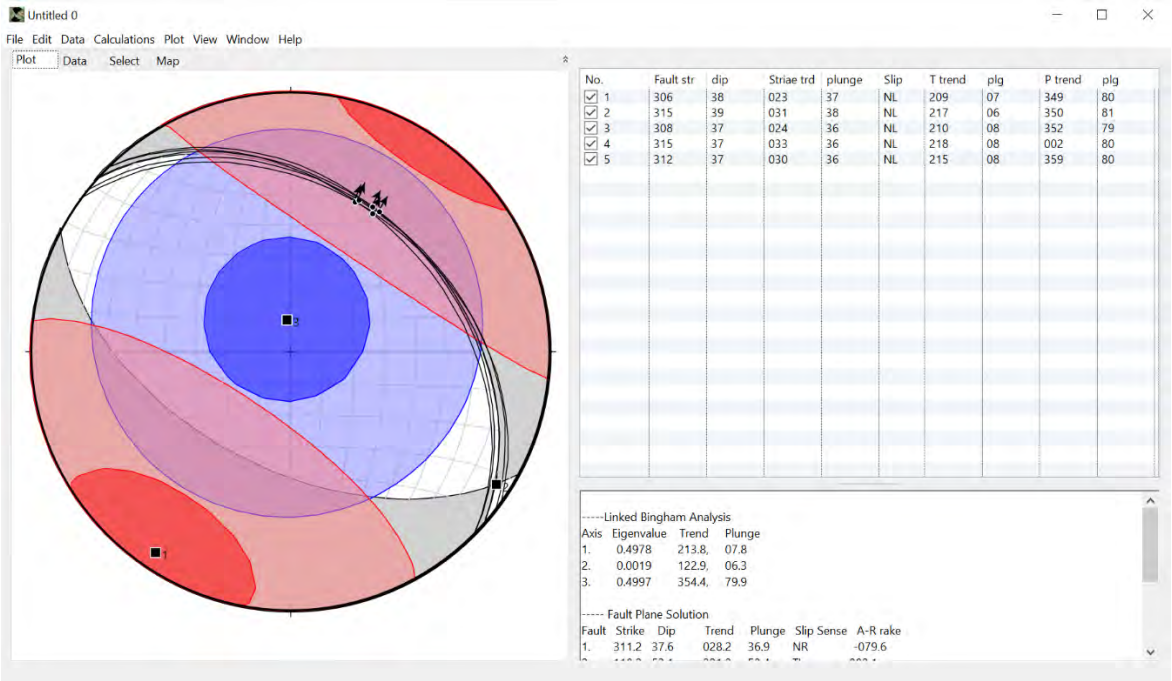
Para esta falla se tomaron los siguientes datos.

Azimut (°)	Buzamiento (°)	Pitch	Tipo
306	38	80	Normal
315	39	79	Normal
308	37	79	Normal
315	37	80	Normal
312	37	80	Normal

Los datos se llenarán en el Software Faultkin v6, donde pasaremos a interpretar los esfuerzos.

Figura 12

Diedros para el cálculo de indicadores cinemáticos km 7+550



- El techo practica esfuerzos en su propio rumbo, las flechas negras señalan este desplazamiento, además el "eje 1" se encontrará en el interior de los diedros de distención, aspecto que señala mayor esfuerzo en el terreno. Por consiguiente, se tiene una cinemática de sentido Normal levemente sinestral, con Sigma 1 de rumbo 213.8° (SW-NE).

CAPITULO V
HIDROLOGIA

5.1. Generalidades

De acuerdo al mejoramiento de trazo, estructural, suelos e hidráulico se establecerá si requieren su reemplazo.

5.2. Trabajo de gabinete

5.2.1. Delimitación de cuencas

La ejecución del estudio de las cuencas hidrográficas que detienen el plan reformulado. Delimitar los factores fiscos de la cuenca hidrográfica (área, longitud del curso principal, cobertura vegetal, pendiente, etc). Se llegará a exponer los planos de las cuencas en una impresión CAD estableciendo por el nombre de sus quebradas, el desarrollo de la ubicación y asimismo las obras del drenaje que ya existen.

5.2.2. Inventario de obras de drenaje existente

A partir de la inspección de campo e información correspondiente presentar el inventario de obras que ya existen en el transcurso del trazo definitivo, de igual manera señalar su ubicación (coordenadas UTM y/o progresivas), tipo material, dimensiones hidráulicas (luz, altura), explicar la situación actual de cada una de ellas y establecer las soluciones pertinentes, tomando en cuenta la conservacion, rehabilitación o cambio según sea el caso. Los sistemas de drenaje que ya están tienen la obligación de contar con una ficha técnica de evaluación y anexos fotográficos.

El análisis hidrológico de la zona del trazado vial abarcará la frecuencia de los eventos hidrológicos máximos, la elaboración de curvas de intensidad-duración-frecuencia e hidrogramas, y el cálculo de los caudales de diseño mediante el Método Racional, Hidrograma Unitario y el modelado hidrológico computarizado (HEC – HMS u otros), hacia los distintos sistemas de drenaje que seran remplazados. Los datos obtenidos serán argumentados con la presentación de sus respectivas hojas de cálculo obtenidas del programa.

5.2.3. Análisis hidráulico

La exposición referente al análisis hidráulico en base a obras de drenaje propuestas, con la introducción de la medición hidráulico de desagüe, cunetas, badenes, subdren, y entre otras obras de saneamiento que han sido proyectadas, llevando consigo la habilidad de

ejercer, profundidad del flujo, velocidad máxima del flujo, pendiente, etc. Las hojas de cálculo generadas por el software mostrarán los datos que deben recopilarse.

5.2.4. Coordinaciones con las especialidades

Determinar el contenido de humedad, el grado de saturación, los niveles freáticos y las características granulométricas del suelo subyacente a la subrasante proyectada, Para identificar los sectores que requieren obras de subdrenaje y determinar el diseño hidráulico de sus componentes, se llevarán a cabo las excavaciones, el muestreo, los ensayos y las evaluaciones pertinentes en colaboración con los responsables de la investigación de suelos y/o geotécnica. El especialista en hidrología e hidráulica confirmará las ubicaciones de las calicatas para el estudio de subdrenaje; estas se consignarán en dicho estudio mediante una ficha técnica que incluya la identificación (con imágenes) y los resultados de las evaluaciones de campo y de gabinete.

5.3. Información básica

5.3.1. Información cartográfica

Se llegó a usar los datos de las siguientes cartas nacionales del Instituto Geográfico Nacional – IGN de escala 1/100,000, los cuales se detallan en el cuadro 4:

Figura 13
Cartas nacionales

DENOMINACION	HOJA	DATUM SISTEMA GEODESICO (WGS) 1984
CALCA	27-S	UTM ZONA 19

Fuente: Elaboración Propia

5.4. Información básica

5.4.1. Información cartográfica

Se llegó a usar los datos de las siguientes cartas nacionales del Instituto Geográfico Nacional – IGN de escala 1/100,000, los cuales se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 6
Cartas Nacionales

DENOMINACION	HOJA	DATUM SISTEMA GEODESICO (WGS) 1984
CALCA	27-S	UTM ZONA 19

Fuente: Elaboración Propia

5.4.2. Información pluviométrica

Los datos referentes a pluviometría que fueron analizados en el estudio fueron conformados por los apuntes de "Precipitaciones máxima en 24 horas", en espacios pertenecientes al lugar de proyecto que son administrados según lo indicado en la tabla por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)5.

Tabla 7
Estaciones Pluviométricas

ESTACION	PROVINCIA	DISTRITO	COORDENADAS GEOGRAFICAS		UTM		ALTITUD (msnm)
			Longitud (W)	Latitud (S)	Este	Norte	
Pisaq	Calca	Pisaq	71°50'00"	13°24'00"	193136.58	8516869.69	2950

Fuente: SENAMHI

5.4.3. Periodo de retorno

Para dejar la incertidumbre del proceso de retorno de diseño, "…es muy importante tomar en cuenta la relación que hay entre la probabilidad de excedencia de un evento, el tiempo adecuado sobre su vida útil, el riesgo de falla permitido dentro de los parámetros, además de considerar los factores económicos y las maneras en las que estas repercuten, "así como factores sociales, técnicos, económicos y de otro tipo." (Manual de Drenaje, Hidrología e Hidráulica de Carreteras, o MTC).

Teniendo en cuenta lo anterior, la siguiente fórmula determina la probabilidad de riesgo y fallo:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^n$$

Dónde:

R : Nivel de riesgo de falla admisible

T : periodo de retorno

n : vida útil de la obra

El valor T para diferentes riesgos aceptables R y la vida útil n de la estructura se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 8

Valores de periodo de retorno T (años)

RIESGO ADMISIBLE	VIDA ÚTIL DE LAS OBRAS (n años)									
R	1	2	3	5	10	20	25	40	100	200
0.01	100	199	299	498	995	1990	2488	3980	9950	19900
0.02	50	99	149	248	495	990	1238	1980	4950	9900
0.05	20	39	59	98	195	390	488	780	1950	3900
0.10	10	19	29	48	95	190	238	380	950	1899
0.20	5	10	14	23	45	90	113	180	449	897
0.25	4	7	11	18	35	70	87	**140**	348	695
0.50	2	3	5	8	15	29	37	58	154	289
0.75	1.3	2	2.7	4.1	7.7	15	18	37	73	144

Fuente: Manual de drenaje, hidráulica e hidrología de carreteras, MTC

En base a los riesgos mínimos admisibles especificados en los Términos de Referencia (TDR), los períodos de retorno de diseño para las diferentes estructuras se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 9

El periodo de retorno de las estructuras se determina en función de su vida útil y del nivel de riesgo aceptable

DESCRIPCIÓN	VIDA UTIL (años)	RIESGO ADMISIBLE (%)	PERIODO DE RETORNO (años)
Puente	40	25	140
Defensa ribereña	40	25	140
Alcantarillas de quebradas importantes	25	30	71
Alcantarillas de alivio	15	35	35
Cunetas	15	40	30

Tanto el *Manual de Diseño de Puentes* como el *Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje* (Resolución Directoral N.º 20-2011-MTC/14) sugieren un periodo de retorno de 500 años para determinar la profundidad de socavación en el diseño de puentes. A diferencia del estándar que suele requerirse para dimensionar el área de flujo delimitada por el puente, el Ítem 1-2, Estudios de Hidrología e Hidráulica (proporcionado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones), hace referencia al estándar hidráulico de mayor eficiencia que fundamenta la planificación de la cimentación del puente.

De acuerdo a las recomendaciones de los manuales, se considerará un periodo de retorno de 500 años para el cálculo de la profundidad de socavación en puentes.

5.5. Hidrología

5.5.1. Precipitación máxima de diseño

Mediante los datos obtenidos basado en el análisis de frecuencia de eventos hidrológicos de caudal máximo, los registros de precipitación máxima en 24 horas y la identificación de la disposición que mejor se ajusta a los datos históricos, Se calcularon las láminas de precipitación extrema correspondientes periodos variados. Las cuales en base a sus cimientos de información se estimaron los caudales máximos.

Tabla 10

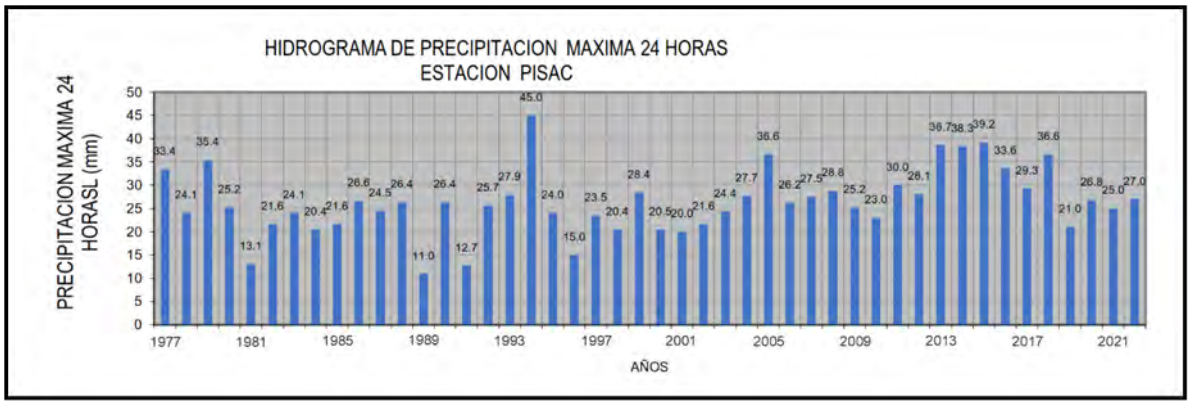
Precipitación Máxima 24 horas

Año	Pisac 2950msnm	Año	Pisac 2950msnm
1974	33.4	2000	20.0
1975	24.1	2001	21.6
1976	35.4	2002	24.4
1977	25.2	2003	27.7
1978	13.1	2004	36.6
1979	21.6	2005	26.2
1980	24.1	2006	27.5
1981	20.4	2007	28.8
1982	21.6	2008	25.2
1983	26.6	2009	23.0
1984	24.5	2010	30.0
1985	26.4	2011	28.1
1986	11.0	2012	38.7
1992	27.9	2013	38.3
1993	45.0	2014	39.2
1994	24.0	2015	33.6
1995	15.0	2016	29.3
1996	23.5	2017	36.6
1997	20.4	2018	21.0
1998	28.4	2019	26.8
1999	20.5	2020	25.0
		2021	27.0

Fuente: SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorológica e Hidrográfica)

Figura 14

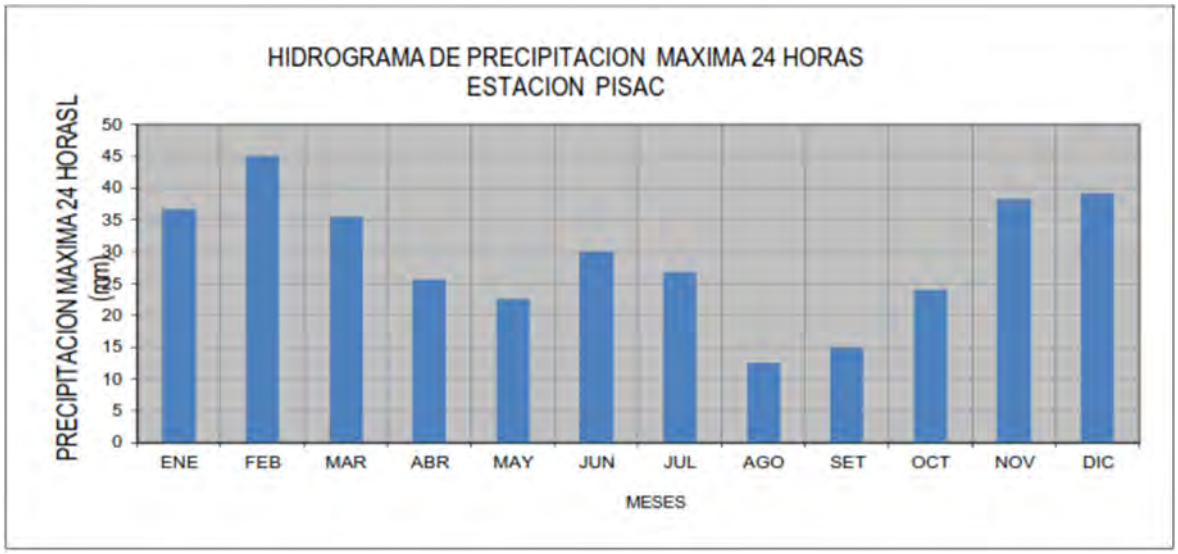
Precipitación máxima diaria entre el año 1977-1987, 1989-2021



En la figura se observa que las precipitaciones en los últimos 46 años no son uniformes y es espacialmente diferenciada, presentándose valores entre 11.0mm a 45.0mm (febrero del año 1993).

Figura 15

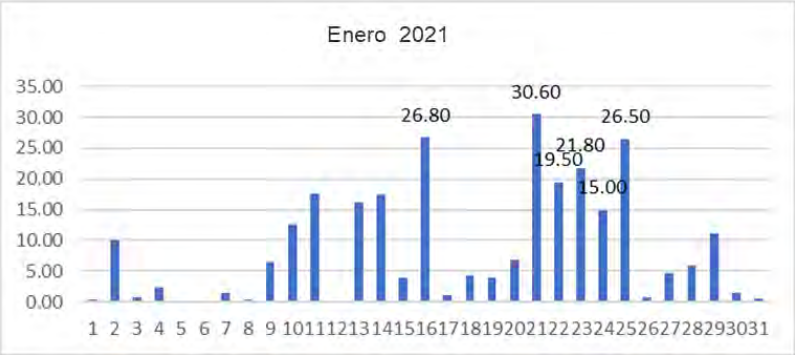
Precipitación máxima diaria en el mes entre los años 1977-1987, 1989-2021



Los valores de precipitaciones máximas entre los 30mm a 45mm se dio en los meses de enero, febrero, marzo, junio y diciembre.

BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

Figura 16
Precipitación diarias enero 2021



Fuente: www.senamhi.gob.pe

En referencia a la influencia de la estación pluviométrica en el entorno de la cuenca, se tiene que la estación Pisac ubicada en la parte baja de la cuenca en la fecha 21 enero del 2021 alcanzó un pico de 30.60 mm el día del evento, menor que el valor máximo histórico del mes de febrero de 1993 que equivalente a 45.0mm.

Sin embargo, entre el 21 al 25 de enero del 2021, en la estación Pisac se tuvo precipitaciones diarias continuas entre 30.60mm a 26.50mm, como se aprecia en la imagen 5; a diferencia del día 2 febrero del año 1993; en donde el evento máximo se presentó en un solo día, como se observa en la imagen 8. Ello indica que, si bien lo acontecido en febrero del año 1993 la precipitación máxima diaria fue la máxima histórica, pero que en enero del año 2021 la duración de la lluvia fue de 05 días consecutivos con alturas de agua que fluctuaron entre 15.0mm a 30.60mm.

Figura 17
Precipitación diaria enero 1993

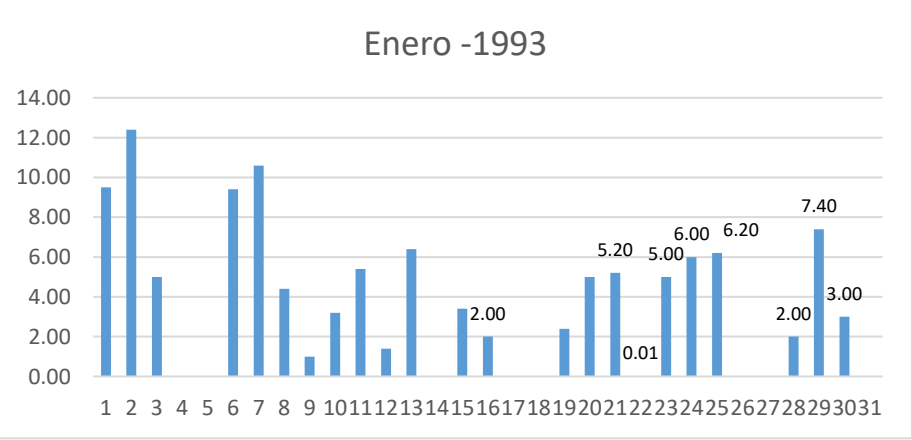
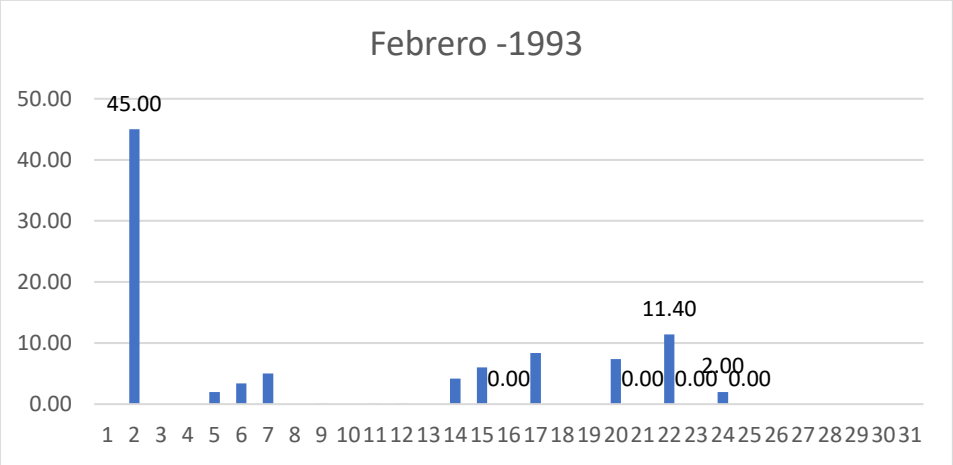


Figura 18
Precipitación diaria febrero 1993



En el mes de enero del 2021, los niveles de precipitaciones constituyeron extremos incrementándose entre los días 21 a 24 de enero del 2021, en donde las precipitaciones se intensificaron superando los valores diarios normales llegando a 130mm por día en estaciones de la cuenca del Urubamba. El río Vilcanota se desbordó a consecuencia de estas lluvias, alcanzando un caudal máximo de 280 m³/s. Esto provocó desbordamientos e inundaciones aguas abajo del puente de Pisac. Por lo que los caudales de la cuenca analizada en la fecha de calibración enero 2021, deberá ser menor que 280m3/seg. (SENAMHI, 2026).

5.5.2. Análisis de datos dudosos

Previo al análisis estadístico de la información se hizo una depuración previa de los datos dudosos, para así poder determinar aquellos datos que se alejan de manera significativa de la tendencia de la información recaudada restante, estos datos se denominan "outliers".

Se utilizaron las siguientes fórmulas de frecuencia para identificar datos dudosos, calcule los criterios superior e inferior para cada serie de precipitación máxima de las estaciones analizadas.

$$y_H = \bar{y} + K_n s_y$$

$$y_L = \bar{y} - K_n s_y$$

Dónde:

y_H : umbral superior para la información dudosa en unidades logarítmicas.

y_L : umbral inferior para la información dudosas en unidades logarítmicas.

$\bar{Y}$: promedio de los logaritmos de las precipitaciones máximas.

S_y : desviación estándar de los logaritmos de las precipitaciones máximas.

K_n : valor tabulado para una muestra de tamaño n.

Tabla 11

Valores de Kn para la prueba de datos dudosos

n	K_n	n	K_n	n	K_n	n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: Hidrología Aplicada – Ven Te Chow

Tabla 12

Resultados obtenidos – Análisis de datos dudosos

NOMBRE	p_{media} (MM)	P_{max} (MM)	P_t (MM)	CONDICION (MM)	P_{mIN} (MM)	P_l (MM)	CONDICION (MM)
PISAC	26.34	45	55.86	Cumple	11	11.5	No Cumple

En la muestra examinada se observa un valor atípico inferior, ya que, según el análisis de valores atípicos, existe un punto de datos que se sitúa fuera del umbral correspondiente a noviembre de 1987.

Los datos de precipitación basados en observaciones diarias deben multiplicarse por un factor de ajuste de frecuencia de 23, de acuerdo con el manual de normas hidrológicas de la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Además, los datos de precipitación deben multiplicarse por un factor de 1,13, tal como se indica en la tabla adjunta, suponiendo que las estaciones en cuestión sean aquellas donde las lecturas se toman una vez al día.

Tabla 13

Factor de ajuste de la frecuencia de observación diaria

Número de observaciones / día	1	2	3 - 4	5 - 8	9 - 24	>24
Factor de ajuste	1.13	1.04	1.03	1.02	1.01	1.00

Fuente: Guía de prácticas hidrológicas, Volumen II: Aplicaciones de las prácticas hidrológicas y gestión de los recursos hídricos, Tabla II.5.5 (OMM N.º 168, 2011).

5.5.3. Análisis de frecuencia

La aplicación de distribuciones de frecuencia a la secuencia de datos de precipitación máxima se conoce como análisis de frecuencia.

Dado que estas distribuciones se utilizan con mayor frecuencia para identificar caudales máximos, han sido seleccionadas.

- Distribución normal.
- Distribución log normal.
- Distribución log Pearson tipo III.
- Distribución Gumbel.

5.5.3.1. Función de distribución Normal

Los valores logarítmicos en esta distribución, que extiende la distribución normal, de una serie se consideran distribuidos normalmente.

Esta distribución se define:

$$f_{(x)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$$

Donde:

f(x) = densidad de probabilidad

x = variable aleatoria

5.5.3.2. Función de distribución Log-Normal

En esta distribución que es una extensión de la distribución normal, los valores logarítmicos de una serie se consideran distribuidos normalmente.

$$f_{(x)} = \frac{1}{x.\,\sigma_y\sqrt{2\pi}}\left[-\frac{(y-\mu y)^2}{2\sigma y^2}\right]; x > 0$$

Donde:

Donde:

y = log(x)

f(x) = densidad de probabilidad

x = variable aleatoria

μ = media de los logaritmos naturales de x

σ = desviación estándar de los logarítmicos naturales de x

5.5.3.3. Función de distribución Log-Pearson Tipo III

En hidrología, esta disposición se ha utilizado ampliamente. Dada la asimetría de la mayoría de las variables hidrológicas.

$$f_{(x)} = \frac{1}{(a < B)\left(\frac{x}{a}\right)(B-1)e^{(-(\frac{\ln 8x - y}{a}))}}$$

Donde:

a = parámetro de escala

b = parámetro de forma

y = límite inferior de la distribución

5.5.3.4. Función de distribución Gumbel

La distribución de Gumbel es producto de una distribución exponencial que ocurre cuando la variable aleatoria (x) aumenta.

La función de densidad de probabilidad es:

$$f_{(x)} = \propto e^{[-\propto(x-\beta)-e^{-(x-\beta)}]}$$

Donde α y β son los parámetros de la función.

Para muestras muy grandes, los parámetros α y β se estiman de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S} \qquad \beta = \bar{x} - 0.45 \cdot S$$

Para muestras relativamente pequeñas, se observa de la siguiente manera:

$$\alpha = \frac{\sigma_y}{S} \qquad \beta = \bar{x} - u_y / \alpha$$

Los valores de μy y σy se encuentran en tablas.

5.5.4. Prueba de bondad de ajuste

Para establecer coincidencia se usó el criterio o prueba de K-S (Kolmogorov-Smirnov) para ver si la conducta de los datos de precipitación se ajusta a los datos históricos.

La prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov - Smirnov tiene en cuenta la diferencia entre la función de probabilidad teórica seleccionada, Po(x), y la función de distribución de probabilidad muestral, P(x):

$$D_n = \max(P(x) - P_o(x))$$

Para un nivel de probabilidad dado, la prueba exige que el valor Δ calculado mediante la expresión anterior sea menor que el valor tabulado Δcrit. Se debe utilizar la Tabla 12 para determinar el valor crítico de la prueba Δcrit, el cual depende del número de puntos de datos y del nivel de significación, y es función de α y n.

La distribución seleccionada debe aprobarse si el valor calculado (Δcrit) es menor que Δ_crit.

Tabla 14

Valores críticos dcrit para la prueba de Kolmogorov- Smirnov

Tamaño de la muestra	a = 0.10	a = 0.05	a = 0.01
5	0.51	0.56	0.67
10	0.37	0.41	0.49
15	0.3	0.34	0.4
20	0.26	0.29	0.35
25	0.24	0.26	0.32
30	0.22	0.24	0.29
35	0.2	0.22	0.27
40	0.19	0.21	0.25
n grande	$1.22/n^{1/2}$	$1.36/n^{1/2}$	$1.63/n^{1/2}$

Fuente: Aparicio, 1999, p.

La ejecutar la prueba, se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 15

Resumen de la Prueba de bondad de ajuste

Estación	Δ Tabulado	CALCULADO			
		Normal	Log normal	Log Pearson III	Gumbel
Pisac	0.1199	0.117	**0.0859**	0.1542	0.0969

La prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov indica que la distribución log-normal es la distribución de frecuencias que mejor se ajusta a los datos históricos de precipitación.

Tabla 16

Estimación de los valores máximos de precipitación en 24 horas mediante diferentes funciones de probabilidad para el ajuste de datos de registros históricos

T (años)	Normal	Log Normal	Log Pearson III	Gumbel	Diseño
2	30.1	29.2	29.8	28.9	29.2
5	36.6	36.4	36.5	35.7	36.4
10	40.0	40.9	40.2	40.1	40.9
30	44.2	47.3	44.8	46.9	47.3
35	44.7	48.1	45.3	47.8	48.1
50	45.9	50.1	46.6	50.0	50.1
71	46.9	52.0	47.7	52.1	52.0
100	48.0	53.8	48.8	54.2	53.8
140	48.9	55.6	49.8	56.2	55.6
175	49.5	56.7	50.5	57.5	56.7
500	52.2	62.2	53.3	63.8	62.2

El valor de precipitación máxima en 24 horas de la estación de Pisac con un periodo de retorno de 30 años es el valor más bajo que supera el máximo jamás registrado.

5.5.5. Intensidad de diseño

Se implementó el concepto fundamental relativo a los valores de precipitación intensa, de corta duración y alta intensidad. Dado que la ocurrencia de estos episodios de precipitaciones estaba asociada a sistemas atmosféricos con características físicas comparables en la mayor parte de la Tierra, por lo general se ven solo ligeramente influidos por la ubicación geográfica.

Método de Dick – Peschke

A partir del modelo de Dick Peschke (Guevara 1991), que estima la intensidad máxima horaria a partir de la precipitación máxima en 24 horas.

$$P_{\Delta t} = P_{24h} * \left(\frac{d}{1440}\right)^{0.25}$$

d = duración de lluvia en min

P_Δt =precipitación para una duración Δt

P24h = precipitación máxima en 24 horas (dado que el valor P24h se obtiene a partir de un estudio estadístico de máximos, se presume que indica una precipitación con una duración de 24 horas)

Δt = duración requerida en minutos

Las intensidades correspondientes se calculan utilizando los valores de precipitación calculados para cualquier duración dada, de acuerdo con:

$$I = \frac{P}{t}$$

Dónde:

I = intensidad (mm/hr)

P = precipitación (mm)

Con relación a los valores, se busca linealizar la ecuación que gobiernan los datos según:

$$Z + mY + nX + k = 0$$

Al tomar los logaritmos de la ecuación anterior se obtiene:

$$\text{Log (I)} = \text{Log (K)} + m\ \text{Log (T)} - n\ \text{Log (t)}$$

Donde:

Z = Log (I)

Y = Log (T)

X = Log (t)

Los valores de k, m y n se obtienen tras la linealización; estos se utilizarán en la fórmula para generar las nuevas curvas IDF.

Se utilizó la siguiente relación para calcular indirectamente las curvas de intensidad-duración-frecuencia:

$$I = \frac{10^k T^m}{t^n}$$

Donde:

I = Intensidad máxima (m/min)

K, m, n = factores característicos

T = período de retorno en años

t = La duración de la precipitación es igual al tiempo de concentración (min).

Método de Frederich Bell

$$P_t^T = (0.21 \log_e T + 0.52)(0.54 t^{0.25} - 0.50) P_{60}^{10}$$

DONDE:

T : duración (minutos)

T : periodo de retorno (años)

BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

PT : precipitación caída en t minutos con periodo de retorno t años

: el modelo yance tueros calcula la precipitación en 60 minutos con un periodo de retorno de 10 años.

$$I = aP_{24}^{b}$$

I : Intensidad máxima en mm/h

a,b : parámetros del modelo (0.4602, 0.9721, respectivamente)

P24 : precipitación máxima en 24 horas.

Método de IILA

$$P_{t,T} = a(1 + K\log T)t^{n}$$
$$I_{t,T} = a(1 + K\log T)t^{n-1}$$

Donde P_(t,T), I_(t,T) son la precipitación y la intensidad de la tormenta, dadas las constantes regionales a, K y n, para una duración "t" (en horas) y un periodo de retorno "T" (en años).

El enfoque del IILA establece que las fórmulas son válidas para $3 \leq t \leq 24$ horas.

Y para $t \leq 3$ horas se usa:

$$I_{t,T} = a(1 + K\log T)(t + b)^{n-1}$$

Donde b = 0.5 hr. (Costa, Centro y Sur), 0.4 hr. (Sierra) y 0.2 hr. (Costa Norte y Selva).

Tabla 17

Ecuación Intensidad - Duración – Frecuencia

Estación	Bell	Dick Peschke	IILA
Formulación	$I = \frac{10^{2.1553}T^{0.2657}}{t^{0.6738}}$	$I = \frac{10^{2.4833}T^{0.1157}}{t^{0.75}}$	$I = \frac{10^{1.7737}T^{0.1157}}{t^{0.5041}}$

Al evaluar las ecuaciones de intensidad por cada método, se observó que los valores obtenidos por los métodos de Dick-Peschke y Bell son valores más elevados que el método IILA. De acuerdo a la calibración con el suceso acontecido en el mes de enero del 2021 se considerará la aplicación del método a seleccionar.

En consecuencia, para utilizar una única metodología se optó por el método de IILA.

5.5.6. Tiempo de concentración

El tiempo de concentración es el tiempo requerido por una gota de agua, para fluir desde el punto más remoto en la cuenca hasta el punto de interés (Hidrología Aplicada - Ven Te Chow).

Para este estudio se han considerado las siguientes formulaciones con el fin de determinar el tiempo de concentración; estas se aplicarán a las cuencas de interés basándose en la calibración del modelo.

Fórmula de Kirpich

$$t_c = 0.000325 \left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.77}$$

Donde:

tc = tiempo de concentración (hr)

L = longitud del cauce (Km)

S = pendiente del cauce (m/m)

Fórmula Bransy – Williams

$$t_c = 0.2433\, L\, A^{-0.1} S^{-0.2}$$

Dónde:

tc = tiempo de concentración (hr)

L = longitud del cauce (Km)

A = área de la cuenca (Km2)

S = pendiente del cauce (m/m)

Fórmula Temez

$$t_c = 0.30 \left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.75}$$

Donde:

tc = tiempo de concentración (hr)

L = longitud del cauce (Km)

S = pendiente del cauce (m/m)

Fórmula de Kerby – Hathaway

$$t_c = 0.30\left(\frac{0.67nL}{\sqrt{S}}\right)^{0.467}$$

Donde:

tc = tiempo de concentración (min)

L = longitud del cauce (pies)

S = pendiente del cauce (m/m)

Tabla 18

Valores de n (Kerby – Hathaway)

TIPO DE SUPERFICIE	n
Suelo liso impermeable	0.02
Suelo desnudo	0.1
Pastos pobres, cultivos en hileras o suelo desnudo algo rugoso	0.2
Pastizales	0.4
Bosques de frondosas	0.6
Bosques de coníferas o de frondosas con una capa densa de residuos orgánicos de césped	0.8

5.5.7. Caudal de diseño

El caudal de diseño se determinará a partir de las intensidades máximas y las características de la cuenca, empleando en ocasiones el Método Racional debido a la falta de datos de caudal, ...así como información sobre los residentes; esto permitirá realizar una comparación con la información proveniente de mediciones puntuales obtenidas mediante técnicas indirectas.

5.5.7.1. Método de calibración y estimación del caudal año 2014

Para el cálculo del caudal estimado en el año 2021 se utilizó para la estimación el programa Hecras.

Para aplicar se realizaron los siguientes trabajos de campo:

- Selección de varios tramos del río.
- Levantamiento de secciones transversales seleccionadas
- Utilizando los rastros o marcas dejados por el nivel máximo de la crecida para determinar la pendiente de la superficie del agua.
- Elección de un valor de coeficiente de rugosidad (n) el más óptimo.

5.5.7.2. Método racional

El "Método Racional" se aplicará a cuencas de 10 km² o menos, ya que combina todas las abstracciones en un único parámetro, "C" (coeficiente de escorrentía), y asume que el tiempo de concentración es igual a la duración de la precipitación. A continuación, se presentan las fórmulas correspondientes a este enfoque.

$$Q = 0.278\, CIA$$

Donde:

Q = caudal de diseño (m3/s)

C = coeficiente de escorrentía (ver siguiente tabla)

I = intensidad de precipitación máxima horaria (mm/hr)

A = área de la cuenca (Km2)

Tabla 19

Coeficiente de escorrentía

Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Pendiente de terreno				
		Pronunciada	Alta	Media	Suave	Despreciable
		>50%	>20%	>5%	>1%	<1%
Vegetación	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.6
	Permeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
Cultivos	Impermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Semipermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Permeable	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
Pastos Vegetación ligera	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
Hierba, Grama	Impermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Semipermeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	Permeable	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
Bosque Densa Vegetación	Impermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Semipermeable	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.25	0.2	0.15	0.1	0.05

Fuente: "Hidrología", Edilberto Guevara y Humberto Cartaya.

NOTA: Para las zonas que se prevé que sufran incendios, los coeficientes deben incrementarse de la siguiente manera: multiplicar por 1,1 en el caso de los cultivos y por 1,3 para hierba, prados, vegetación ligera, bosques y vegetación densa.

5.5.7.3. Número de curva (CN)

El número de curva (CN) es un número hidrológico adimensional, tabulados por el Soil Conservation Service con base al uso de la tierra (Cuadro 21).

Grupo A: Limos adicionales, arena profunda y suelos depositados por el viento.

Grupo B: Franco arenoso, suelos poco profundos depositados por el viento.

Grupo C: Suelos con alto contenido de arcilla, suelos de bajo rendimiento, margas arenosas poco profundas y margas arcillosas.

Grupo D: Algunos suelos salinos, arcillas extremadamente plásticas y suelos que se expanden considerablemente al humedecerse.

Tabla 20

Numero de curva (CN)

DESCRIPCION DEL USO DE LA TIERRA TRATAMIENTO DEL SUELO		TIPO DE SUELO			
		A	B	C	D
Tierra cultivada	Sin tratamiento de conservación	72	81	88	91
	Con tratamiento de conservación	62	71	78	81
Pastizales	condiciones pobres	68	79	86	89
	condiciones optimas	39	61	74	80
Vegas de ríos	condiciones optimas	30	58	71	78
Bosques	Troncos delgados, cubierta pobre, sin hierbas	45	66	77	83
	cubierta buena	25	55	70	77
Áreas abiertas, césped, parques, campos de golf, cementerios, etc.					
Óptimas condiciones: cubierta de pasto en el 75% o mas		39	61	74	80
Condiciones aceptables cubierta de pasto en el 50% al 75%		49	69	79	84
Áreas comerciales de negocios (85% impermeables)		89	92	94	95
Distritos industriales (72% impermeables)		81	88	91	93
Residencial					
Tamaño promedio del lote	Porcentaje promedio impermeable				
1/8 acre o menos	65	77	85	90	92
¼ acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
½ acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
Parqueadores pavimentados, techos, accesos, etc.		98	98	98	98
Calles y carreteras:					
	Pavimentadas con cunetas y alcantarillados	98	98	98	98
	Grava	76	85	89	91
	Tierra	72	82	87	89

Fuente: Ven Te Chow

5.6. Hidráulica

5.6.1. Reconocimiento de campo

La inspección de campo ha permitido verificar que las estructuras de drenaje existentes, las cuales son alcantarillas tipo TMC, concreto, PVC; en donde la mayoría se encuentran obstruidas por falta de mantenimiento y los cauces de entrada y salida se encuentran colmatados.

Desde el punto de vista propiamente del drenaje, no se han encontrado puntos críticos que interrumpan al tránsito de vehículos. Si se han identificado sectores asociados a estabilidad de taludes en donde por efecto de los derrumbes, las cunetas y alcantarillas se obstruyen y afectan la carretera por mal drenaje.

5.6.2. Rio Vilcanota

El río Vilcanota presenta su origen en el nevado que lleva por nombre curupuna el cual se encuentra cerca del abra En su descenso riega las llanuras de Maranganí, Sicuani, Combapata, Quiquijana y Urcos luego de pasar por la provincia de Melgar en Puno. El río Huatanay ingresa al Vilcanota al llegar a Huambutío. Posterior a la irrigación de campos de cultivo en pisaq, calca y yucay. Pasando por la ciudad de Urubamba en donde recibe otro nombre de allí en adelante. Finalmente llega al departamento de Ucayali, donde se une al río Tambo en la localidad de Atalaya, tras pasar por Ollantaytambo y Quillabamba.

El río Vilcanota transporta grandes cantidades de grava y arena a su paso por la localidad de Pisaq, mostrando un régimen torrencial. Posteriormente, estos materiales se acumulan en las riberas cercanas a las localidades de Ccoya y Lamay.

5.6.3. Subcuencas principales

En el tramo de la via se identificaron siete quebradas, que constituyen redes de drenaje de las subcuencas: Culispata (conocida como Kitamayo) y Chaupihuayco, los cuales a su vez son tributarios del río Vilcanota.

5.6.3.1. Quebrada Kitamayo

El lecho primordial que pertenece a la subcuenca de kitamayo (culispata) integra un afluente de segundo grado que presenta un recorrido de mayor distancia con origen en la laguna Quillhuacocha ubicado por encima de la comunidad de Viacha a una altitud promedio de 4180 msnm. En su transcurso circunda el cerro intihuatana donde en sus espacios pertenecientes a la misma se encuentra ubicada las ruinas del complejo arqueológico de Pisaq.

La subcuenca de la quebrada Kitamayo hasta la via tiene un área de 7.84 Km2, cuya cabecera esta sobre los 4400 msnm y en el cruce con la vía aproximadamente a 2973 msnm, la subcuenca Kitamayo presenta una longitud de cauce de 5.25 Km, con una pendiente de 29 % con un relieve integrado por bosques pequeños, lagunas, quebradas, y parcelas de cultivo, que presenta una cobertura vegetal en rango regular a pobre, y una densidad de

avenamiento de 1.36 Km/Km2; lo cual conlleva a una respuesta rápida en la evacuación de aguas pluviales. Sus características han encontrado que el factor de forma calculado de 0.28.

El ancho del cauce en la cuenca media es variable, estrechándose cercana a la vía por la ocupación de viviendas en sus márgenes.

A lo largo de los años la quebrada en donde la vía la cruza a través de una estructura de cruce de 4.00mx1.60m se desborda. Según cuentan las personas del lugar, en el año 2021 fue el último año donde ocurrió dicho desborde llegando a producirse la muerte de varias personas al momento de la limpieza del cauce.

Cabe indicar que, en el tramo del área urbana, la quebrada recorre encauzada a través de muros y viviendas colindantes tanto aguas arriba como aguas abajo, así como cercana a la vía sobre el cauce se tiene el cruce de un canal Inca.

Además, se observó en la visita a campo la presencia de depósitos de material en el cauce parte de material de arrastre como de desechos y basura, que obstruyen el pase del flujo de escorrentía, así como reducen la sección hidráulica. La falta de mantenimiento, reducción de la sección hidráulica y la fuerte pendiente presenta un peligro a un evento de precipitaciones máximas que se pudieran dar.

Figura 19
Vista hacia aguas arriba



Figura 20
Vista hacia aguas arriba



Figura 21
Vista hacia aguas arriba



Figura 22
Vista hacia aguas Abajo



5.6.3.2. Modelamiento hidráulico

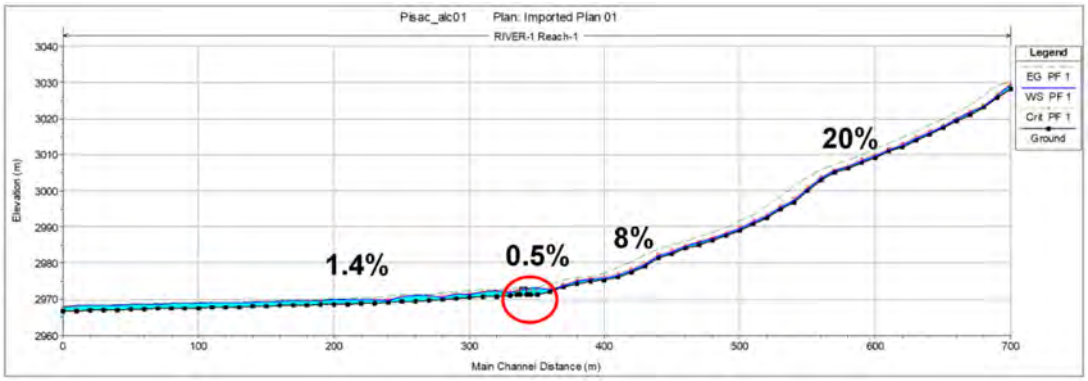
De acuerdo al levantamiento topográfico 350m aguas arriba y 350m aguas debajo del Puente, las pendientes son variables en su recorrido entre 0.5% a 20%, significando influencia y variación en los parámetros hidráulicos como son tirante, velocidad.

Figura 23
Plano planta – Cuenca en estudio



Fuente: Google Earth 2021

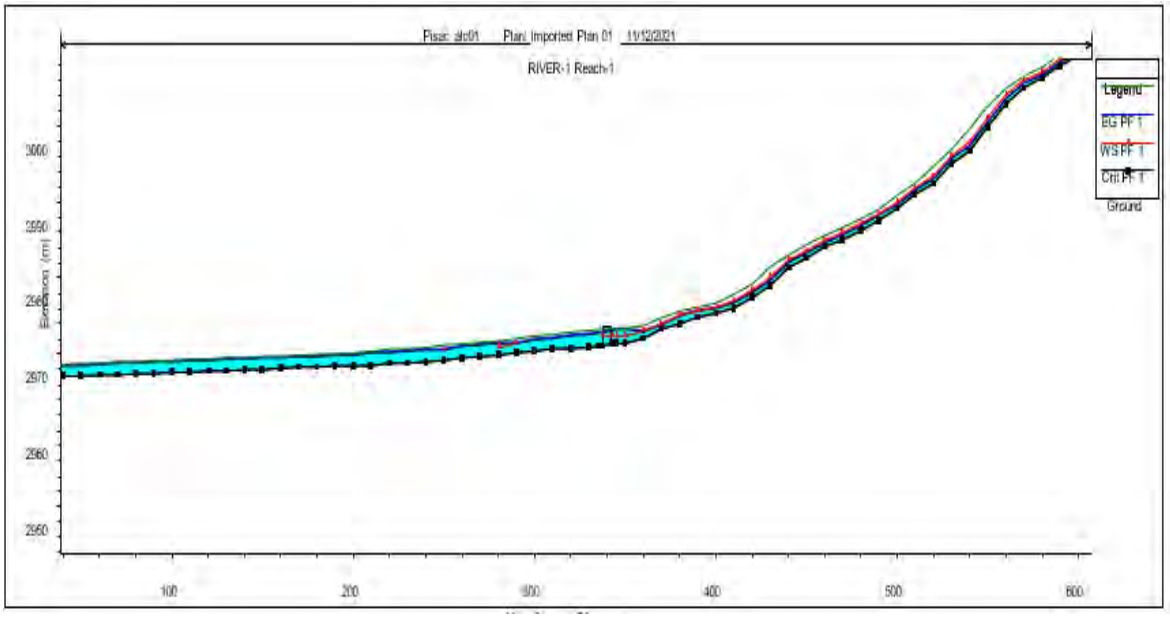
Figura 24
Perfil del cauce



5.6.3.3. Escenario 01.- Condición – Año 2021

De acuerdo a la evaluación en campo e información de los pobladores del lugar quienes indican que, en el año 2021, el nivel de agua paso al ras del tablero de la estructura actual. Aplicando el programa HECRAS, se modelo bajo la condición de sección llena, obteniéndose un caudal de 12.63 m3/seg.

Figura 25
Perfil del flujo – Caudal 12.63 m3/seg



BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

Figura 26
Perfil del flujo – Caudal 12.63 m3/seg

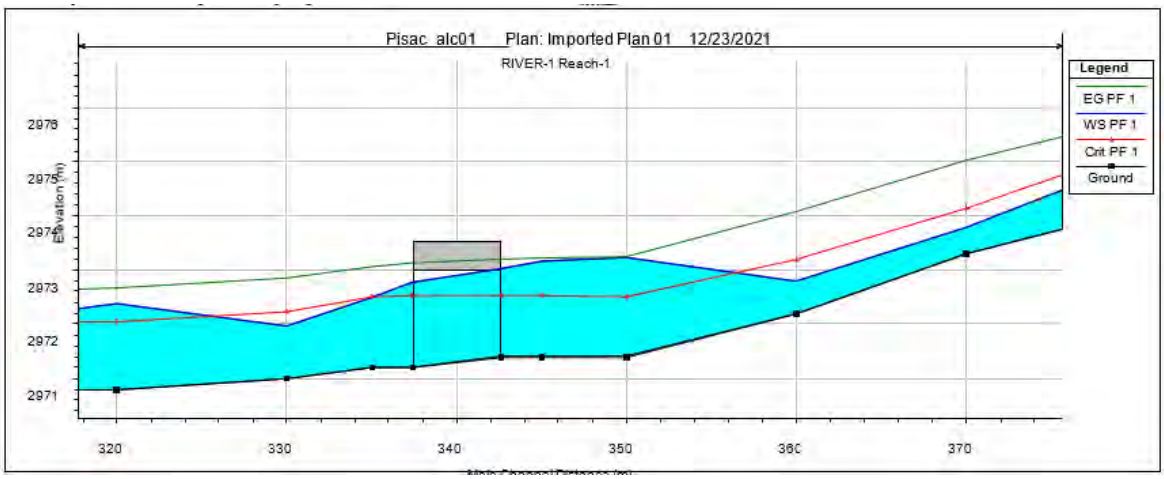
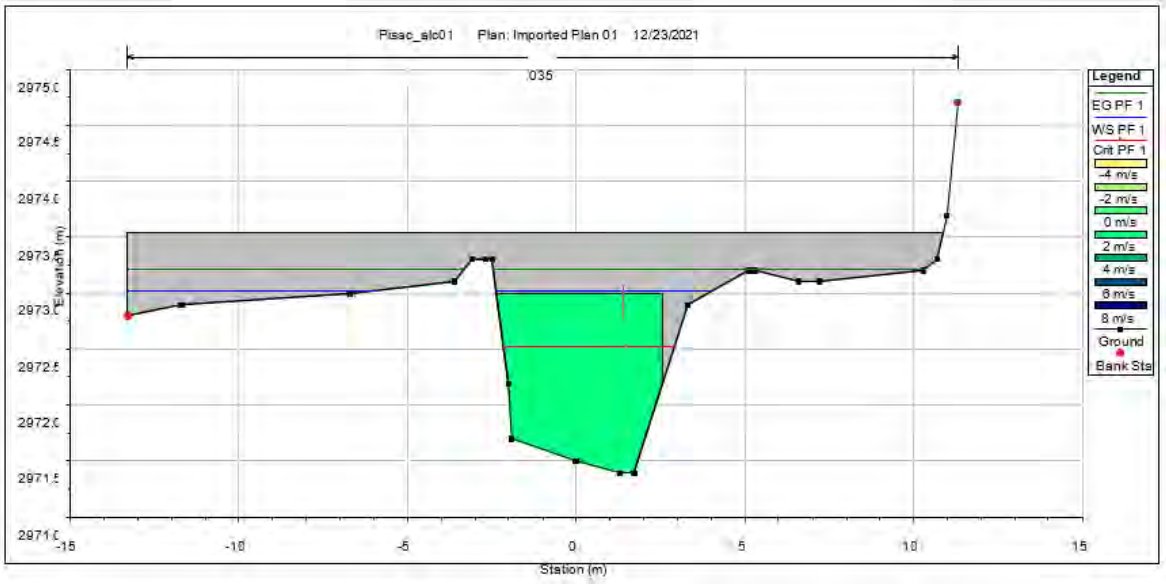


Figura 27
Sección en el puente – Caudal 12.63 m3/seg



5.6.3.4. Escenario 02.- Encauzamiento – Año 2021

Se amplió el ancho del cauce a 4.0m, sección 37 ,35 y 34 del HECRAS equivalente a 25.0m de longitud de encauzamiento y considerando el evento ocurrido en el año 2021, con un caudal de 12.63 m3/seg. Se modeló con el programa HECRAS reduciéndose de 1.63m a 1.34m de tirante de agua en la sección del puente.

Figura 28

Perfil de cauce con encauzamiento – Caudal 12.63 m3/seg

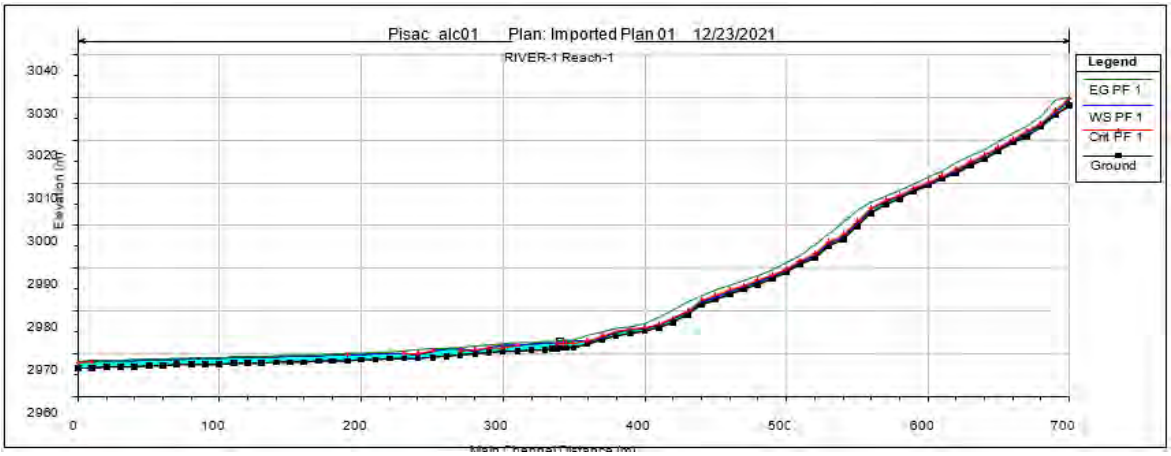
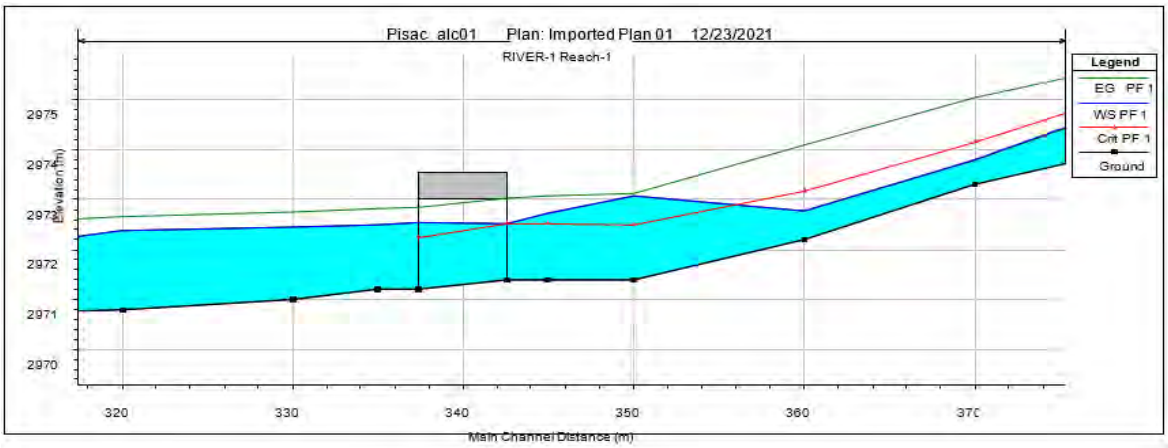


Figura 29

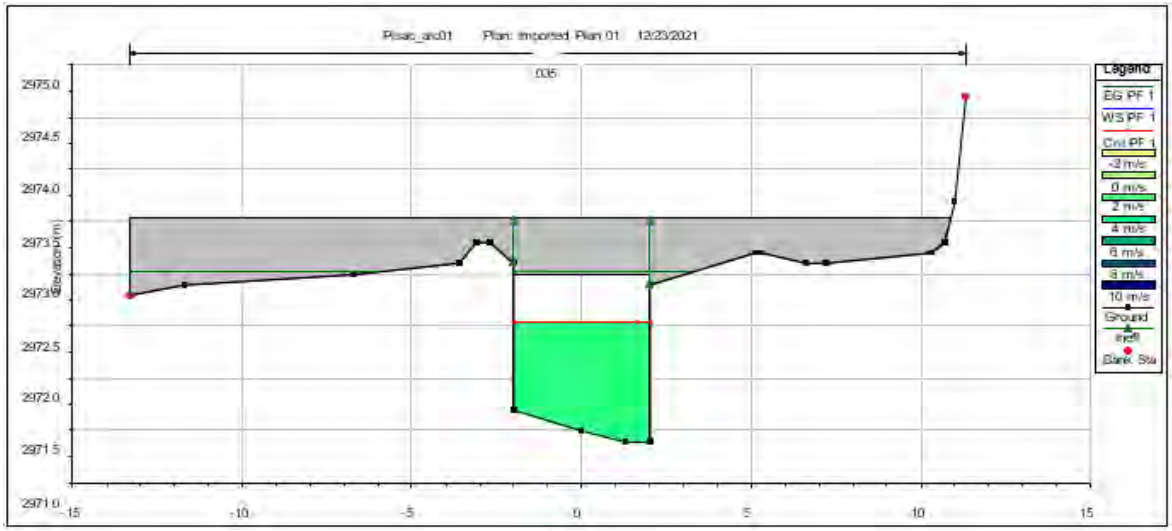
Perfil de cauce con encauzamiento – Caudal 12.63 m3/seg



BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

Figura 30

Sección de puente con encauzamiento – Caudal 12.63 m3/seg

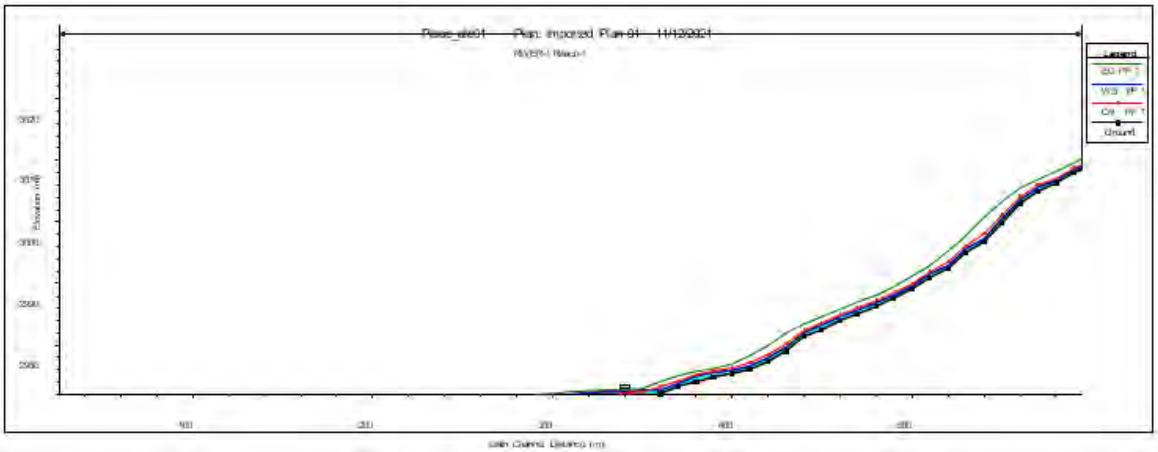


5.6.3.5. Escenario 03.- Encauzamiento y limpieza de cauce – Año 2021

Se amplió el ancho del cauce a 4.0m, sección 37 ,35 y 34 del HECRAS equivalente a 25.0m de longitud de encauzamiento; en esta longitud se realizó la limpieza de cauce nivelándose el fondo del cauce en este tramo. Considerando el evento ocurrido en el año 2021, con un caudal de 12.63 m3/seg. Se modelo con el programa HECRAS reduciéndose de 1.63m a 1.32m de tirante de agua en la sección del puente. Así mismo, una sección antes del puente se logra disminuir la altura de agua.

Figura 31

Perfil de cauce con encauzamiento y nivelación fondo cauce – Caudal 12.13 m3/seg



BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

Figura 32

Perfil de cauce con encauzamiento y nivelación fondo cauce – Caudal 12.63 m3/seg

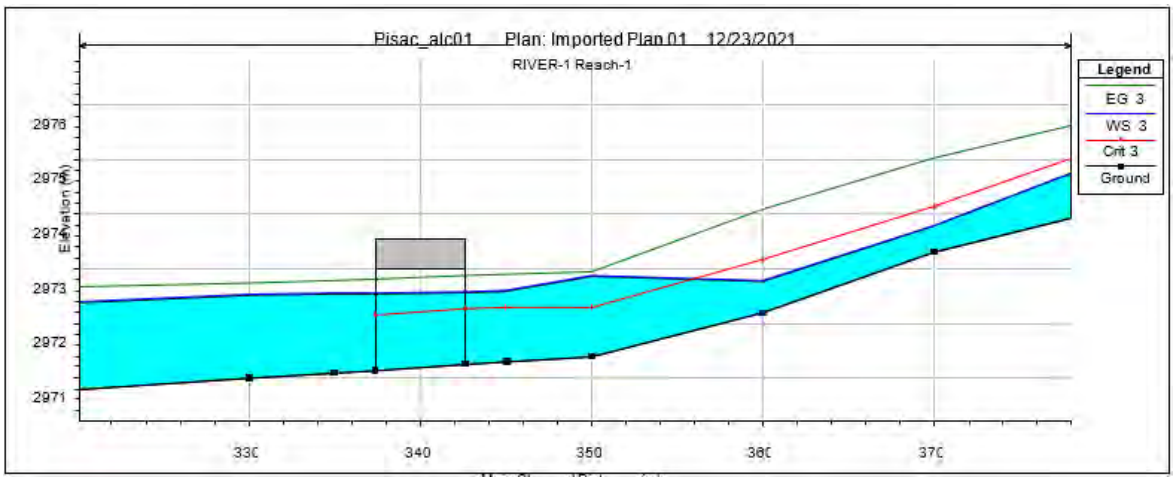
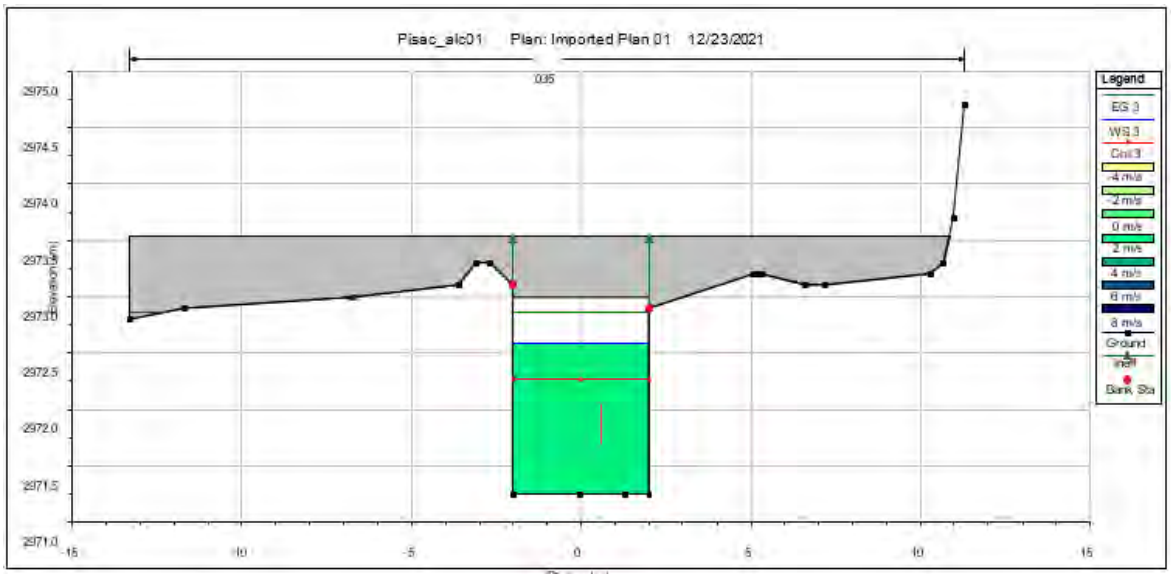


Figura 33

Sección de puente con encauzamiento y nivelación fondo de cauce – Caudal 12.63 m3/seg



5.6.3.6. Calibración para la selección del Método de Intensidad de diseño

A partir del caudal obtenido de 12.63 m3/seg, aplicando el Método Racional, se calibró el TRetorno para los 03 métodos de IDF, obteniéndose los siguiente:

Tabla 21

Comparativos de la calibración a partir de la estimación del caudal 12.63 m3/seg

Metodo	tc	C	T retorno (años)	I (mm/hora)	Caudal (m3/seg)
Bell	1.34	0.45	3	13.86	13.59
Dick Pescke	1.34	0.45	3	12.88	12.63
IILA	1.34	0.45	85	12.37	10.67

De acuerdo a la calibración se considerará lo obtenido por el Método de Intensidad de Dick Pescke, correspondiendo una intensidad de 12.88 mm/hora, que equivale a un periodo de retorno de 3 años para un Caudal de 12.63 m3/seg.

El valor de TRetorno de 3 años esta está dentro de las precipitaciones máximas de diseño de la distribución seleccionada (Ver cuadro)

5.6.3.7. Escenario 04.- Encauzamiento, limpieza de cauce, revestimiento cauce – Año 2021

Se amplió el ancho del cauce a 4.0m, sección 37 ,35 y 34 del HECRAS equivalente a 25.0m de longitud de encauzamiento; en esta longitud se realizo la limpieza de cauce nivelándose el fondo del cauce en este tramo y revistió la base en los 25.0m. Considerando el evento ocurrido en el año 2021, con un caudal de 12.63 m3/seg. Se modelo con el programa HECRAS reduciéndose de 1.63m a 0.82m de tirante de agua en la sección del puente.

Figura 34

Perfil de cauce con encauzamiento y nivelación fondo cauce – Caudal 12.63 m3/seg

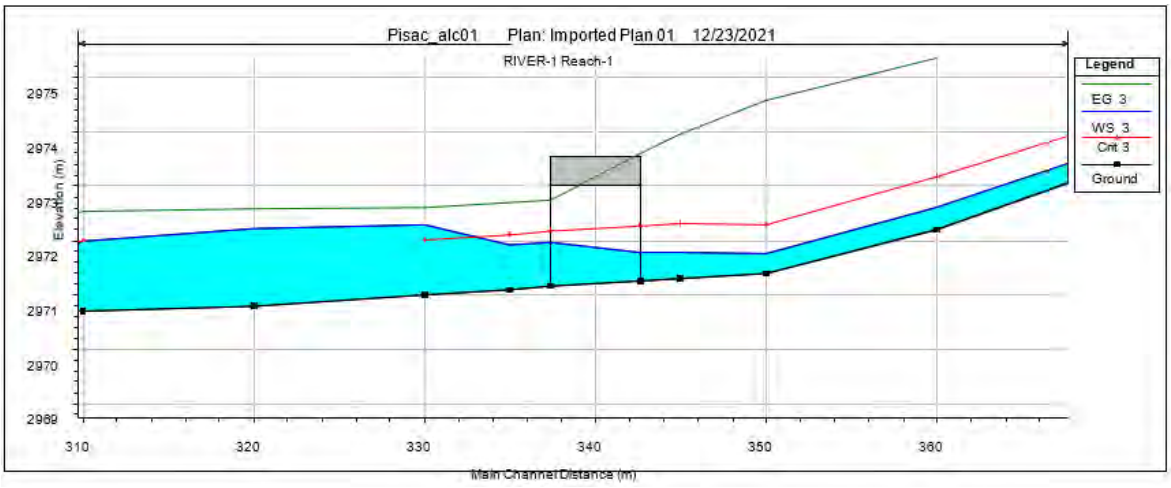
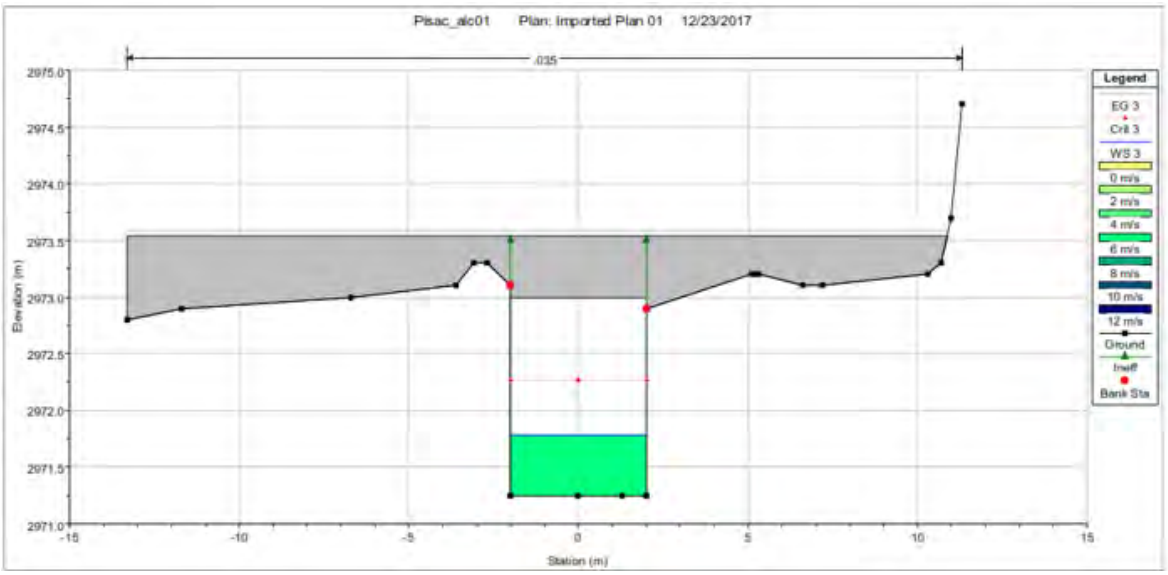


Figura 35

Sección de puente con encauzamiento y nivelación fondo de cauce – Caudal 12.63 m3/seg

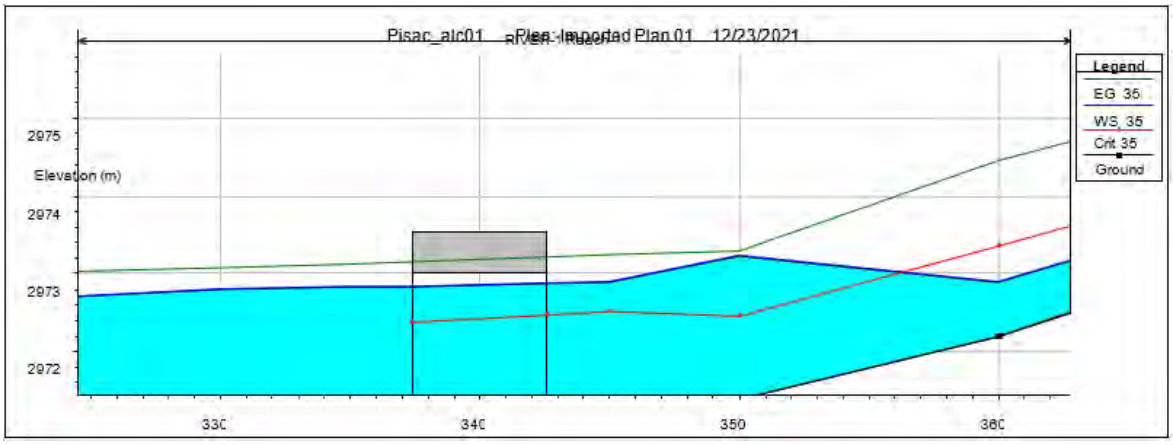


5.6.3.8. Periodo de retorno 35 años con Escenario 03

Para un periodo de retorno de 35 años se estimó el caudal de diseño de 16.78 m3/seg. Aplicando el programa de Hec ras se obtuvo un NAME de 2972.88msnm equivalente a 1.70m de tirante.

Figura 36

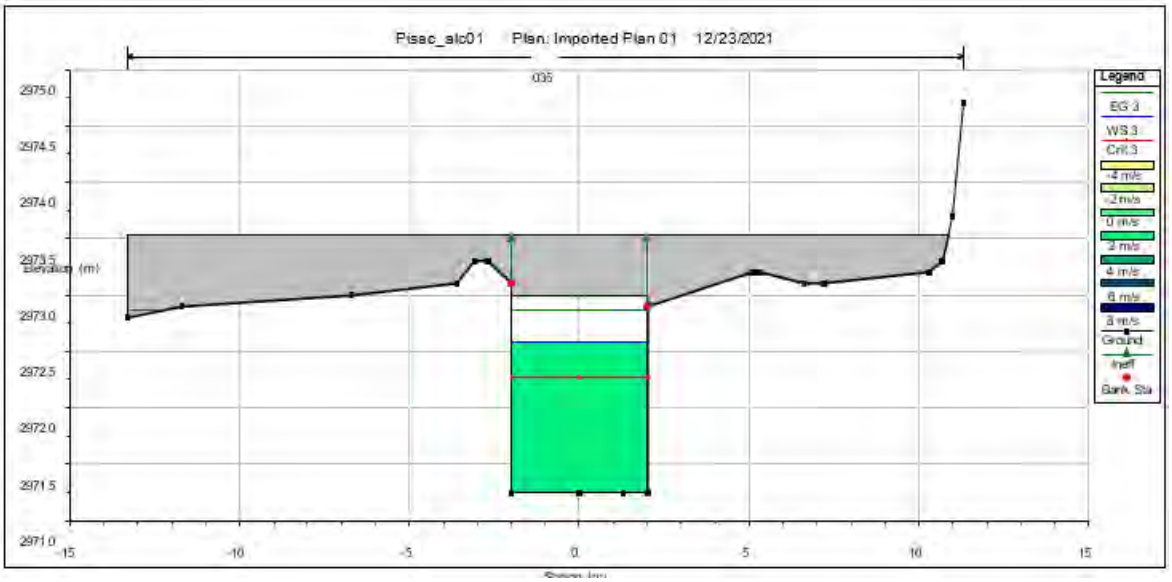
Perfil de cauce con encauzamiento y nivelación fondo cauce – Caudal 16.78 m3/seg



BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

Figura 37

Sección de puente con encauzamiento y nivelación fondo de cauce – Caudal 12.63 m3/seg

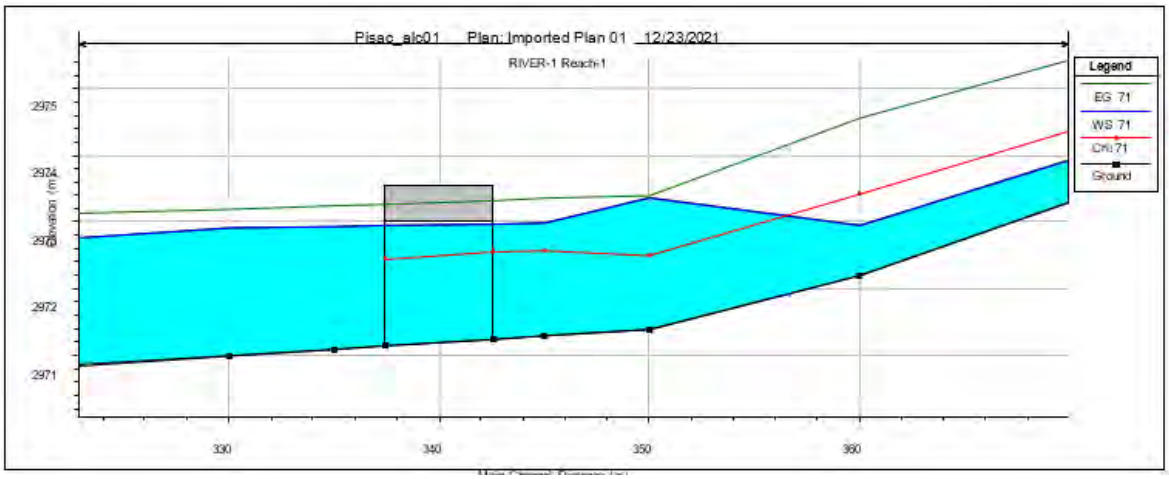


5.6.3.9. Periodo de retorno 71 años con Escenario 03

Para un periodo de retorno de 71 años se estimó el caudal de diseño de 18.21 m3/seg. Aplicando el programa de Hec ras se obtuvo un NAME de 2972.97msnm equivalente a 1.79m de tirante.

Figura 38

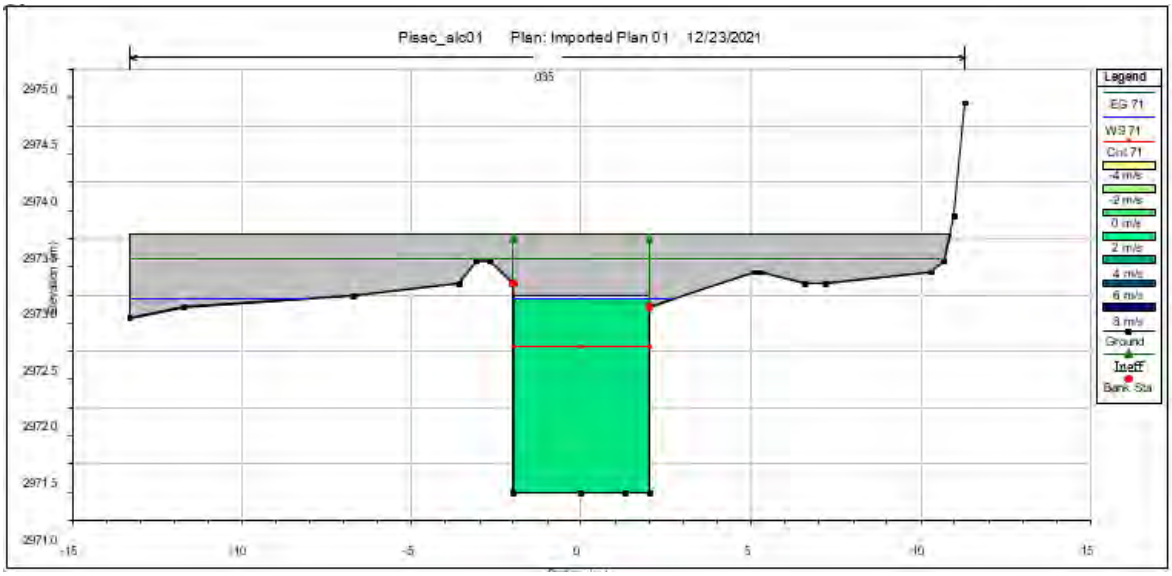
Perfil de cauce con encauzamiento y nivelación fondo cauce – Caudal 18.21 m3/seg



BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

Figura 39

Sección de puente con encauzamiento y nivelación fondo de cauce – Caudal 18.21 m3/seg

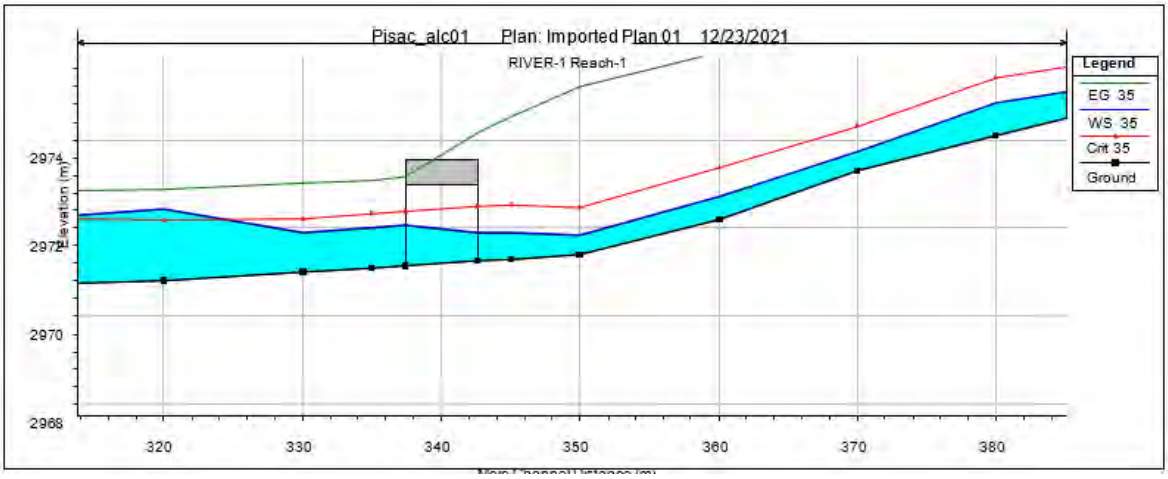


5.6.3.10. Periodo de retorno 35 años con Escenario 04

Para un periodo de retorno de 35 años se estimó el caudal de diseño de 16.78 m3/seg. Aplicando el programa de Hec ras se obtuvo un NAME de 2972.05msnm equivalente a 0.90m de tirante.

Figura 40

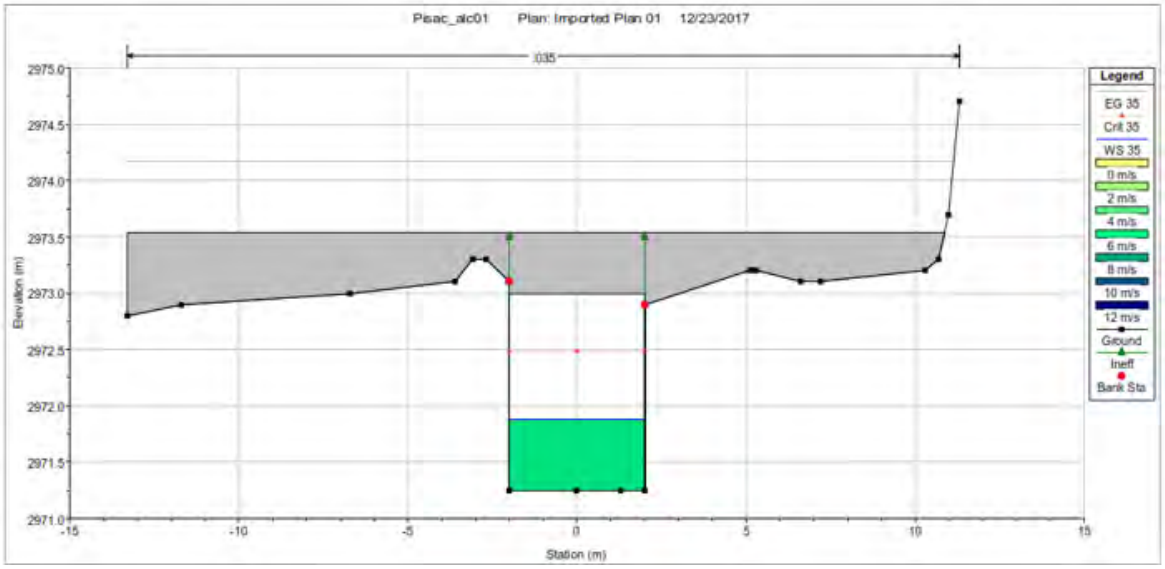
Perfil de cauce con encauzamiento y nivelación fondo cauce – Caudal 16.78 m3/seg



BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

Figura 41

Sección de puente con encauzamiento y nivelación fondo de cauce – Caudal 12.63 m3/seg

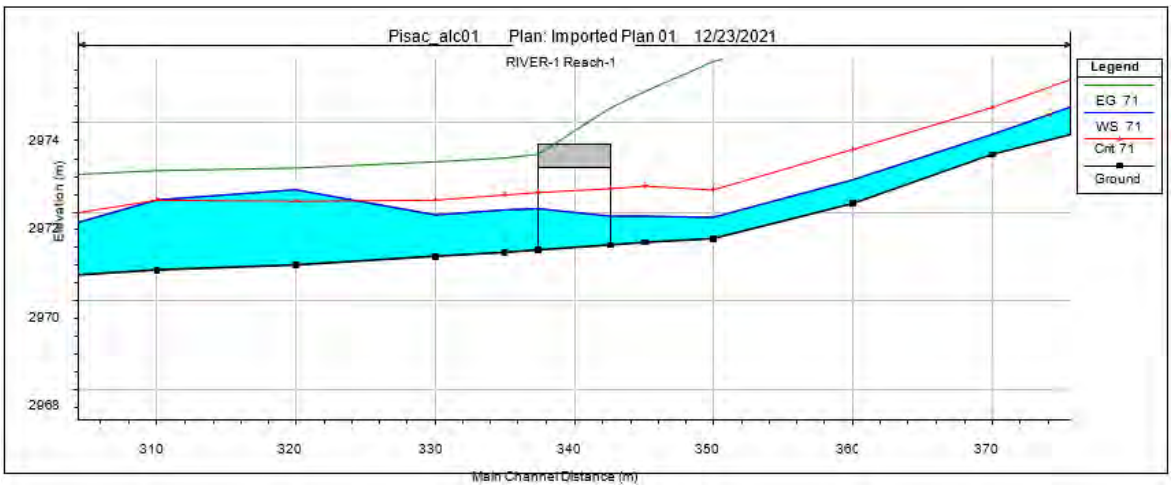


5.6.3.11. Periodo de retorno 71 años con Escenario 04

Para un periodo de retorno de 71 años se estimó el caudal de diseño de 18.21 m3/seg. Aplicando el programa de Hec ras se obtuvo un NAME de 2972.08msnm equivalente a 0.93m de tirante.

Figura 42

Perfil de cauce con encauzamiento y nivelación fondo cauce – Caudal 18.21 m3/seg



BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

Figura 43

Sección de puente con encauzamiento y nivelación fondo de cauce – Caudal 18.21 m3/seg

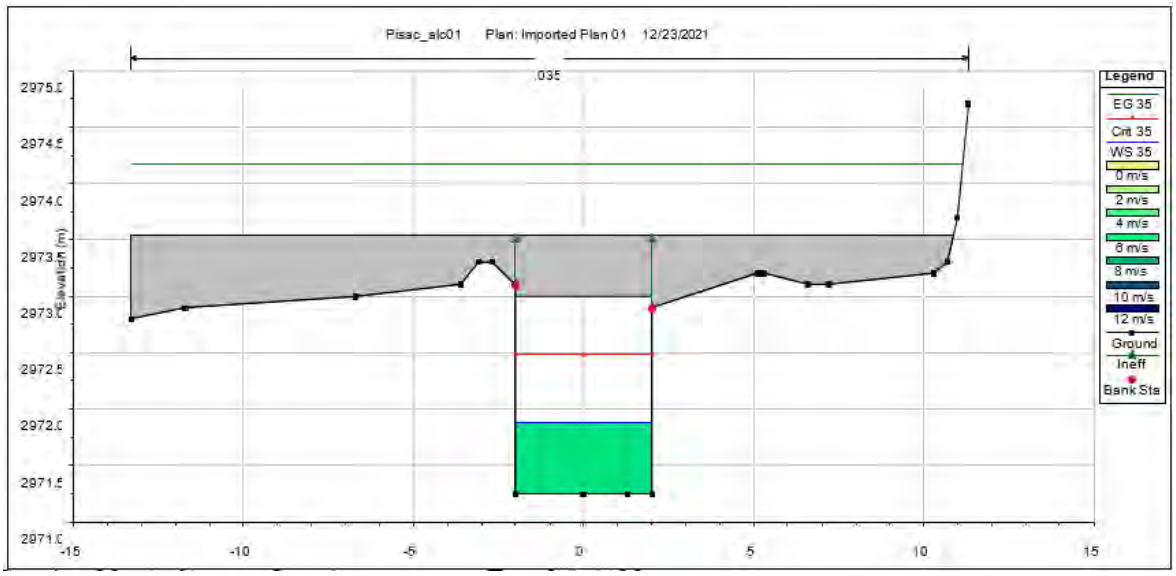


Tabla 22

Análisis y Conclusiones con Escenario 03

Periodo de retorno (años)	Q (m3/seg)	Nivel Fondo (msnm)	NAME (msnm)	Tirante (m)	Condición
3	12.63	2971.25	2972.6	1.4	En un tramo de 25.0m a partir de la descarga del canal Inca hacia aguas arriba; se limpió el cauce y encauzó el canal en un ancho de 4.0m.
35	16.78	2971.25	2972.9	1.7	
71	18.21	2971.25	2973	1.79	
3	12.63	2971.4	2973	1.63	Sin limpieza ni encauzamiento

Tabla 23

Análisis y Conclusiones con Escenario 04

Periodo de retorno (años)	Q (m3/seg)	Nivel Fondo (msnm)	NAME (msnm)	Tirante (m)	Condición
3	12.63	2971.25	2972	0.82	En un tramo de 25.0m a partir de la descarga del canal Inca hacia aguas arriba; se limpio el cauce, encauzó y revistió la base del canal en un ancho de 4.0m.
35	16.78	2971.25	2972.05	0.9	
71	18.21	2971.25	2972.08	0.93	
3	12.63	2971.4	2973	1.63	Sin limpieza ni encauzamiento

5.6.3.12. Quebrada Chaupihuaycco

Con 16,60 km, el segmento más largo de la subcuenca de Chaupihuayco es el cauce principal, un afluente de cuarto orden que recorre el trayecto desde Chaupihuayco hasta Pascanacancha y Collpahuaycco.

Otro curso de agua importante fluye a través de los asentamientos de Amaru y Quello Quello, tras originarse en las lagunas Quimsacocha y Azulcocha, pertenecientes a la comunidad de Paruparu, antes de unirse al ramal principal de Chaupihuaycco, cerca del poblado de Sakara.

La subcuenca de la quebrada Chaupihuaycco hasta la vía tiene un área de 111.90 Km2, cuya cabecera esta sobre los 4600 msnm y en el cruce con la vía aproximadamente a 2982 msnm, la Con una longitud de cauce de 16,60 km y una pendiente del 10 %, la subcuenca de Chaupihuaycco presenta un paisaje con zonas boscosas reducidas, tierras de cultivo y quebradas; la cobertura vegetal varía de regular a mala, y la densidad de drenaje es de 1,36 km/km²; lo que sugiere una respuesta rápida en cuanto al drenaje de aguas pluviales. En cuanto a sus características físicas, se determinó un factor de forma calculado de 0,28.

Figura 44

Vista hacia aguas arriba



Figura 45
Vista hacia aguas abajo



Figura 46
Vista hacia aguas abajo



5.6.3.13. Modelamiento hidráulico

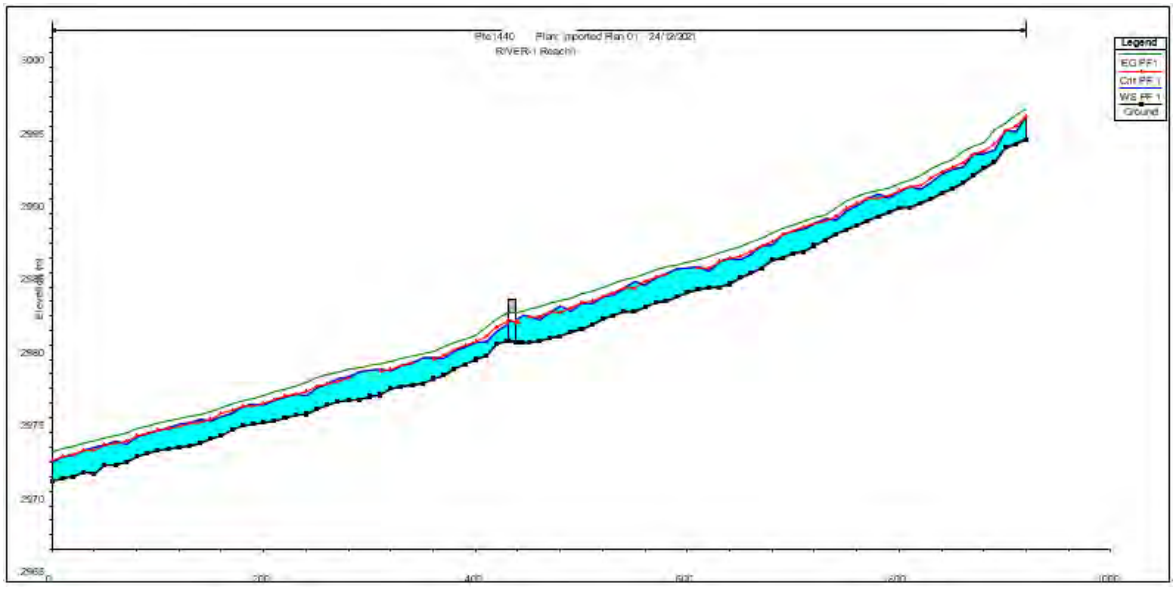
De acuerdo al levantamiento topográfico 470m aguas arriba y 450m aguas abajo del puente, las pendientes son variables en su recorrido entre 1% a 5%, con velocidades del 2% al 4%.

Figura 47
Plano planta – Levantamiento topográfico



Fuente: Google Earth 2021

Figura 48
Perfil del cauce



5.6.3.14. Escenario 01.- Condición actual – Año 2021

De acuerdo a la evaluación en campo e información de los pobladores del lugar quienes indicaron la marca del nivel de agua en el año 2021 en la estructura actual. Aplicando el programa HECRAS, se modeló de acuerdo a la marca de agua, obteniéndose un caudal de 18.9 m3/seg con un tirante de 1.03m.

Figura 49
Perfil del flujo – Caudal 18.9 m3/seg

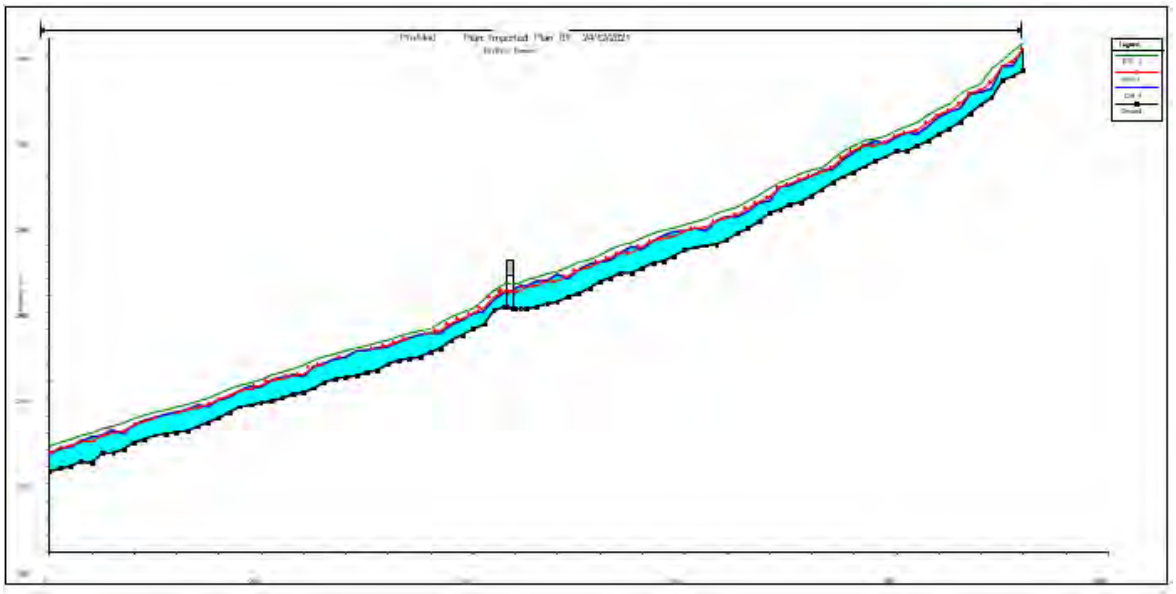
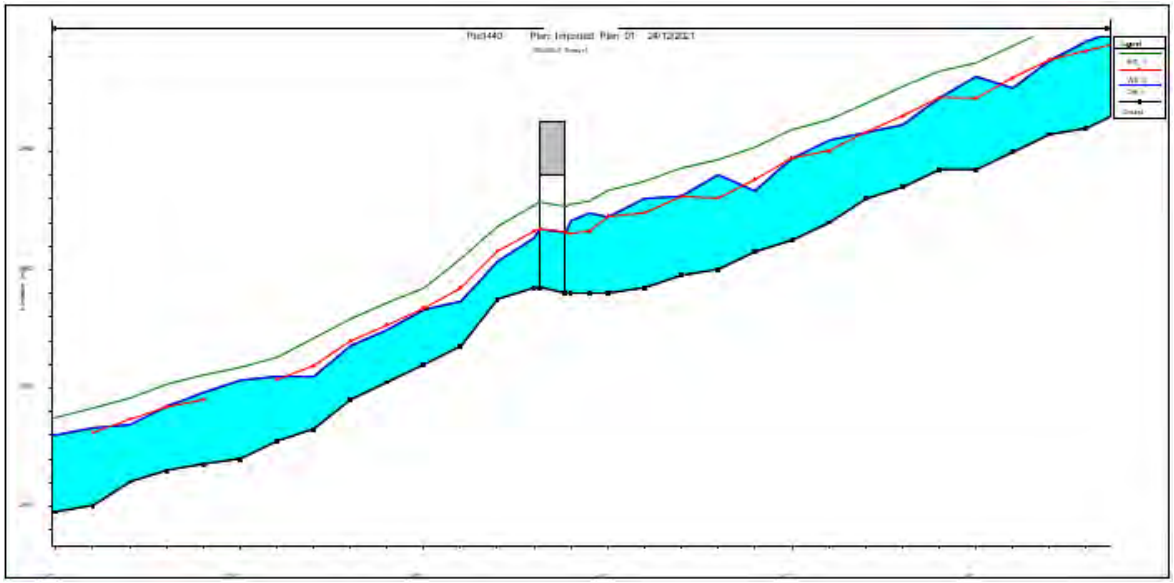


Figura 50
Perfil del flujo – Caudal 18.9 m3/seg



BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

Figura 51
Sección en el puente – Caudal 18.9 m3/seg

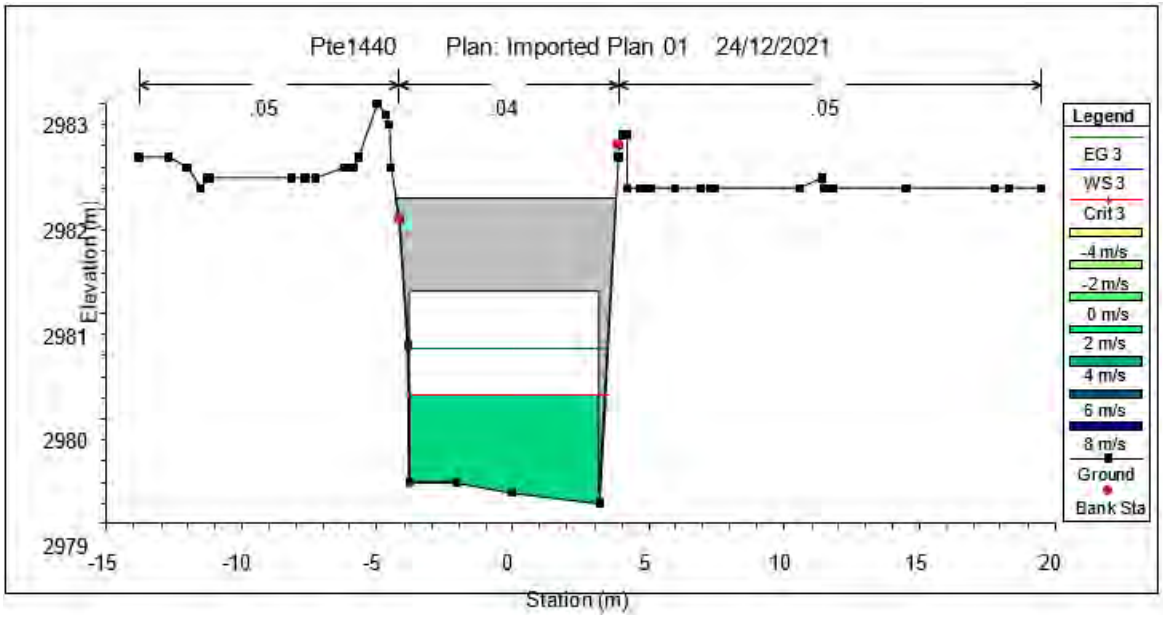


Tabla 24
Resultado del modelamiento – Caudal 18.9 m3/seg

Profile	Q Total (m^3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m^2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Inside BR US	18.9	2979.2	2980.2	2980.23	2980.7	3	6.4	7	0.9
Inside BR DS	18.9	2979.31	2980.3	2980.28	2980.8	3	6.27	7	1

5.7. Obras De Drenaje Existente

Los cursos de agua, los cruces de canales de riego, los cruces de tuberías y las quebradas principales se incluyen en la evaluación hidráulica, cruces de canales y estructuras de alivio de la vía donde actualmente se ubican estructuras de cruce tipo alcantarillas; asi como drenaje longitudinal y obras de drenaje.

5.7.1. Alcantarillas

Se han inventariado un total de 44 alcantarillas de diversos tipos como TMC, de concreto tipo losa, MC y PVC. Algunas se encuentran en buen estado y la mayoría en condiciones regulares, y malas; tienen dimensiones pequeñas, con capacidad hidráulica reducida. Por razones de incapacidad hidráulica y para facilitar el mantenimiento de las alcantarillas, se recomienda que estas sean cambiadas en su totalidad por estructuras de mayor capacidad.Se han inventariado un total de 44 alcantarillas de diversos tipos como TMC, de concreto tipo losa, MC y PVC. Algunas se encuentran en buen estado y la mayoría en condiciones regulares, y malas; tienen dimensiones pequeñas, con capacidad hidráulica reducida. Por razones de incapacidad hidráulica y para facilitar el mantenimiento de las alcantarillas, se recomienda que estas sean cambiadas en su totalidad por estructuras de mayor capacidad.

5.7.2. Badenes

No se han encontrado estructuras de badenes.

5.7.3. Cunetas

Las cunetas que existen son de concreto, algunos tramos se encuentran en buen estado, otros se encuentran colapsados y sin mantenimiento. Las cunetas revestidas no representan ni el 80% de la longitud de cunetas existentes. Se recomienda reemplazar y construir cunetas revestidas en todo el tramo, de sección rectangular en las zonas urbanas y de sección triangular en los tramos restantes.

5.7.4. Puentes

En el estudio se han ubicado en total (02) puentes. Estas estructuras se encuentran en regular estado de conservación, sin embargo, no reúnen las condiciones de diseño para la nueva vía, así como su capacidad hidráulica es insuficiente; por lo que es necesario el reemplazo en su totalidad.

5.7.5. Subdrenaje

No se han encontrado estructuras de subdrenaje.

5.7.6. Caja de entrega

A lo largo de la vía se identificaron canales de bajada, las que de acuerdo al diseño geométrico se establecerá su reemplazo.

5.8. Relación De Obras De Drenaje Proyectadas A Nivel Transversal

Describa la topografía, el estado de la vía, las estructuras existentes, las necesidades de drenaje y el comportamiento hidrodinámico de las quebradas que inciden en la estabilidad de la plataforma vial proyectada.

5.8.1. Parámetros de diseño y memoria de cálculo

Se ha utilizado el siguiente procedimiento para planificar y dimensionar las obras de drenaje transversal y longitudinal, basándose en la evaluación de campo:

5.8.1.1. Puentes mayores y menores

Numerosos elementos, tales como la sección hidráulica, el caudal, la pendiente, etc., influyen en el tamaño de la estructura que se va a desarrollar.

Basándose en el área de drenaje de la cuenca, se ha calculado el caudal de diseño para un periodo de retorno de 71 años en el caso de puentes menores y de 140 años para puentes mayores.

La simulación hidráulica se realizó utilizando el software, basándose en el caudal máximo de diseño y en los parámetros de diseño obtenidos durante el levantamiento topográfico y la evaluación de campo (coeficientes de rugosidad) El software HEC-RAS, desarrollado por el Centro de Ingeniería Hidrológica del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU., se utiliza para medir los niveles del agua aguas arriba y aguas abajo, así como el espacio libre de la estructura de cruce.

5.8.1.2. Cálculo de los coeficientes de rugosidad

Se utilizará el método de Cowan para calcular el coeficiente de rugosidad de Manning uno de los parámetros hidráulicos más críticos para determinar los perfiles de flujo en ríos y arroyos, ya que se adapta bien al tipo de información recopilada en las evaluaciones de campo.

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)\, m \qquad (1)$$

Dónde:

n0 = Coeficiente n básico

n1 = Coeficiente añadido por irregularidades del cauce.

n2 = Coeficiente añadido por variaciones en la forma y tamaño del cauce.

n3 = Coeficiente añadido por obstrucciones.

n4 = Coeficiente añadido por vegetación y condiciones de flujo.

m = Corrección por la cantidad de meandros en el cauce.

La tabla de rugosidad del libro Open-Channel Hydraulics de Chow proporciona el valor fundamental de «n».

El valor "n0", será 0.035 que le corresponde a cauces limpios, de orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente. A continuación, utilizando el método de Cowan, se le asignarán los diferentes factores de corrección que figuran en la tabla adjunta.

Tabla 25

Valores para utilizar el método de Cowan en el cálculo del coeficiente de rugosidad de Manning

Condiciones del canal		Valores	
n Básico	Ven Te Chow	n_0	0.032
Grado de irregularidad	Suave	n_1	0
	Menor		0.005
	Moderado		0.01
	Severo		0.02
Variaciones de la sección transversal	Gradual	n_2	0
	Ocasionalmente alternante		0.005
	Frecuentemente alternante		0.010-0.015
Efecto relativo de las obstrucciones	Insignificante	n_3	0
	Menor		0.010-0.015
	Apreciable		0.020-0.030
	Severo		0.040-0.060
Vegetación	Baja	n_4	0.005-0.010
	Media		0.010-0.025
	Alta		0.025-0.050
	Muy alta		0.050-0.100

5.8.1.3. Cálculo de Socavación

Para calcular la socavación se utilizará el caudal de diseño máximo correspondiente a un periodo de retorno (Tr) de 500 años. De acuerdo con la siguiente metodología, el análisis de socavación abordará la socavación local en los estribos, la socavación por contracción y la socavación general.

5.8.1.4. Socavación general

La capacidad de transporte del río y la composición del lecho son los principales factores determinantes de la socavación general.

Se utilizó el método de Lischt-Van Lebediev para suelos estratificados con el fin de calcular la socavación general; Su fundamento reside en hallar el equilibrio entre la velocidad media de la corriente y la velocidad media del flujo necesarias para erosionar un

material de diámetro y densidad conocidos. Puede aplicarse a suelos constituidos por material cohesivo y en situaciones en las que el material del subsuelo sea homogéneo o heterogéneo, o incluso cuando existan estratos.

La siguiente fórmula para estimar la socavación general en suelos granulares fue desarrollada por Lischt y Lebediev:

$$ys = \left[\frac{Q}{y_0^{5/3}.Be.\mu} \cdot \frac{y^{5/3}}{0.68 \quad \beta.Dm^{0.28}} \right]^{\frac{1}{x+1}}$$

Para el cálculo de la socavación general en suelos Cohesivos:

$$ys = \left[\frac{Q}{y_0^{5/3}.Be.\mu} \cdot \frac{y^{5/3}}{0.60 \quad \beta.\gamma_s^{1.18}} \right]^{\frac{1}{x+1}}$$

Para ambos casos:

Dónde:

Q : Descarga de diseño (m3/s)

y0 : Tirante medio de agua (m)

μ : La luz libre entre pilas y la velocidad media en la sección determinan el coeficiente que tiene en cuenta el efecto de contracción provocado por las pilas.

Be : Ancho medio del cauce (m)

B : Coeficiente que depende del periodo de retorno de la descarga de diseño.

Dm : Diámetro medio de partículas del lecho. (mm)

gs : Peso específico del material cohesivo (Ton/m3) (sumergido)

x : Coeficiente que depende del diámetro medio del material constituyente del lecho.

ys : Altura medida desde el nivel de agua hasta el cauce socavado. (m)

y : profundidad inicial de la zona comprendida entre el nivel del lecho en condiciones de caudal bajo y el nivel del agua durante una avenida. [m]

yg : Socavación general (m)

Los valores que se utilizarán en el enfoque de Lisch-Van Lebediev se presentan en las siguientes tablas:

Tabla 26

Valores del Coeficiente

Probabilidad Excedencia (%)	Período Retorno (años)	Coeficiente β
50	2	0,82
20	5	0,86
10	10	0,90
5	20	0,94
2	50	0,97
1	100	1,00
0,2	500	1,05
0,1	1000	1,07

Tabla 27

Valores del Coeficiente de contracción μ

Velocidad media en m/s	Longitud libre entre dos pilas (claro), en m.												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
Menor de 1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1	1	1	1	1	1
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1	1	1
2	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1
2.5	0.9	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1
3	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.9	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
4,00 o mayor	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

Tabla 28

Valores de x para suelos cohesivos y no – cohesivos

γ_σ (Kgf/m³)	X	γ_σ (Kgf/m³)	X	Dm (mm)	x	Dm (mm)	X
0.8	0.52	1.2	0.39	0.05	0.43	40	0.3
0.83	0.51	1.24	0.38	0.15	0.42	60	0.29
0.86	0.5	1.28	0.37	0.5	0.41	90	0.28
0.88	0.49	1.34	0.36	1	0.4	140	0.27
0.9	0.48	1.4	0.35	1.5	0.39	190	0.26
0.93	0.47	1.46	0.34	2.5	0.38	250	0.25
0.96	0.46	1.52	0.33	4	0.37	310	0.24
0.98	0.45	1.58	0.32	6	0.36	370	0.23
1	0.44	1.64	0.31	8	0.35	450	0.22
1.04	0.43	1.71	0.3	10	0.34	570	0.21
1.08	0.42	1.8	0.29	15	0.33	750	0.2
1.12	0.41	1.89	0.28	20	0.32	1000	0.19
1.16	0.4	2	0.27	25	0.31		

5.8.1.5. Socavación por contracción

Este tipo de erosión se produce en corrientes restringidas por espigones, diques, puentes y la acumulación de escombros en los vanos de los puentes. Es causada por el estrechamiento del cauce.

Ecuación para calcular la socavación por contracción con transporte de sedimentos (Laursen 1963)

Laursen (1963) desarrolló una ecuación para una contracción donde además del flujo en el canal principal hay flujo en las riberas que es forzado hacia el canal contraído y con transporte de sedimentos.

La ecuación para predecir la profundidad es:

$$\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^{\frac{6}{7}} \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{K_1} \qquad y_c = y_2 - y_0$$

Dónde:

y0 = Profundidad que existía en la sección estrechada antes de la erosión. [m]

y1 = Profundidad media del flujo aguas arriba del puente en el cauce principal (m)

y2 = Profundidad media del flujo en la sección contraída. (m)

yc = Profundidad de socavación por contracción (m)

Q1 = Flujo en la llanura de inundación o en el cauce principal de la sección de acceso.

Q2 = Caudal en la sección restringida de la llanura de inundación o del río principal.

W1 = Ancho de fondo de la llanura de inundación o del cauce principal de la sección de aproximación.

W2 = El ancho de fondo de la llanura de inundación o del cauce principal en el tramo contraído.

K1 = La siguiente tabla muestra el exponente K1 del modo de transporte de sedimentos:

Tabla 29

Valores de K1 en la ecuación de Laursen para erosión en contracciones

U*/w	K_1	Modo de transporte de sedimentos
< 0.50	0.59	Mayormente en contacto con el lecho
1.00	0.64	Algún porcentaje de material en suspensión
> 2.00	0.69	La mayor parte en suspensión

Dónde:

U* = Velocidad de cortadura en el canal de aproximación.

W = Velocidad de caída de la partícula d50 del material de fondo.

Ecuación para calcular la socavación por contracción sin transporte de sedimentos (Laursen 1960)

Además, Laursen (1960) propuso para la erosión por contracción en puentes en llanos aluviales sin transporte de sedimentos desde aguas arriba:

Dónde:

Q = Caudal a través de la contracción, (m3/s)

Dm = En la sección contraída, utilice (1,25 d50) o el diámetro medio del material (m).

W2 = Ancho del canal en el fondo de la contracción, (m)

y0 = Profundidad del agua (m) en la sección estrechada antes de la erosión.

yc = Profundidad de socavación por contracción (m)

5.8.1.6. Socavación local

Los estribos y diques de encauzamiento pueden estar sujetos a un amplio rango de condiciones de flujos de aproximación cuyo análisis es complejo por lo que resulta de suma utilidad emplear algún software hidráulico.

El informe HEC-18 de la FHWA presenta los resultados de las investigaciones realizadas hasta la fecha en los Estados Unidos, Cuando los estribos obstruyen el flujo, se genera un vórtice horizontal que se inicia en la cara aguas arriba del estribo y se desplaza a lo largo de su base, creando una onda de vórtice vertical aguas abajo. Este fenómeno se conoce como erosión en el estribo.

Para estimar la socavación en los estribos se utilizará la herramienta de diseño hidráulico de HEC-RAS (versión 3.1.3); este programa emplea relaciones desarrolladas por Froehlich y HIRE para proporcionar la mayoría de las variables necesarias para el cálculo.

Cuando, la longitud del acceso mojada (Lw), dividida entre la profundidad de aproximación del flujo (y1) es mayor que 25, se sugiere usar la ecuación de HIRE (Richardson 1990). Cuando la longitud del acceso mojada entre la profundidad del flujo es menor o igual a 25, se sugiere que se use la ecuación de Froehlich para estribos (Froelich 1989)

Fórmula de HIRE

La ecuación está basada en datos de campo de erosión en diques en el río Mississippi (obtenidos de USACE):

$$ys = 7.27\ y1\ K1\ K2\ Fr^{0.33}$$

Dónde:

ys = Profundidad de erosión (m).

y1 = Profundidad del flujo al pie del estribo en el canal principal o en las orillas tomado en una sección transversal justo aguas arriba del puente.

K1 = Factor de corrección para la forma del estribo (Tabla 2.10.16)

K2 = Factor de corrección para el ángulo de ataque (□) (Ver figura adjunta)

Fr = Número de Froude.

Tabla 30

Factor de corrección para la forma de estribos

TIPO	Estribo	K1
A	Paredes Verticales	1
B	Paredes Verticales con alas	0.82
C	Paredes internas inclinadas	0.55

5.8.1.7. Fórmula de Froehlich

La siguiente ecuación se obtuvo mediante regresión después de que el investigador examinara más de 170 mediciones de laboratorio de la socavación en estribos y diques:

$$ys = 2.27\ K1\ K2\ (L')0.43\ ya0.57\ Fr\ 0.61 + ya$$

Dónde:

ys = Profundidad de erosión (m).

ya = Profundidad del flujo en la sección de aproximación, en el pie del estribo situado en la llanura de inundación (m).

K1 = Factor de corrección para la forma del estribo (De la misma tabla que para HIRE)

K2 = Factor de corrección para el ángulo de ataque (□)

Fr = Número de Froude. Fr= (Ve/ (g ya) ^1/2)

L' = Longitud del estribo, dique de acceso proyectado normalmente al flujo (m)

Ve = Velocidad promedio del flujo de aproximación Ve = Qe/Ae (m/s)

Qe = Caudal obstruido por el estribo y dique en la sección de aproximación (m3/s)

Ae = Área del flujo en la sección obstruida por el estribo y dique (m2)

5.8.1.8. Alcantarillas

Las consideraciones para el diseño hidráulico son las siguientes:

- En comparación con las alcantarillas de cajón de hormigón armado, que incrementarían el costo del proyecto, las alcantarillas de tubería metálica corrugada (CMP) las sustituirán en su mayor parte con el fin de agilizar la construcción y reducir los gastos.
- Se reemplazarán alcantarillas TMC de 36" para alivio o descarga de cunetas.
- Reemplazar alcantarillas TMC de 48" para cruzar quebradas donde el flujo es de carácter temporal.
- Reemplazar alcantarillas Marco de Concreto Armado de 0.80mx0.80m, 1.0mx1.0m, 1.5x1.5m, en el cruce de quebradas con flujo permanente.
- Se contemplará la construcción de muros de cabecera de entrada tipo cajón y muros de cabecera de salida tipo ala en las entradas y salidas de las alcantarillas de alivio.

- Para las entradas y salidas de las alcantarillas que atraviesan barrancos, se deben tener en cuenta los muros de cabecera con aletas.
- Para dirigir el flujo y detener la erosión regresiva, instale muros de cabecera en la entrada y en la salida.
- Será equivalente al 25 % de la altura de la sección hidráulica para el bordo libre (FB).
- Coeficientes de rugosidad (n): El coeficiente de rugosidad de Manning que el programa asume para las alcantarillas varía según el tipo de material empleado; por ejemplo, las alcantarillas de metal corrugado (TMC) tienen un valor de rugosidad de 0,024 y para el marco de concreto armado considera 0.015.

5.8.2. Drenaje Longitudinal

5.8.2.1. Cunetas

Las cunetas se utilizan para controlar el agua superficial que escurre por la superficie de la carretera y los taludes de corte, dirigiéndola hacia el terreno natural o hacia estructuras de cruce.

El reemplazo de las cunetas se ha debido por:

- Condición estructural. - Debido a las condiciones de deterioro y fracturas que presentan los paños, se reemplazarán las existentes.
- Mejoramiento de trazo. - En dos tramos de curvas de volteo no se cumplen con los radios mínimos por lo que se ha ampliado para mejorar la geometría, esto ha significado trabajos de corte, proyectando cunetas tipo I al pie del talud de corte a proyectar.

5.8.2.2. En zonas urbanas

- En los bordes adyacentes a la vía existen muchas edificaciones, en su mayoría viviendas. Además, el ancho de las bermas laterales es muy angostas y en algunos casos inexistentes; por seguridad vial se está reemplazando las existentes por cunetas rectangulares con tapa y con rejilla.
- En tramos donde las viviendas son menos densas se esta proponiendo cunetas tipo I dependiendo de la topografía del terreno.

5.8.2.3. Verificación del caudal de diseño

Para determinar y verificar el caudal de diseño de las cunetas se ha utilizado el Método Racional considerando un periodo de retorno de 35 años.

Las longitudes de las cunetas, dependieron de la ubicación de las entregas (quebradas, depresiones, cursos de agua, etc.), ubicación de puntos bajos que presenta el perfil, de la carretera, pendiente de la rasante, canales de riego; siendo las longitudes variables entre 45 a 1000m.

En cada caso, el diseño hidráulico de estas estructuras tiene en cuenta el borde libre en aquellas zonas donde el deslizamiento o el derrumbe de material de los taludes de corte podría provocar obstrucciones.

$$Q_d = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

Donde:

Qm = Descarga máxima proyectada en m3/seg (Proveniente del estudio hidrológico)

Qd = Descarga de diseño de la obra en m3/seg.

$$Q_d = \frac{AR^{2/3}S^{1/2}}{n}$$

$$Q_m = CIA$$

$$Qd > Qm$$

5.8.2.4. Rugosidad

El coeficiente de rugosidad se presenta en la siguiente tabla según el tipo de zanja:

Tabla 31
Coeficiente de rigurosidad

Tipo de cuneta	Mínimo	Normal	Máximo
Canal revestido en concreto	0.014	0.017	0.02
Canal revestido albañilería de piedra	0.017	0.025	0.03
Canal sin revestir en tierra o grava	0.018	0.027	0.03

Fuente: MTC

Se adoptó para el cálculo un valor igual de n=0.015.

5.8.2.5. Velocidad admisible

De acuerdo a las características naturales de la topografía y la velocidad admisible será de 0.90m/seg. a fin de no producirse daños importantes por erosión en la superficie del terreno.

A. Caso 1. Cunetas existentes

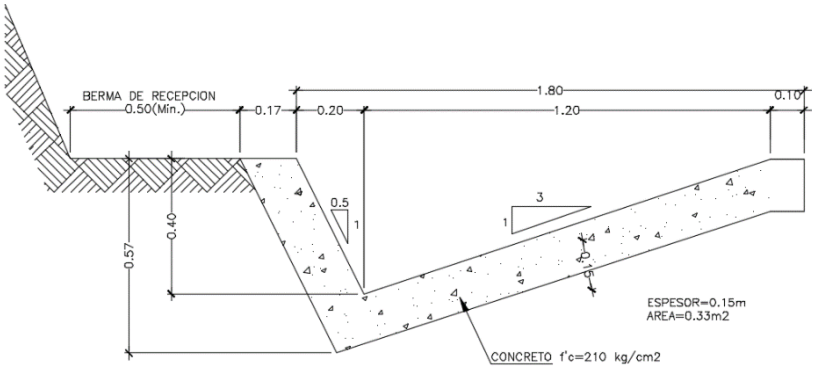
Los tipos de cunetas a mantener en este tramo son:

- Sección rectangular (variable), siendo la máxima sección 0.50mx0.50m, su función es la de conducción del agua procedente de aguas pluviales.

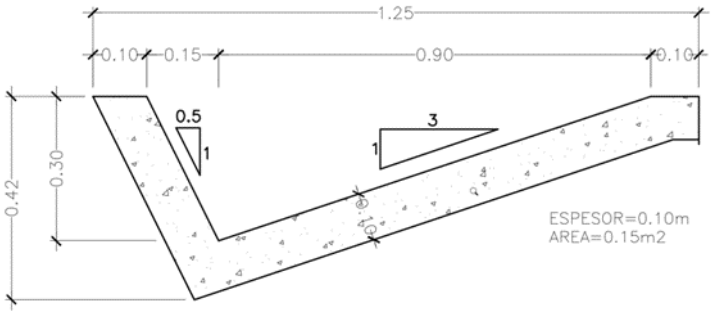
B. Cunetas a proyectar/ reemplazar

Las secciones mínimas adoptadas se basan en la capacidad actual de las cunetas, se desarrolló el diseño respectivo.

- Sección triangular tipo I: espesor de 0,10 m; inclinación del talud interior de la zanja de 3H:1V; talud exterior (talud de corte) de 0,5H:1V; tramos intermedios del talud con una profundidad de 0,40 m.

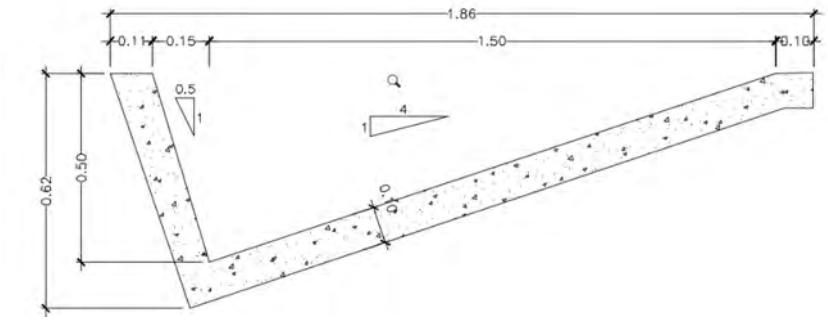


- Sección triangular Tipo II: en zonas de media ladera de talud de corte menor a 5.0m y con longitudes menores a 100.0m, revestida con h=0.30m, talud interior en la cuneta de 0.5H:1V, talud externo 3H:1V, espesor 0.10m.



BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

- Sección triangular Tipo III: (altura de 0.50m), en zonas de media ladera, revestida, en longitudes mayores a 200.0m, talud interior en la cuneta de 3H:1V, el talud externo (talud de corte) es ZH:1V siendo 0.5H:1V, espesor 0.10m.



- Sección rectangular con tapa (0.50m x0.50m): en zonas urbanas y en cruces vehiculares en las zonas rurales, en tramos de longitudes menores a 200.0m.
- Sección rectangular con tapa (0.80m x0.80m): en zonas urbanas y en cruces vehiculares en las zonas rurales, en tramos de longitudes menores a 100.0m
- En sectores críticos, que por razones de filtraciones llevan lloradores en los paños del talud externo.
- Las cunetas en el sentido del corte se recomienda bermas de recepción de 0.50m.

5.8.2.6. Subdrenes

A partir de la evaluación de campo se detectó sectores con problemas de acolchonamiento o saturación en la plataforma, así como filtraciones en el talud, que se corroboraron con la información de los estudios de suelos, geología – geotecnia.

Se tomará en cuenta la permeabilidad y estructura del suelo y en caso de las rocas lo referente especialmente a la fracturación, estratigrafía y secuencia de los estratos permeables y los impermeables.

Cabe mencionar que la relación entre los procesos hidrológicos y los del subsuelo depende de la topografía y del tipo de suelo, ya que no siempre es posible observar la trayectoria que sigue la precipitación infiltrada al atravesar medios porosos. Es por ello que, considerando las limitaciones tanto por la fecha de evaluación como la imposibilidad de desarrollar programas de exploración donde se tendrán corte cerrado o trabajos de corte donde se puede presentar vena de escurrimiento que aflore en el talud, deberá tenerse en cuenta sectores adicionales en el momento de la ejecución. Por tanto, las progresivas del

inicio y fin de los tramos de subdrenaje deberán ser verificados en forma conjunta entre el Contratista y Supervisor.

- **Análisis de las calicatas en los sectores de afloramientos de aguas identificados en campo:** De acuerdo al resumen de ensayos plataforma se ha analizado si los suelos del terreno encontrado están compuestos por orgánico o suelos con IP>7. Durante la evaluación de campo se han identificado sectores con afloramiento de agua que de acuerdo a las características del suelo e influencias de saturación sobre sectores geotécnicamente inestables se está considerando, para el caso de subdrenaje, un dren convencional.
- **Subdren Longitudinal TIPO I -dren convencional:** Para mantener la parte superior de la curva de descenso del nivel freático entre 1,00 y 1,50 metros por debajo de la subrasante de la carretera, el sistema de subdrenaje longitudinal debe ser capaz de captar y conducir el flujo proveniente tanto de la superficie del pavimento como del talud de corte situado bajo la cuneta.

  La determinación del caudal de diseño se estima de la siguiente forma:

$$Q_d = Q_i + Q_s + Q_h$$

Dónde:

Qd: Caudal de diseño.

Qi: Caudal por infiltración.

Qs: Caudal sub superficial.

Qh: Caudal debido a filtraciones puntuales estimado en campo.

Debido a la infiltración de la precipitación que cae directamente sobre la superficie, se ha considerado un ancho de 6 m para la estimación del caudal de infiltración directa, por lo que queda reducido a la siguiente expresión:

$$Q_i = I_R \times B \times L \times F_i \times F_r$$

Dónde:

Qi: Caudal por infiltración, cm3/s.

IR: Intensidad de lluvia (cm/s), para un Tr = 200 años, y tc = 10 min.

B: Ancho de infiltración (perpendicular al flujo), cm.

L: Longitud del subdren, valor máximo 200 m, cm.

Fi: Factor de Infiltración. (Tabla 8)

Fr: Factor de retención del suelo (Tabla 9)

Los valores de Fi y Fr, dependen de las características del suelo y se mantienen constantes a lo largo de este tramo.

5.8.2.7. Factor de infiltración

Tipo de suelo	Fi
Suelo muy bien conservadas	0.3
Suelos normalmente conservados	0.4
Suelos pobremente conservados	0.5
Carpeta de concreto de cemento Portland	0.67

Tipo de suelo Fi

Suelo muy bien conservadas 0.3

Suelos normalmente conservados 0.4

Suelos pobremente conservados 0.5

Carpeta de concreto de cemento Portland 0.67

Tipo de suelo	Fr
Suelos bien gradados, en servicio 5 años o más	0.25
Suelos bien gradados, en servicio menos de 5 años	0.33
Suelos mal gradados, en servicio 5 años o más	0.33
Suelos mal gradados, en servicio menos de 5 años.	0.5

El cálculo del caudal sub superficial se estima utilizando la fórmula de Darcy,

$$Q_s = K \times i \times A$$

Dónde:

K : Coeficiente de permeabilidad del suelo adyacente, cm/s.

i : Gradiente hidráulico.

A : área efectiva para el caso del abatimiento del nivel freático, cm2.

El gradiente hidráulico está dado por la siguiente expresión:

$$i = \frac{\Delta h}{x}$$

Dónde:

Δh : Pérdida de carga hidráulica (m)

x : distancia en la dirección del flujo m.

Considerando como condiciones desfavorables aquel subdrenaje de mayor longitud y menor pendiente.

5.8.2.8. Determinación del tipo de geotextil filtrante

El filtro ayuda a evitar la excesiva migración de los microelementos del suelo hacia el subdren y al mismo tiempo permitir la circulación del agua. Lo que conlleva a que el geotextil presente una abertura ilusoriamente amplia adecuada para detener el suelo, cumpliendo a la par con el valor permitido de permeabilidad que admite la circulación del flujo de manera eficiente.

Para llegar a la selección del geotextil hay que tener en cuenta, además: la resistencia a la colmatación, supervivencia y durabilidad, aspectos que se explican brevemente a continuación:

A. Criterio de retención

De acuerdo con lo establecido en "Geotextiles Engineering Manual" de la Federal Highway Administration (FHWA) y basado en el criterio de retención de Chistopher y Holz (1989), Carroll (1983), un geotextil debe cumplir con la siguiente condición:

$$TAA < D_{85} * B$$

Donde:

- TAA : Tamaño de abertura, dato suministrado por el fabricante. Corresponde a la abertura de los espacios libres (en milímetros).
- D85 : El 85 % del suelo pasa a través del filtro a un tamaño de partícula determinado (medido en milímetros). Para determinar este valor se utiliza la curva de distribución granulométrica del suelo.

B : Coeficiente de entre 1 y 3. El tipo de suelo que se está filtrando, las condiciones de flujo y el tipo de geotextil influyen en ello.

Para geotextiles no tejidos punzonados por agujas use B = 3. La AASHTO Task Force No 25 (1986), recomienda que los geotextiles mínimos deban cumplir:

$$TAA < 0.3 \text{ mm}$$

B. Criterio de permeabilidad

El coeficiente de permeabilidad es la propiedad hidráulica por medio de la cual el geotextil permite un adecuado paso de flujo perpendicular al plano del mismo; para revisar la permeabilidad del geotextil se debe tener en cuenta lo siguiente:

Para condiciones de flujo crítico, altas gradientes hidráulicas y buscando un correcto desempeño a largo plazo reduciendo los riesgos de colmatación se recomienda usar el criterio de Carroll (1983); Chistopher y Holtz (1985):

$$Kg > 10 * Ks$$

Donde:

Kg : Permeabilidad del geotextil.

Ks : Permeabilidad del suelo.

C. Criterio de colmatación

Este criterio tiene en cuenta la posibilidad de que algunos de los espacios queden obstruidos por partículas de suelo incrustadas. Por consiguiente, el geotextil debe contar con una determinada proporción de espacio vacío.

Debido a su espesor y elevada porosidad, los geotextiles no tejidos punzonados poseen una excepcional resistencia a la colmatación; la probabilidad de que un porcentaje significativo de sus aberturas se obstruya es muy baja.

Los requisitos establecidos por R. Koerner (1990) y por Christopher y Holtz (1985) indican que los geotextiles empleados como medio filtrante deben tener una porosidad superior al 50 %.

D. Criterio de supervivencia

El geotextil puede verse sometido a esfuerzos durante la instalación y a lo largo de su vida útil, los cuales debe soportar sin comprometer significativamente sus características hidráulicas y físicas. Los requerimientos de supervivencia han sido establecidos según las Especificaciones Técnicas Generales para construcción de Carreteras (EG-2013).

Geotextil Clase 2.

- E □ 50 % se adapta mejor al terreno
- Resistencia Grab: 700 N
- Resistencia al rasgado trapezoidal: 250 N
- Resistencia al punzonamiento: 250 N
- Resistencia "Burst": 1300 Kpa
- Resistencia a la costura: 630 N
- Resistencia a los rayos UV:50 % después de 500 horas de exposición.

Figura 52
Sector de afloramiento km 5+180 – km 5+210 lado derecho de la vía



E. Criterio de durabilidad

Los materiales geotextiles, al ser un producto compuesto por polipropileno, no pueden ser biodegradables ya que presentan una alta resistencia al ataque químico de los fluidos lixiviados.

Es poco recomendable el uso de los productos geotextiles como filtros en lugares donde puedan quedar a exposición de los rayos ultravioletas durante largo periodo de tiempo. En el que por cuestiones de instalación y funcionalidad de los geotextiles queden expuestos a los rayos antes mencionados, para la resistencia en condiciones de exposición a rayos UV deben estar compuestos por materiales resistentes a la misma.

F. Características de los Geotextiles

Criterio de Retención : TAA□ 0. 24 mm.

Criterio de Permeabilidad : Kg □0.05476

Criterio de Colmatación

Debido a su espesor y elevada porosidad, los geotextiles no tejidos punzonados presentan la mayor resistencia a la colmatación; existe una probabilidad muy baja de que un porcentaje significativo de sus aberturas llegue a obstruirse.

Tabla 32

Propiedades de los Geotextiles

PROPIEDADES	ENSAYO	UND.	VALOR MARV.
Resistencia a la Tracción "Grab"	ASTM D4632	N	700
Resistencia al desgaste trapezoidal	ASTM D4533	N	250
Resistencia a la perforación o punzonado	ASTM D4833	N	250
Resistencia al estallido	ASTM D3786	kPa	1300
Permisividad	ASTM D4491	Seg-1	0.1
Tamaño de abertura aparente (TAA)	ASTM D4751	mm	< 0.22
Estabilidad a los rayos ultravioletas	ASTM D4355	%	50%

G. Sección transversal del dren

El dren recorre longitudinalmente paralela a la vía, tiene una tubería perforada las siguientes circunstancias se aplican a la perforación de la tubería en relación con la configuración radial:

- Tamaño de las aberturas:

$$\frac{D_{85}}{D_{agujero}} > 1$$

Entonces:

Dagujero<D85

H. Área de abertura por metro de tubería

El área de la abertura debe ser de aproximadamente 3,2 pulgadas por metro lineal.

Se utilizará tubería de PVC de seis pulgadas para la tubería perforada.

Ancho B = 0.60 m.

Profundidad H = 1.20 m, para proporcionar una salida a las secciones de subdrenaje previstas, las profundidades se determinaron en función de las características topográficas.

La colocación de los subdrenes se hará de manera longitudinal por debajo de las cunetas en una zanja previamente preparada que estar compuesta por material filtro que bordeará la instalación de tubería acompañado de grava con un promedio de diámetro que se encuentra entre 3/4" a 2", la circulación se hará mediante tuberías PVC de □ 6", la

evacuación de líquidos mediante los drenes se protegerá con material geotextil que tienen alta resistencia en ese campo.

Los subdrenes que se encuentra ubicados de manera longitudinal serán conectados a subdrenes que se encuentran posicionados de manera transversal (sin perforar, sin filtro ni geotextil) que facilite la evacuación del flujo hacia otro talud que se encuentra ubicado en el exterior de la carretera, acorde a todos los detalles que se dilucidaran en los planos respectivos.

CAPITULO VI
GEODINAMICA

6.1. Geodinámica Interna

Debido a su ubicación en la zona de subducción de dos placas tectónicas, el Perú presenta generalmente dos fuentes sísmicas principales: la "fuente sismogénica marina", que abarca la plataforma continental y la fosa, y que es la causa de las catástrofes más graves y devastadoras. Aunque también existen sismos intermedios y superficiales (siendo estos últimos los más comunes), estos fenómenos catastróficos se originan a profundidades enormes (hipocentros). La otra es la fuente sismogénica continental, donde los eventos sísmicos son menos frecuentes y de menor magnitud debido a la distancia respecto a la zona de convergencia de las dos placas tectónicas; sin embargo, como demuestra la historia sísmica del país, ha habido excepciones, con terremotos que también se han originado en el interior del continente. Los eventos sísmicos en el continente se clasifican como superficiales (de 0 a 60 km), intermedios (de 61 a 300 km) y profundos (más de 301 km) según su profundidad, independientemente de su magnitud.

6.1.1. Sismos

Los sismos más importantes que afectaron la región y cuya historia se conocen se indican en:

Tabla 33

Relación de sismos ocurridos en la región Cusco

Fecha	Magnitud	Nombre	Epicentro	Zonas afectadas
12 de mayo 1650	7,5	Cuzco de 1650	Cerca del Cuzco, actual Departamento de Cuzco.	Sur y centro del Perú
17 de septiembre de 1707	7,0	Capi de 1707	Capi, Paruro, actual departamento de Cuzco	Actual Dpto. de Cuzco.
19 de noviembre, 1744	6,0	Cuzco de 1744	Cerca de Cuzco	Actual departamento de Cuzco.
11 de febrero, 1746	7,0	Urcos de 1746	Pueblo de Urcos, cerca de Cuzco	Actual departamento de Cuzco.
8 de octubre, 1831	7,0	Sur del Perú de 1831	?	Extremo sur del Perú y actual norte de Chile.
18 de septiembre, 1833	7,0	Sur del Perú de 1833	?	Sur del Perú y actual norte de Chile.
3 de diciembre, 1869	6,0	Abancay de 1869	Abancay, departamento de Apurímac	Dpto. de Apurímac.
18 de junio, 1931	7,0	Tinta de 1931	Tinta, provincia de Canchis, departamento del Cuzco	Afectados los pueblos de Tinta, Checacupe, Sicuani y Yanaoca.
5 de marzo, 1938	6,0	Acopía de 1938	Acopía, provincia de Acomayo, departamento del Cuzco	Pueblo de Acopía.
23 de junio, 1939	6,0	Acomayo y Canas de 1939	Distrito de Pomacanchi, provincia de Acomayo, departamento del Cuzco	Provincias de Acomayo y Canas
18 de septiembre, 1941	7,0	Cuzco de 1941	Cerca del Cuzco, departamento del Cuzco	Dptos. de Cuzco y Apurímac.
30 de enero, 1943	7,0	Yanaoca y Pampamarcde 1943	Distrito de Yanaoca, provincia de Canchis, departamento de Cuzco.	Pueblos de Yanaoca y Pampamarca.
21 de mayo, 1950	7,0	Cuzco de 1950	Cerca del Cuzco, departamento del Cuzco	Dpto. del Cuzco.
19 de julio, 1959	7,0	Sur del Perú de 1959	?	Dptos. de Arequipa, Moquegua y Tacna.
8 de noviembre, 1961	6,0	Acos de 1961	Distrito de Acos, provincia de Acomayo, departamento de Cuzco	
8 de mayo, 1965	6,0	Urcos de 1965	Distrito de Urcos, provincia de Quispicanchi, departamento de Cuzco	Pueblo de Urcos.
14 de octubre, 1971	6,6	Aymaraes de 1971	Provincia de Aymaraes, departamento de Apurímac.	Prov. de Aymaraes.
6 de abril, 1986	6,0	Cuzco de 1986	Límites de los dptos. de Cuzco y Madre de Dios	Región Central-Sur.
3 de abril, 1999	6,0		Suroeste del Perú.	Costas del departamento de Arequipa.

6.1.2. Sismicidad en la región de cusco

Existen datos históricos mínimos sobre la zona de influencia andina del proyecto, según un estudio de la información actualmente disponible. Dado que las ciudades más importantes de esta zona se construyeron después del siglo XVI, la mayor parte de los datos corresponde a terremotos ocurridos principalmente cerca de la costa central y meridional.

Es posible que se hayan producido terremotos de magnitud considerable en zonas remotas; por consiguiente, la actividad sísmica registrada no es del todo típica.

Teniendo en cuenta lo anterior, la región de Cusco presenta antecedentes de actividad sísmica —tanto histórica como registrada instrumentalmente— asociada a fallas activas situadas entre Cusco y Abancay; los eventos más significativos tuvieron lugar entre 1950 y 1986.

Debido a la mayor profundidad del plano de subducción y a la fricción cortical en la zona donde se ubica el proyecto, pueden producirse terremotos a mayor profundidad; sin embargo, por lo general no superan los 100 km. Como resultado, esta zona es la de mayor actividad sísmica. Además, es necesario tener en cuenta la actividad sísmica derivada de la reactivación de determinadas fallas geográficas.

La zona de estudio suele situarse en un área de riesgo sísmico de moderado a alto, lo que significa que existe la posibilidad de que se produzcan terremotos de gran magnitud. La zona se encuentra en un área donde pueden ocurrir terremotos de intensidad VII en la escala de Mercalli Modificada, según el mapa de regionalización sismotectónica elaborado por J. Alva (1974) (véase la Figura 5-1. Debido a la elevada actividad sísmica de la región, es preciso tener en cuenta diversos factores al llevar a cabo actividades que modifiquen el entorno físico. Las dimensiones del relieve, el grado de disección, la litología, la fracturación, la meteorización, etc, son facetas significativas de ellos. En consecuencia, es importante señalar que las regiones con afloramientos rocosos son mayoritariamente colinosos, están compuestos principalmente por sedimentos finos de baja cohesión, lo que los hace vulnerables a deslizamientos y derrumbes tras un gran terremoto.

La región de estudio presenta un factor de zona de 0,25 g y se encuentra en la Zona 2 de la zonificación sísmica del Perú (véanse las imágenes 13 y 14).

Figura 53

Mapa de Intensidades Sísmicas

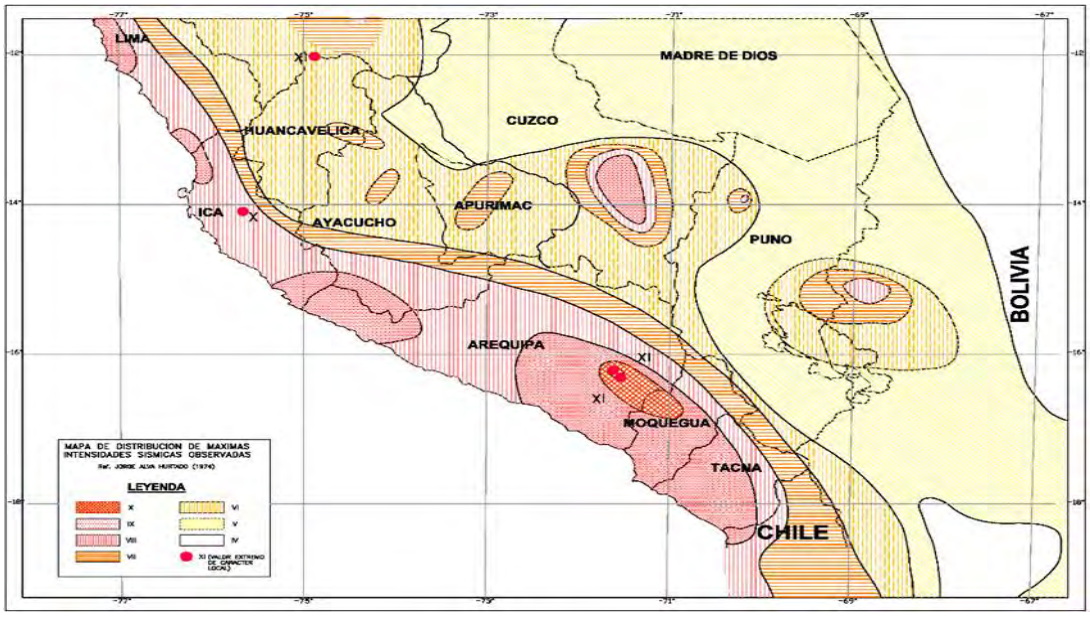


Figura 54
Mapa de Zonificación Sísmica del Perú



6.1.3. Cronología sísmica

El libro de 1981 de Enrique Silgado y Alberto Giesecke, *Terremotos en el Perú*, ofrece un resumen histórico de los terremotos que han afectado a las regiones del Perú, tal como se describe a continuación:

- El pueblo de Yanaoca y todos sus habitantes perecieron en un terremoto que ocurrió en 1581.
- Un terremoto ocurrido a las 2:00 p. m. del 31 de marzo de 1650 destruyó la mayor parte de las edificaciones de Cusco y todas sus iglesias, dejando en ruinas a Abancay, Andahuaylas y otras localidades vecinas. Toda la meseta del Collao quedó devastada por este terremoto, que llegó hasta Sicasica (Bolivia), según los Anales del Cusco. El padre Juan de Córdova describe más pérdidas y repercusiones, relatando; Todo en el pueblo de Yaurisque quedó destruido; doce personas perecieron y los muros de la localidad se derrumbaron. Mientras se dirigían de Cuchoa al asentamiento de Marcapata, el bachiller Juan de Arenas y veinte indígenas se ahogaron. En las

montañas de Písac y Paucartambo se produjeron importantes deslizamientos de tierra, uno de los cuales bloqueó el curso del río Apurímac. Había múltiples grietas en el suelo, y el nivel freático y la escorrentía cerca de la localidad de Oropesa se vieron alterados. Para el 3 de abril, se habían registrado más de 260 sismos en Cusco; de ellos, más de 30 tuvieron una intensidad similar a la del primero, aunque duraron menos tiempo. Este movimiento se percibió en Lima y alcanzó intensidades que provocaron algunos daños.

- Cincuenta personas murieron a consecuencia de un terremoto que sacudió la localidad de Capi el 17 de septiembre de 1707, en la provincia de Paruro, departamento de Cusco.
- Un terremoto sacudió Cusco a las 6:30 a. m. del 19 de noviembre de 1744, derribando los muros de varias casas y la bóveda de la iglesia de La Merced. La magnitud estimada del sismo fue de 6,0, y cayeron estatuas de la Catedral y de otras iglesias.
- El 11 de febrero de 1746 se registraron nueve u once terremotos en la localidad de Urcos, los cuales destruyeron numerosas viviendas y dañaron iglesias. En la provincia de Acomayo, la iglesia se derrumbó. Hasta el 15 de febrero, se contabilizaron casi 90 réplicas.
- Los caseríos de Casaya, Soraya, Tarray Puente, Huayquipa y Soica fueron destruidos por un potente terremoto que azotó las provincias de Aymaraes, Departamento de Apurímac, a las 16:33 horas del 4 de noviembre de 1913 y las localidades de Colcabamba, Amoray y otras sufrieron daños considerables; cerca de 150 personas perdieron la vida. La capital provincial, Chalhuanca, sintió con fuerza los temblores, Los edificios en la capital departamental de Abancay sufrieron algunos daños, pero la intensidad del terremoto disminuyó considerablemente a medida que se desplazaba hacia el norte, cerca de Andahuaylas y Ayacucho.
- Las autoridades informaron que el 9 de abril de 1928, al mediodía, se produjo un terremoto en la provincia de Carabaya,
- La zona más gravemente afectada fue un área rectangular de 50 metros de longitud que se extendía entre 1 y 4 km de anchura a lo largo del río Esquilaya hasta su confluencia con el río Inambari; la ladera colapsó a lo largo del río, crearon una represa natural que terminaría por romperse; el movimiento se sintió con fuerza en

las localidades de Putina, Caserío de Vilqueshico y Cuyocuyo, así como en las ciudades de Puno, Cusco y Huancané; los deslizamientos causaron dos víctimas mortales y dejaron ocho personas desaparecidas.

- Un fuerte terremoto de grados VI-VII sacudió Cusco alrededor de las 8:15 a. m. del 18 de septiembre de 1941, causando daños en numerosas viviendas, edificios públicos, iglesias y capillas. Abancay, así como las localidades de Pararca y Occidental, sintieron el temblor. La distancia al epicentro fue de 510 kilómetros, según datos de sismogramas de La Paz, Bolivia.
- Más de la mitad de los edificios y viviendas de Cusco resultaron dañados cuando un terremoto sacudió la ciudad a la 1:28 p. m. del 21 de mayo de 1950. Se registraron alrededor de 275 heridos y cerca de 120 víctimas mortales. El valle de Cusco (aproximadamente 12 km²) fue la zona epicentral, rodeada por una región de 500 km² que sufrió daños de menor magnitud. El movimiento se percibió en un área elíptica de 16.000 km² delimitada por los meridianos 71°15' y 72°55' de longitud oeste y los paralelos 13°13' y 14°30' de latitud sur. Se estimó que la intensidad en la zona epicentral alcanzó el grado VII de la escala de Mercalli Modificada (MM), afectando a las estructuras: Las iglesias reliquias arquitectónicas construidas hace entre 250 y 300 años, con techos abovedados de ladrillo y muros de bloques de piedra figuraban entre las estructuras más gravemente dañadas por el terremoto, sustentados en arcos de piedra. Los campanarios fueron los que sufrieron mayores daños, y algunos de ellos se derrumbaron. Las construcciones más antiguas de adobe, piedra y ladrillo también quedaron gravemente destruidas; se constató que muchas edificaciones de adobe, así como aquellas que combinaban adobe con piedra o ladrillo, se vieron afectados por el potente terremoto que ocurrió el 18 de diciembre de 1941, y su destrucción se consumó en 1950. En la vertiente sur del valle, al sureste de la localidad de San Sebastián, se observó tras el terremoto un tramo de 5 kilómetros con fisuras generalizadas. Las fisuras presentaban formas irregulares y cavidades cuya profundidad oscilaba entre unos pocos centímetros y dos metros, y tanto en condiciones secas como húmedas, con longitudes que van de 10 a 50 metros. Los deslizamientos de tierra fueron pequeños y ocurrieron principalmente en terraplenes de grava aluvial y en algunas laderas empinadas. Numerosas estatuas

cayeron de sus pedestales como consecuencia de los diversos efectos y, en ciertos casos, el bloque superior giró cinco grados en sentido contrario a las agujas del reloj y se desplazó, perdiendo la alineación en su parte central. En el lado sur del valle, el nivel freático ascendió y apareció una lámina de agua de entre diez y cuarenta centímetros en lugares que habían estado casi secos antes del terremoto. Una semana y media después del sismo, se llevaron a cabo investigaciones adicionales. A partir de las intensidades registradas, se calculó que la profundidad focal era de unos 9 km.

- El pueblo de Urcos fue el epicentro de un terremoto devastador que ocurrió a las 17:23 horas del 8 de mayo de 1965, provocando deslizamientos de tierra en las laderas y registrando una intensidad de VI en Urcos y de III en la escala MMI en Cusco.
- Un fuerte temblor sacudió Cusco el 3 de enero de 1980, con una intensidad de IV en Cusco y de V-VI en Limatambo, Urubamba y Pisac.
- Un terremoto de magnitud 5,8 en la escala de Richter se produjo el 5 de abril de 1986 a las 3:15 p. m. el Instituto Geofísico del Perú estima que la máxima intensidad en la escala de Mercalli Modificada fue de VI, a unos 20 kilómetros al noroeste de Cusco. Monumentos históricos, viviendas de adobe e incluso estructuras de hormigón armado y mampostería de ladrillo sufrieron graves daños en la zona central de la ciudad de Cusco. Muchas edificaciones de adobe resultaron afectadas, presentando diversos tipos de fallas, y muchas de ellas ya habían sido restauradas tras el terremoto de 1950.

En la zona de estudio se registró actividad sísmica a 68 kilómetros de la capital. Así lo informó Alejo Ravelo, ingeniero de la oficina desconcentrada del Instituto Nacional de Defensa Civil en Cusco.

El último terremoto de 2016, ocurrido el jueves pasado a las 9:17 p. m. a una profundidad de 118 kilómetros, registró una magnitud de 4,8 en la escala de Richter. Según los informes, el temblor se sintió con mayor intensidad cerca de Manu.

Un segundo evento sísmico, según Ravelo, se registró a las 10:14 p. m. de ese mismo jueves entre Puno y Madre de Dios (en la zona de Sandia), a 57 kilómetros al suroeste de Puerto Maldonado.

El funcionario del INDECI declaró que la profundidad de este segundo evento fue de 109 km y su magnitud de 4,8 en la escala de Richter, según la medición basada en la escala de Mercalli.

En ese entender en la zona de estudio no se evidencia eventos catastróficos para una modificación de la geomorfología; ya que los registros sísmicos son de baja intensidad, y más aún para el trabajo que se está realizando que viene hacer un mejoramiento de carretera no tiene mucha significación en cuanto a deformaciones en la carretera.

6.1.4. Sismo tectónico

En cuanto a las fuentes sismogénicas más importantes, el terremoto ocurrido el 25 de mayo de 1950, con una magnitud de 6,0 Ms, se sitúa casi directamente sobre la ciudad de Cusco. Los hipocentros son mayoritariamente de tipo intermedio, y la mayor actividad sísmica se concentra al sur y sureste de Cusco. La actividad sísmica regional más intensa continúa localizándose al suroeste de Cusco, según la distribución de la actividad sísmica con epicentros detectados por la red del IGP durante el periodo 1983–1986, Sin embargo, actualmente se producen terremotos en otros lugares. Al oeste de Cusco existen hipocentros muy superficiales (0–33 km) y superficiales (33–70 km). Los sismos que se presentan al sur y al suroeste del Cusco, son abundantes y de carácter intermedio (71-300 Km.), se relaciona con una estructuración de bloques (Deza 1985, Ascue 1997). Según Cabrera (1988) y Sebrier (1986), las fallas activas del sistema Tambomachay-Qoricocha, situadas al norte de Cusco, están vinculadas a los terremotos recientes más notables de la ciudad, Basándose en abundante evidencia tectónica y volcánica, este sistema de fallas parece formar parte de la zona de transición entre las mesetas mesozoicas y la Cordillera Oriental, la cual es conocida por su actividad reciente. Se menciona que el sistema Tambomachay es la fuente principal de la ocurrencia de los últimos sismos locales (como el de 05 – 04 – 1986) y que el sistema de callamiento Qoricocha es subsidiario al de Tambomachay y se activa constantemente como consecuencia del proceso dinámica del callamiento Tambomachay (Deza 1986).

6.1.5. Cálculo de aceleraciones máximas probables

La medición directa de las aceleraciones experimentadas por la superficie del suelo se denomina aceleración sísmica y se utiliza en relación con los terremotos. En la ingeniería sísmica, es una medida fundamental. La intensidad del campo gravitatorio ($g = 9{,}81\ m/s^2$) se utiliza habitualmente como unidad de aceleración. Es una medida de intensidad más que

de magnitud porque, a diferencia de otros métodos de cuantificación de terremotos como la escala de Richter o la escala de magnitud de momento, no cuantifica la energía total generada por el sismo. La aceleración sísmica se correlaciona fácilmente con la escala de Mercalli y puede medirse con acelerómetros básicos. El valor utilizado para elaborar las normas sísmicas y definir las zonas de riesgo sísmico es la aceleración sísmica, que es la métrica de terremotos más empleada en ingeniería. Los daños en infraestructuras y edificaciones durante un terremoto guardan una correlación más directa con la aceleración y la velocidad sísmicas que con la magnitud del temblor. Si bien la velocidad sísmica cobra una importancia creciente en terremotos de gran intensidad, la aceleración constituye un indicador fiable de los daños en terremotos de magnitud intermedia. Debido a su naturaleza empírica ya que se desarrollaron en Estados Unidos para suelos firmes en emplazamientos situados a más de 20 kilómetros de la falla sismogénica, la aplicación de cualquiera de estas expresiones está muy limitada, aunque pueden ayudarnos a obtener una idea aproximada de la situación. La siguiente tabla ilustra la asociación más directa entre la aceleración máxima y la escala de Mercalli:

Tabla 34

Aceleraciones Sísmicas Según Escala Mercalli

Escala de Mercalli	Aceleración sísmica (g)	Percepción del temblor	Potencial de daño
I	< 0.0017	No apreciable	Ninguno
II-III	0.0017 – 0.014	Muy leve	Ninguno
IV	0.014 – 0.039	Leve	Ninguno
V	0.039 – 0.092	Moderado	Muy leve
VI	0.092 – 0.18	Fuerte	Leve
VII	0.18 – 0.34	Muy fuerte	Moderado
VIII	0.34 – 0.65	Severo	Moderado a fuerte
IX	0.65 – 1.24	Violento	Fuerte
X	> 1.24	Extremo	Muy fuerte

Fuente: Ingemmet

Examinemos la siguiente tabla, que detalla las consecuencias típicas de terremotos de distintas magnitudes cerca del epicentro, para hacernos una idea de los daños o efectos de un sismo en función de su magnitud.

Tabla 35
Magnitud De Sismo – Escala Richter

Magnitud Escala Richter/ momento	Descripción	Efectos de un sismo	Frecuencia de ocurrencia
Menos de 2,0	Micro	Los microsismos no son perceptibles.	Alrededor de 8 000 por día
2,0-2,9	Menor	Generalmente no son perceptibles.	Alrededor de 1 000 por día
3,0-3,9		Perceptibles a menudo, pero rara vez provocan daños.	49 000 por año.
4,0-4,9	Ligero	Movimiento de objetos en las habitaciones que genera ruido. Sismo significativo, pero con daño poco probable.	6 200 por año.
5,0-5,9	Moderado	Puede causar daños mayores en edificaciones débiles o mal construidas. En edificaciones bien diseñadas los daños son leves.	800 por año.
6,0-6,9	Fuerte	Pueden llegar a destruir áreas pobladas, en hasta unos 160 kilómetros a la redonda.	120 por año.
7,0-7,9	Mayor	Puede causar serios daños en extensas zonas.	18 por año.
8,0-8,9	Gran	Puede causar graves daños en zonas de varios cientos de kilómetros.	1-3 por año.
9,0-9,9		Devastadores en zonas de varios miles de kilómetros.	1-2 en 20 años.
10,0+	Épico	Nunca registrado; ver tabla de más abajo para el equivalente de energía sísmica.	En la historia de la humanidad (y desde que se tienen registros históricos de los sismos) nunca ha sucedido un terremoto de esta magnitud

Fuente: Ingemmet

6.2. Geodinámica externa

El estudio de la geodinámica externa examina cómo la capa superficial de la Tierra se ve afectada por el viento, las aguas continentales, los mares, los océanos, el hielo, los glaciares y la gravedad; La topografía y el paisaje rocoso son destruidos y modelados gradualmente por estos eventos, y su actividad libera elementos que finalmente se depositan para formar rocas sedimentarias. Igualmente, los efectos resultantes sobre las formas del relieve, evolución y proceso de modelado, es investigado por la geomorfología (Guevara, 2008). La ruta se sitúa en una región donde los procesos geodinámicos externos son frecuentes y la topografía es cambiante y heterogénea.La pérdida de estabilidad de las laderas está condicionada por la topografía, los rasgos estructurales y las variaciones litológicas. Analizaremos los principales fenómenos observados en esta zona.

6.3. Movimientos en masa

El término movimientos en masa incluye todos aquellos movimientos ladera abajo de una masa de roca, de detritos o de tierras por efectos de la gravedad (Cruden, 1991).

6.4. Tipos de movimientos

6.4.1. Deslizamientos

Los deslizamientos en la mayoría de los casos son generados debido a la poca unión entre los materiales rocosos y la tierra a causa del fracturamiento. Acotando a ello la desestabilización de los taludes por socavación lateral influyen de manera directa. Otro factor clave a mencionar es la impregnación de agua en terrenos poco estables ocasionados

por filtración de aguas pluviales, o por influencia de la napa freática (agua subterránea) lo que conlleva a la fluidez de todos estos materiales. Cabe destacar la importancia de la actividad sísmica que puede reactivar o activar deslizamientos, sin dejar de lado la intervención humana en la prevención de estos desastres mediante la construcción de canales de irrigación carreteras y caminos.

En la población de pisaq existen lugares donde se visualiza estos fenómenos, ya que presentan alto riesgo. Dichos fenómenos se dieron en lugares como Cuyo Chico, Ruinas de Pisaq, y cerro Chacachimpa. Muy aparte de los deslizamientos existen otros de menor magnitud, que se puede llegar a observar en lugares como la quebrada de kitamayo también muchos otros deslizamientos manifestados a través de asentamientos de la plataforma de la carretera con agrietamientos de la superficie de rodadura.

6.4.2. Aluviones

Los aluviones hacen referencia a toda masa de grava y bloques de rocas con un núcleo arcillozo o limo arenoso que se da como resultado de las erosiones de gran impacto en la quebrada y en muchas situaciones están asociados a deslizamientos.

La ubicación de la ciudad de pisaq se encuentra en el estuario de la quebrada culispata (kitamayo), que dio origen a una abanico aluvial debido a la influencia de múltiples eventos aluvionicos de antaño que tienen su origen en la misma quebrada. Llegando a evidenciarse debido a los cortes de talud ya sean de tipo naturales o artificiales, espacio en el cual también se puede llegar a divisar múltiples fenómenos de geodinámica externa.

Del mismo modo se puede apreciar diferentes conos aluviales en la desembocadura de la quebrada chaupihuayco quien tiene la misma procedencia del abanico aluvial culispata y además tiene un ámbito donde se observan fenómenos de geodinámica externa de mayor peligrosidad, como los deslizamientos que se encuentran activos.

Estos flujos son particularmente frecuentes en los depósitos fluvioglaciares a lo largo de la carretera, entre los kilómetros 16+000 y 18+440; aunque ocasionalmente cubren la depresión de la vía, son manejables y no causan daños.

Figura 55
Flujo de detritos en depósitos fluvioglaciares km 16+750



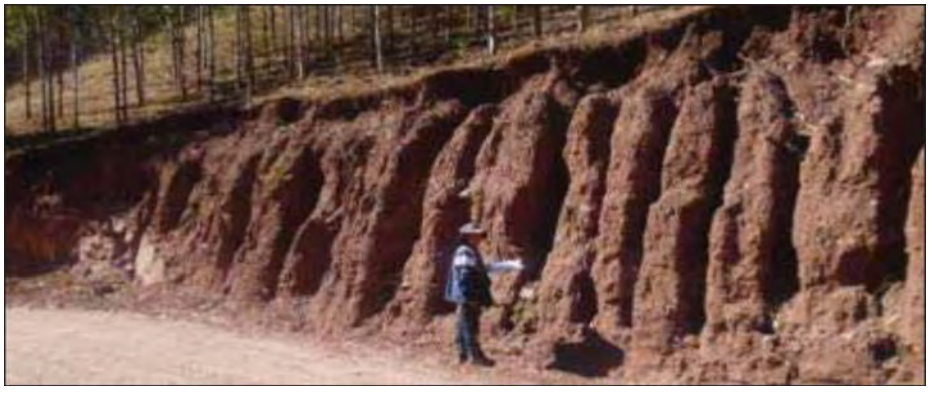
6.4.3. Carcavas

Son depresiones erosivas, que se desarrollan en quebradas secas, laderas o superficies de taludes de corte, que se dieron como consecuencia de las aguas de lluvia generando así una erosión fuerte, acareando problemas como depresiones retroprogresivas, dicho de otro modo, indica que la erosión aguas arriba está progresando. Las socavaciones no controladas pueden provocar colapsos o problemas de deslizamiento en el futuro.

En las laderas de las quebradas y en algunas superficies de los taludes de corte se puede llegar a observar una cantidad alarmante de zanjas que en épocas de lluvia pueden ser activadas en un momento inoportuno lo que conllevaría incluso a la fragmentación de las rocas o la misma deforestación del espacio donde se encuentra.

Se recomienda disponer zanjas de coronación en los extremos de estos tramos (3+620 a 3+660 y 3+810 a 3+830).

Figura 56
Erosión en surco originada por lluvias torrenciales KM 3+620 al 3+660



En la figura siguiente se muestra los procesos de geodinámica externa existentes en el ámbito de estudio, en donde se puede apreciar que el acceso vial hacia el Santuario de Pisaq en su mayor parte se encuentra comprometido con estos procesos de geodinámica externa.

6.4.4. Agrietamiento de plataforma

Tanto los elementos naturales (aguas superficiales y subterráneas) como las actividades humanas (fricción de los neumáticos, deterioro derivado del uso inadecuado de las cunetas de drenaje por parte de los habitantes locales) contribuyen a la erosión de la plataforma de la carretera. El agua desviada de la cuneta lateral es la causa principal del deterioro de la carretera San Salvador-Occoruro, tal como se observa en la fotografía n.º 17. Este daño se ve agravado por un mantenimiento deficiente.

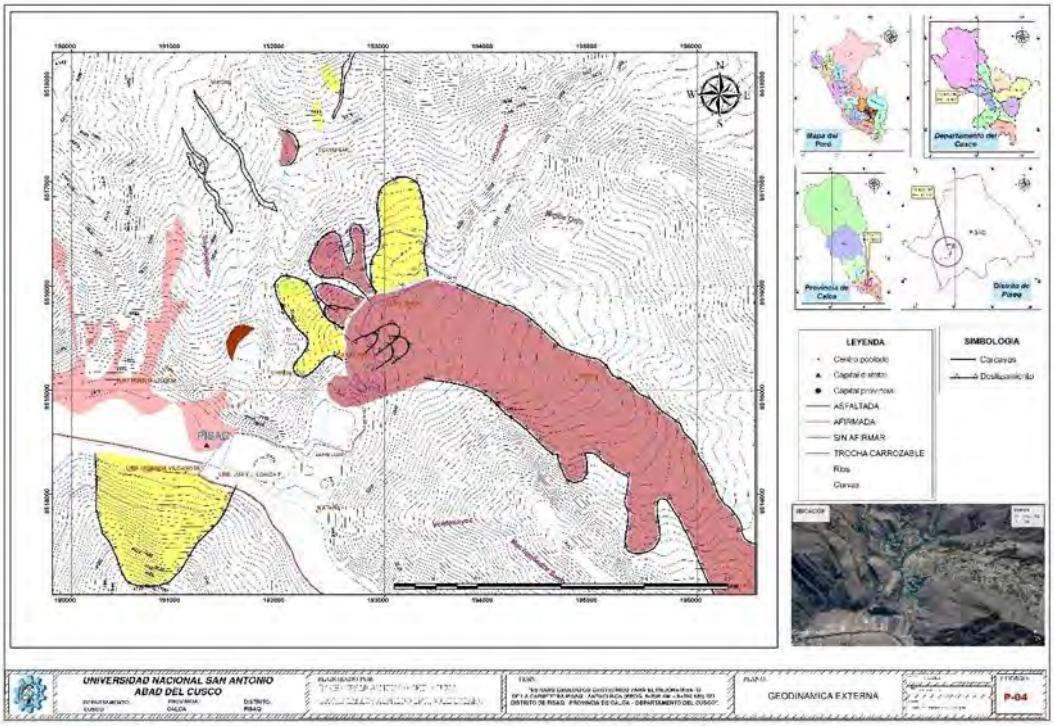
Figura 57

Grietas originadas por mal uso de las cunetas de hasta 5cm de profundidad



Figura 58

Mapa de Geodinámica externa



BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

CAPITULO VII
GEOTECNIA

7.1. Generalidades

Los estudios geotécnicos viales son fundamentales, ya que garantizan que la carretera cumpla con su vida útil prevista y no sufra fallos estructurales, al tiempo que se ajusta estrictamente a los criterios legales. La investigación geotécnica se llevó a cabo para evaluar las características del emplazamiento y determinar si el terreno es apto o requiere tratamiento, con el fin de orientar el diseño de las estructuras proyectadas.

7.2. Clasificación de la carretera

La función, la demanda y las condiciones orográficas de una carretera pueden utilizarse para clasificarla según las normas de diseño vial.

La Carretera del Estudio se clasifica:

- Según su Función: El tramo Km 0-+000 al Km 6+800 Emp CU-112 (Maska), es parte de la red Vial departamental, con código CU-112, la misma que va de Pisaq a Paucartambo y el Tramo Km 6+800 Emp CU-112 (Maska) – km 9+200 Parque Arqueológico de Pisaq (Intihuatana Alto), según Resolución Ministerial N° 2062017 MTC/01.02 pasa a denominarse Ruta CU-140, recategorizando la vía a Departamental, sustituyendo a la anterior ruta vecial Emp CU-962 – Parque Arqueológico Pisaq.
- Según las Condiciones Orográficas: el tramo objeto del estudio es de tipo 3 (Accidentada) y 4 (Terreno escarpado).
- Considerando los valores que se han obtenido en el Estudio de Tráfico de la vía, se ha clasificado la vía como una Carretera de Segunda Clase en toda su extensión.

7.3. Estudio de suelos

La investigación del terreno en general se realiza en 2 etapas; inicialmente la prospección Insitu (campo) y luego de una prueba se realizará un estudio en laboratorio.

7.3.1. Exploración de campo

La investigación de campo se realizara por medio de la producción de calicatas de 1.5m de hondura donde se englobe la capa de rodamiento y la sub-rasante o suelo natural, y conforme a la ley estas calicatas se realizaran cada 500 m, sin embargo tomando las consideraciones de las limitaciones de la presente tesis se tomó necesario hacerlas en

sectores críticos para posteriormente realizar la elaboración del perfil estratigráfico del subsuelo (preliminar) así como las correlaciones correspondientes mediante la sectorización, y para la investigación de suelos y rocas recomienda la aplicación de la norma ASTM D-420-69; se hará un estudio perceptivo, y la categorización del terreno según SUCS por medio de pruebas en laboratorio conforme las mismas reglas; estas pruebas en laboratorio nos proporcionaran información geotécnica necesaria para entender las propiedades que manifiesta principalmente la Sub-rasante, ya que sobre esta se edificaran las posteriores construcciones para el asfaltado. Asimismo, se realizará la compilación de pruebas sobre rocas para su consecutivo tallado con dimensiones 1:2; y estos corresponderán a ser expuestos a pruebas de compresión uniaxial, o compresión simple conforme a la regla ASTM D2938 y establecer el soporte de las rocas de los Grupos Copacabana y Mitu las cuales surgen a lo extenso de la vía Pisaq – Antachaca.

7.4. Ensayos en laboratorio

Para la estimación del terreno en la vía de Pisaq - Antachaca se realizaron las pruebas correspondientes, las cuales se rigen al Consulte los apéndices del «Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos; Sección de suelos y pavimentos».

7.4.1. Perfil de suelo

El perfil estratigráfico típico del suelo de apoyo de la cimentación en la zona del estudio, representan un suelo de origen coluvial, el cual está conformado por gravas arenosas en una matriz limosa arcillosa, no plástico, e in-situ de baja a mediana humedad, a continuación, se muestran los tramos sectorizados tomando en cuenta las propiedades fisicomecanicas en cada punto de prospección:

Tabla 36

Cuadro resumen de sectores de tramo

SECTOR	CALICATA	PROF. (m)	SUCS
SECTOR 01	C-01	2.20	GM
	C-02	2.50	SM, GC
SECTOR 02	C-03	2.50	GM, GP-GM
	C-04	1.80	ML
SECTOR 03	C-05	2.50	GM
	C-06	2.70	SM
	C-07	1.70	GM
SECTOR 04	C-08	2.30	ML
	C-09	1.50	SM
SECTOR 05	C-10	2.00	GP-GM
	C-11	3.00	GP-GM
	C-12	3.00	ML

7.4.1.1. Sector 1 (4+100 – 4+300)

El sector evaluado está conformado predominantemente por materiales granulares de naturaleza gravosa, con alternancias de arenas limosas con gravas (SM) y gravas limosas (GM), de pigmentación café claro a tonos que tiran a amarillo. Se observa la presencia de cantos de hasta 8 pulgadas de diámetro máximo y una matriz con comportamiento no plástico. En los estratos subyacentes predominan gravas arcillosas con arena (GC), con cantos de hasta 5 pulgadas de diámetro máximo, evidenciándose un incremento de la plasticidad, con un Índice de Plasticidad (IP) de 12 %. De acuerdo con la caracterización física y mecánica realizada, este sector presenta condiciones geotécnicas favorables, con propiedades que cumplen las especificaciones técnicas requeridas para su desempeño como subrasante, de los criterios de resistencia obtenidos se tienen ángulo de rozamiento de 25.70° y adhesión 0.12 kg/cm2.

7.4.1.2. Sector 2 (km. 5+500 – 5+600)

El sector está conformado predominantemente por gravas limosas con arena (GM) y gravas arenosas mal gradadas con limo (GP-GM), en estado compacto, alcanzando espesores de hasta 2,50 m. Estos materiales presentan un comportamiento no plástico, lo que les confiere condiciones geotécnicas favorables para su utilización como subrasante. No obstante, dentro de este sector se identificó un tramo localizado de aproximadamente 100 m de longitud, constituido por limos arenosos de baja plasticidad (ML), en el que se evidencian asentamientos y deformaciones de la plataforma vial. Debido a las características geotécnicas desfavorables de este material, se recomienda la ejecución de un mejoramiento de la subrasante para garantizar la capacidad de soporte y el adecuado desempeño estructural

del pavimento, de los parámetros de resistencia obtenidos se tienen ángulo de fricción de 27.90° y cohesión 0.07 kg/cm2.

7.4.1.3. Sector 3 (km. 7+900 – 7+960)

El sector se encuentra conformado predominantemente por gravas arenosas limosas (GM) y arenas limosas con gravas (SM), con espesores que alcanzan hasta 2,70 m. Estos materiales presentan un comportamiento no plástico, con presencia de bloques de hasta 20 pulgadas de diámetro y cantos de hasta 5 pulgadas de diámetro máximo, embebidos en una matriz granular. De acuerdo con la caracterización geotécnica realizada, los materiales presentan adecuadas propiedades físicas y mecánicas, evidenciando una buena capacidad de soporte y estabilidad, por lo que cumplen con las especificaciones técnicas requeridas para su desempeño como subrasante.

7.4.1.4. Sector 4 (km. 8+200 – 8+360)

El sector está conformado predominantemente por depósitos coluviales constituidos por limos arenosos de baja plasticidad (ML), con alternancias de arenas limosas (SM), alcanzando espesores de hasta 2,30 m. La escasa presencia de material granular competente y las características geotécnicas de estos suelos han favorecido la aparición de asentamientos y hundimientos en la plataforma vial. Asimismo, se evidencian procesos de erosión superficial ocasionados por el escurrimiento de aguas pluviales, los cuales aceleran el deterioro de la vía. En consecuencia, se recomienda la ejecución de un mejoramiento de la subrasante mediante el reemplazo del material existente por material de cantera que cumpla con las especificaciones técnicas vigentes, a fin de incrementar la capacidad de soporte y garantizar el adecuado comportamiento estructural del pavimento.

De los criterios de aguante obtenidos se tienen ángulo de roce de 28.40° y adhesión 0.06 kg/cm2.

7.4.1.5. Sector 5 (km. 9+300)

El sector está conformado por depósitos coluviales, cuyo estrato superficial corresponde a gravas pobremente gradadas con limo y arena (GP-GM), en estado poco compacto, con espesores variables. De acuerdo con la caracterización geotécnica realizada, este material presenta propiedades físicas y mecánicas favorables, cumpliendo con los requisitos para su utilización como subrasante. Asimismo, en el tramo final se identificó, con un fondo aproximado de 0,90 m, una capa de limos arenosos de reducida flexibilidad

(ML); sin embargo, debido a su profundidad y limitada extensión, este no influye de manera significativa en el comportamiento geotécnico de la plataforma vial ni compromete su capacidad de soporte.

7.5. Determinación de tipo y profundidad de cimentación

Examinando las características metodológicas, el producto de las pruebas de laboratorio considerando las propiedades sistemáticas del proyecto, se culmina con que el asentamiento de las estructuras será de la clase superficial, desplantadas en terreno nativo, las mismas que se describirán a continuación según el tipo de estructuras a cimentar:

7.5.1. Muros de contención

A lo largo del trazo de la vía, a causa de la configuración es esencial el levantamiento de muros de contención en los siguientes tramos; por tanto, se resume a continuación los tramos a requerirse la construcción de muros y la profundidad de desplante mínima.

Tabla 37

Nivel de cimentación de muros de contención

Tramo (km)		Longitud (m)
2+292	2+331	39
2+744	2+775	31
3+473	3+543	70
3+919	3+946	27
5+628	5+654	26
5+697	5+772	75
6+061	6+092	31
6+167	6+188	21
7+257	7+351	94
Tramo	(km)	Longitud (m)
8+053	8+084	31
8+105	8+196	91
8+586	8+644	58
8+76	8+794	34
8+858	8+885	27
8+971	9+006	35
9+193	9+240	47

El nivel de cimentación de los muros será de aproximadamente de 3.0 m, por debajo del nivel de la sub-rasante.

7.5.2. Puente y pontón sobre la quebrada chongo

Conforme a las características de los materiales presentes en la cimentación deberá emplearse zapatas rectangulares, cimentadas entre 5 a 7 m de profundidad del terreno natural, de acuerdo a las secciones estratigráficas adjuntas.

7.6. Parámetros De Resistencia

Los parámetros de resistencia han sido obtenidos en función de correlaciones obtenidas por medio de los ensayos de penetración dinámica ligera y de los resultados de ensayos de corte directo de muestras de los suelos típicos presentes en el área del proyecto. Los valores tomados han sido los más conservadores obtenidos mediante ambas metodologías.

7.6.1. Muros de contención

Para los muros se ha considerado los siguientes parámetros de resistencia de suelo los cuales está en función del tipo de suelo característico.

Tabla 38

Zonificación de Parámetros de resistencia para muros de sostenimiento y de contención

Tramo (km)		Longitud (m)	Ángulo fricción (°)	Cohesión (kg/cm^2)
2+292	2+331	39	33.8	0
2+744	2+775	31	33.8	0
3+473	3+543	70	33.8	0
3+919	3+946	27	33.8	0
5+628	5+654	26	33.8	0
5+697	5+772	75	33.8	0
6+061	6+092	31	30.5	0.07
6+167	6+188	21	30.5	0.07
7+257	7+351	94	30.5	0.07
8+053	8+084	31	33.8	0
Tramo	(km)	Longitud (m)	Ángulo fricción (°)	Cohesión (kg/cm^2)
8+105	8+196	91	33.8	0
8+586	8+644	58	27.9	0.07
8+760	8+794	34	27.9	0.07
8+858	8+885	27	27.9	0.07
8+971	9+006	35	30.5	0.07
9+193	9+240	47	33.8	0

7.6.2. Estructuras de cimentación para el puente y pontón sobre la quebrada chongo

Para la estructura, se ha considerado que este estará cimentado en gravas limosas (GM), por tanto, se ha considerado los siguientes parámetros de resistencia, cohesión 0kg/cm2 y fricción de 33.8°

7.7. Determinación de capacidad admisible del suelo

Se ha determinado la capacidad portante del terreno en base a la fórmula de Terzaghy Peck, 1967 con los parámetros de Vesic (1973). El suelo se considera saturado (época de lluvias).

$$q_u = S_c C N_c + S\gamma \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma + S_q q N_q$$

$$q_{ad} = \frac{q_u}{F_s}$$

Dónde:

qu= capacidad última de carga

qad= capacidad admisible de carga

Fs= factor de seguridad = 3

γ = peso unitario del suelo (ton/m3)

Df= profundidad de cimentación

Nc, N γ, Nq= parámetros de capacidad portante en función de □

Sc, Sγ, Sq= factores de forma (Vesic, 1973).

A continuación, se muestra el cuadro resumen de capacidad admisible del suelo por corte.

Tabla 39

Resumen de Capacidad admisible – cimiento corrido

Tramo	Ancho B	Prof.	Nc	Nq	Ng	Qult.	Qadm.
	(m)	(m)				(kg/cm²)	(kg/cm²)
Km 2+292 - 2+331, 2+744 - 2+775, ,3+473 - 3+543, 3+919 - 3+946, 5+628 - 5+654, 5+697 - 5+772, 9+193 - 9+240	2.45	0.8	19.4	9.7	9.5	3.198	1.066
	2.45	1	19.4	9.7	9.5	4.165	1.388
Km 6+061 - 6+092, 6+167 - 6+188, 7+257 - 7+351, 8+971 - 9+006	2.45	0.8	16.3	7.4	6.6	3.504	1.168
	2.45	1	16.3	7.4	6.6	3.763	1.254
Km 8+053 - 8+084, 8+105 - 8+196	2.45	0.8	19	9.3	9.1	3.57	1.19
	2.45	1	19	9.3	9.1	3.938	1.313
Km 8+586 - 8+644, 8+760 - 8+794, 8+858 - 8+885	2.45	0.8	14.3	6.1	5	2.698	0.899
	2.45	1	14.3	6.1	5	2.895	0.965

Tabla 40

Resumen de Capacidad admisible – cimiento rectangular

Tramo	Ancho B	Prof.	Nc	Nq	Ng	Qult.	Qadm.
	(m)	(m)				(kg/cm²)	(kg/cm²)
PONTON	2	1	19.4	9.7	9.5	3.198	1.066
	2.45	1.2	19.4	9.7	9.5	4.165	1.388
	2.45	1.5	16.3	7.4	6.6	3.504	1.168

7.8. Problemas especiales de la cimentación

7.8.1. Ataque químico por suelos a la concreta cimentación

El terreno en el que se cimenta toda armazón tiene un impacto hostil a la cimentación, este impacto depende de la existencia de componentes químicos (principalmente cloruros y sulfatos) que trabajan sobre el acero de refuerzo y concreto, ocasionándole un impacto perjudicial y hasta demoledor sobre el armazón. A continuación, en la tabla se muestran las restricciones aceptables sugeridos por el Comité ACI 318-83 y los datos compilados de la escritura presente sobre el número en partes por millón (p.p.m) de sales, sulfatos y cloruros absolutos; así como el nivel de degradación y las objeciones de la agresión al armazón y concreto, brindándose las sugerencias esenciales en favor a la defensa de las mismas, frente a el ataque químico.

Tabla 41

Concreto expuesto a soluciones de Sulfato

Exposición a Sulfatos	Sulfato soluble en Agua (SO_4) presente en suelo % en peso	Sulfato (SO4) en agua ppm	Tipo de cemento	Concreto con agregado de peso normal relación máxima agua/materiales cementosos en peso
Insignificante	$0.00 \leq SO_4 < 0.10$	$0.00 \leq SO_4 < 150$	-----	-----
Moderada	$0.1 \leq SO_4 < 0.20$	$150 \leq SO_4 \leq 1500$	II, IP (MS) IS (MS)	0.5
Severa	$0.2 \leq SO_4 \leq 2$	$1500 \leq SO_4 < 10,000$	V	0.45
Muy Severa	$SO_4 > 2.00$	$SO_4 > 10,000$	V más Puzolanas	0.45

Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones

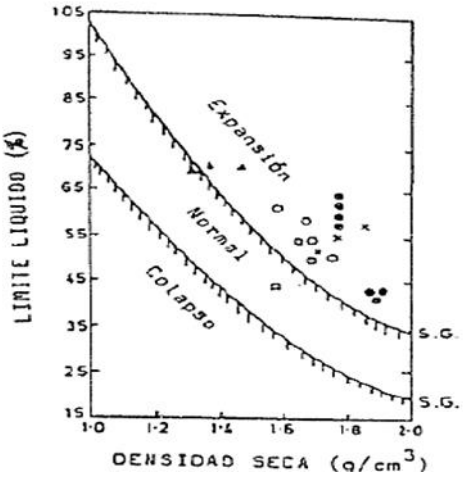
Presencia en el suelo de:	p.p.m	Grado de agresividad química	Consecuencia
Sulfatos	0 – 1000	Leve	Ocasiona un ataque químico al concreto de la cimentación.
	1000 – 2000	Moderado	
	2000 - 20000	Severo	
	> 20000	Muy severo	
Cloruros	> 6000	Perjudicial	Ocasiona problemas de corrosión de armaduras o elementos metálicos.
Sales solubles totales	> 15000	Perjudicial	Ocasiona Problemas de pérdida de resistencia mecánica por problema de lixiviación.

Los efectos obtenidos con relación a los estudios efectuados en pruebas significativas de las calicatas se tienen valores de SULFATOS, CLORUROS, S.S.T. que no representan agresividad química al concreto. De acuerdo a lo expuesto se recomienda siguiendo los lineamientos establecidos en el RNC, el empleo de cemento TIPO I.

7.9. Suelos colapsables

En aplicación de la metodología establecida en la N.T. E050 del RNE, el siguiente gráfico ilustra la relación entre los parámetros de límite líquido y densidad seca natural, y los suelos colapsables y no colapsables:

En la zona 02, Puede presentarse suelos colapsables por humedecimiento debido a que los valores de densidad seca del suelo se encuentran en el rango comprendido de 1.4 gr/cm3 con valores de LL del orden de 35% (calicata C-2). Por lo cual pudiera ocasionar colapso en la cimentación por lo que se recomendaría que el suelo sea sometido a compactación hasta lograr el 100% de MDS del ensayo Proctor modificado antes de efectuar los trabajos de cimentación proyectada. Sin embargo, este sector constituye una zona altamente critico de deslizamientos y asentamientos con empuje de suelos en donde se recomienda de descartarlo como área de estacionamiento conforme estaba propuesto en el estudio de factibilidad.



7.10. Clasificación de excavación de materiales y de taludes de corte recomendados

En el terreno, se han identificado y evaluado las pendientes existentes y la clasificación de los materiales de excavación. Además de los trabajos de investigación geotécnica indirecta (refracción sísmica) en ciertos sectores, esta clasificación se basó en las propiedades físicas de los suelos y/o rocas encontradas, y técnicas directas, como calicatas y/o trincheras, para obtener muestras representativas destinadas a ensayos de laboratorio con el fin de determinar parámetros geotécnicos, tales como la cohesión, el ángulo de fricción interna, la clasificación, etc.

Durante la evaluación de campo se llevó a cabo la clasificación de los taludes de corte y se formularon recomendaciones. Asimismo, se categorizó el tipo de excavación empleado para los materiales del corte.

7.11. Parámetros geotécnicos para AET en suelos y/o rocas

El programa de exploración geotécnico planteado propone el análisis de taludes representativos de la zona, considerando los taludes en suelos y rocas, en los cuales se ha realizado calicatas y trincheras en cada sector.

Dicha exploración busca obtener los parámetros geotécnicos del diseño de la geometría de corte y relleno de los taludes representativos de la carretera, para realizar el Análisis de Estabilidad Taludes mediante el método de Equilibrio Limite de los taludes de corte y relleno con el objetivo de asegurar la estabilidad de los taludes y áreas críticas.

A continuación, se presenta la relación de los sectores donde se realizó el análisis de estabilidad de taludes:

Tabla 42

Parámetros Geotécnicos de Diseño en taludes en suelos

Progresiva	Densidad de campo (ton/m3)	Humedad (%)	Densidad Húmeda	Clasificación SUCS	Cohesión del suelo (Kg/cm2)	Ángulo de fricción (°)
3+210	1.93	2.4	2	GM	0.04	33.8
6+000	1.64	6.63	1.75	ML	0.07	30.5

Tabla 43

Parámetros Geotécnicos de Diseño en taludes en rocas

Progresiva (Km.)	Compresión uniaxial (MPa)	Cohesión (MPa)	Angulo de Fricción (°)	Densidad Seca (g/cm3)	Porosidad Aparente (%)	Absorción (%)	Peso Específico Aparente (kN/m3)
3+600	48.9	0.098	29.38	2.77	2.25	0.81	27.34
7+340	162.3	0.103	29.77	2.52	9.97	3.96	25.17
8+810	162.3	0.103	29.77	2.52	9.97	3.96	25.17
9+315	162.3	0.103	29.77	2.52	9.97	3.96	25.17

El siguiente Cuadro muestra la Categorización de Componentes de Corte y pendientes de Corte sugeridos.

7.12. Evaluación de excavación de clasificación de materiales y taldes de corte recomendables

Tabla 44

Clasificacion de materiales

CLASIFICACION DE MATERIALES DE CORTE											
TRAMO Progresiva (Km.)		CLASIFICACION DE MATERIALES (%)			Talud Corte Recomendado	Talud Relleno Recomendado H: V	Susceptibilidad a Procesos Erosivos	Altura máxima de Corte (m)	Banqueta altura (m)	Tipo de Roca y/o Suelo
		Material Suelto	Roca Suelta	Roca Fija	H : V					
0+000	0+565				s/c					Zona Urbana Pisac
0+565	0+680	100	0	0	1 : 1				Muro seco existente	Depósitos Residuales y Coluviales
0+680	0+770	0	80	20	1 : 4			12.44	Colocar banqueta de 3 m de ancho a 10 m de altura	Afloramiento Rocoso fracturado
0+770	0+865	100	0	0	1 : 1					Depósitos Coluviales
0+865	0+940	0	80	20	1 : 4			10.74		Afloramiento Rocoso fracturado
0+940	1+020				s/c					Depósitos coluviales de hasta 4 m. Amerita desquinchar bloques y colocar muro de contencion.

1+020	1+060	0	100	0	1 : 4					Afloramiento rocoso fracturado
1+060	1+195	100	0	0	1 : 2					Depositos de Suelos residuales
1+195	1+315	0	100	0	1 : 4					Afloramiento Rocoso fracturado
1+315	1+370				**s/c**					Zona Urbana con buzones y muro al lado derecho.
1+370	1+390	0	100	0	1 : 4					Afloramiento Rocoso fracturado
1+390	2+040	100	0	0	1 : 2					Depositos Residuales y aluviales sobre cauce de la quebrada Chongo.
2+040	2+230	5	45	45	1 : 4					Afloramiento rocoso Fracturado
2+230	2+720	100	0	0	1 : 2	Falla geologica de agrietamientos con asentamientos de la plataforma de carretera entre los Km. 2.585 y 2.650		5.16		Depósitos de Suelos residuales sobre aluviales
2+720	2+750	40	60	0	1 : 3					Roca Bloques sueltos con cobertura suelo residual

2+750	2+900	100	0	0	1 : 2	Del Km. 2.760 a 2.775 muro agrietado con asentamientos.	carcavas en talud sup.			Depósitos suelos residuales y aluviales
2+900	3+080	100	0	0	1 : 2			9.35	Colocar banquetas a 7 m de altura	Depósitos Aluvio coluviales
3+080	3+190	100	0	0	1 : 1	Del Km. 3.080 a 3.130 asentamiento de forma de 1/2 luna sobre la plataforma de la carretera.		5.53		Depósitos aluviales, zona viviendas rurales.
3+190	3+390	100	0	0	1 : 2		carcavas	11.76	Colocar banquetas a 7 m de altura	Depósitos Aluvio coluviales
3+390	3+470	100	0	0	1 : 1	Deslizamiento en talud superior		4.49		Depósitos aluvio residuales , Sector crítico.
3+470	3+480				**s/c**					alcantarilla
3+480	3+520	10	70	20	1 : 4					Afloramiento rocoso fracturado
3+520	3+600	100	0	0	**s/c**	Sector de curva de vuelta con muro existente				Depósitos Aluvio coluviales
3+600	3+640	5	30	65	1 : 6			14.08	Colocar banqueta de 3 m de ancho a 10 m de altura	Afloramiento rocoso poco fracturado
3+640	3+665	5	60	35	1 : 6			11.5		Afloramiento rocoso fracturado
3+665	3+780	100	0	0	**s/c**	Asentamientiento de forma de 1/2 luna desde 3.690 a 3.760				agrietamiento carp. Asf.

3+780	3+800	100	0	0	1 : 2					Depósitos aluviales, cobert. Residuales
3+800	3+880	100	0	0	1 : 1					Depósitos aluviales, cobert. Residuales
3+880	3+975				**s/c**	Asentamiento de forma de 1/2 luna con agrietamiento del pavimento				Depósitos aluviales residual, zona de viviendas rurales
3+975	4+080	100	0	0	1 : 2		carcavas en talud sup.			Depósitos aluviales (Sector de adecuación del trazo geométrico)
4+080	4+095	100	0	0	2 : 1	Sector de deslizamiento activo				Depósitos aluviales (Sector inestable de deslizamientos)
4+095	4+230	100	0	0	2 : 1					Depósitos aluviales (Sector inestable de deslizamientos)
4+230	4+335	100	0	0	2 : 1		asentamiento			
4+335	5+000				**s/c**	Asentamientos con agrietamientos del pavimento en los Km. 4.500 a 4.560 y 4.950 a 4.980				Zona urbana de Cuyo Chico a ambos lados de la vía

5+000	5+060	100	0	0	1 : 3			15.54	De efectuarse los cortes del talud amerita de una banqueta a 7 m de altura.	Cortes de Talud altos de muy poco ancho. Se recomienda evaluar colocar cunetas revestidas con tapas y/o reducción de bermas a fin de evitar estos cortes altos.
5+060	5+105				:					Zona Urbana.
5+105	5+180	100	0	0	1 : 2					
5+180	5+220	100	0	0	1 : 1	Desliz. Activo				Deslizamiento activo que amerita de estructura de contención con obras de drenaje y sub drenaje.
5+220	5+530	100	0	0	1 : 2					(5+220-560) 340m de Sector de levantamiento de la rasante con terraplén
5+530	5+560	40	60	0	1 : 3					Afloramiento rocoso fracturado

5+560	5+615	90	10	0	1 : 2					Depósitos aluvio coluviales con cobertura de suelos residuales. Presencia de bloques hasta mayores de 1 m.
5+615	5+650	5	95	0	1 : 3					Depósitos aluvio coluviales, con bloques > 1m
5+650	5+700	20	80	0	1 : 3			Cortes mayores de 11 m.	Falta topografía. Colocar banquetas a 7 m de altura	Afloramiento rocoso muy fracturado y meteorización.
5+700	5+780	90	10	0	1 : 2					Deposito coluvial cobertura residuales con bloques
5+780	5+950	100	0	0	1 : 1					Depósitos suelos residuales, terrenos cultivo
5+950	6+000	70	30	0	1 : 3		erosion			Afloramiento rocoso muy fract. Cobertura residual

6+000	6+180	100	0	0	1 : 3	Asentamiento del pavimento en sector de muro del Km. 6.070 a 6.100	Erosion del talud superior	11.86	Falta topografía. Colocar banquetas a 7 m de altura	Depósitos suelos residuales
6+180	6+580	100	0	0	1 : 1		erosion			Depósitos suelos residuales, zona urbana
6+580	6+780	100	0	0	1 : 1	Muro seco existente en el Km. 6.580 a 6.680 que requiere ser reemplazado por muros de gaviones.		9.54		Depósitos suelos residuales con terrenos de cultivo y zona urbana
6+780	6+970	100	0	0	1 : 3	Formación de cárcavas por falta de entregas de aguas de regadío.				Suelos Residuales, sobre depósitos Aluvio-coluvial.
6+970	7+270	100	0	0	1 : 2					depositos suelos residuales. Zona de garita a Pisac.
7+270	7+490	20	80	0	1 : 3		desprendim.	15.52	Colocar banquetas a 7 m de altura	Afloran. Rocoso muy fracturado, ligera cobert. Residual
7+490	7+570	100	0	0	1 : 2					Depósitos residuales sobre depósitos aluvio-coluviales
7+570	7+680	80	20	0	1 : 3					Depósitos coluvio aluviales.

7+680	7+730	0	70	30	1 : 4			19.42	Colocar banquetas a 10 m de altura	Afloramiento rocoso fracturado
7+730	7+870	100	0	0	1 : 2	Del Km. 7.770 a 7.782 se observa pequeño deslizamiento del talud superior controlado por un muro seco.				Depósitos aluvio coluvial
7+870	7+910	20	80	0	1 : 4					Roca fracturada en la base con material de cobertura en la parte superior.
7+910	8+040	100	0	0	1 : 2	Sector de deslizamiento en el material de cobertura con erosion del talud superior. Se requiere de desquinche del material de cobertura de superficie de derrumbe.				Deposito aluvio coluvial con escarpas de deslizamiento que sobreyace a roca. Se recomienda evitar cortes del talud ya que podrían comprometer la reactivación de este deslizamiento.
8+040	8+220	5	95	0	1 : 4	Del Km. 8.115 a 8.135 se observa un muro desplazado.		13.28	Colocar banquetas a 10 m de altura	Deposito aluvio coluvial
8+220	8+240	100	0	0	1 : 1,5	Superficie de derrumbe en el talud superior				Depósitos coluvio aluviales.
8+240	8+257	20	80	0	1 : 3					Afloramiento rocoso fracturado
8+257	8+350	100	0	0	1 : 1,5	Superficie de derrumbe en el talud superior en 8.250 a 8.310. Colocar muro de contención.				Depósitos aluvio coluvial

8+350	8+480	30	70	0	1 : 3					Afloramiento rocoso, cobertura Residual, Aluvio coluvial
8+480	8+570	5	65	30	1 : 4			23.84	Colocar banquetas a 10 m de altura.	Afloramiento rocoso fracturado
8+570	8+660	90	10	0	1 : 3		Surcos erosión en talud superior.			Depósitos aluvio coluvial con presencia de bloques
8+660	8+690	5	65	30	1 : 4					Roca con cobertura de suelo residual y aluvio coluvial
8+690	8+780	40	50	10	1 : 3					Roca con cobertura de suelo residual y aluvio coluvial
8+780	8+850	10	70	20	1 : 4		desprendimiento.	19.14	Colocar banquetas a 10 m de altura.	Afloramiento de roca muy fracturada
8+850	8+940	40	40	20	1 : 3	Superficie de antiguo derrumbe con bloques sueltos que amerita de desquinche de bloques con muro de contención y/o protección de taludes con mallas y pernos.				Afloramiento rocoso fracturado
8+940	8+980	30	60	10	1 : 3					Roca fracturada
8+980	9+100	0	70	30	1 : 4	Desprendimiento de bloques. Colocar mallas con pernos para protección de taludes en 9.040 a 9.050 y de 9.070 a 9.100.			Colocar banquetas a 10 m de altura.	Afloramiento rocoso muy fracturado
9+100	9+160	0	70	30	1 : 4	Ladera superior hasta con 3 niveles de escarpas en roca. Aparentemente están estables.				Afloramiento rocoso muy fracturado

9+160	9+195	0	70	30	1 : 4	Del Km. 9.150 a 9.260 sector de caída de bloques sueltos del talud superior que amerita colocar refuerzo de taludes.				Afloramiento rocoso muy fracturado
9+195	9+240	100	0	0	1 : 2,5					Depósitos coluvio aluviales.
9+240	9+352	20	50	30	1 : 4	Sector de curva de vuelta en donde se proyecta la rotonda.			Colocar banquetas a 10 m de altura.	Afloramiento Rocosos muy fracturados

CONCLUSIONES

1. Se determinó que la geología local a lo largo de la carretera Pisaq – Antachaca (Prog. 0+000 Km – 9+300 Km) que está compuesta principalmente por depósitos coluviales y aluviales en las zonas bajas, y afloramientos de rocas sedimentarias/volcánicas fracturadas en las zonas altas, lo que incide directamente en la estabilidad de la vía.
2. En el tema hidrológico, la zona de estudio las máximas temperaturas llegan a los 18 °C; como temperatura mínima registrada llegan hasta los 0 °C y una temperatura media mensual de 12 °C. Para la determinación del caudal de diseño el cual se hicieron los cálculos por el método racional, así como el análisis en los diferentes periodos de retorno de 03, 35 y 75 años, teniendo como resultados en el más influyente de la quebrada Kitamayo, 12.63 m3/s en 03 años, 16.78 m3/s en 35 años, 18.21 m3/s, para los cuales se realizó un modelamiento hidráulico tomando en cuenta el aspecto situacional de altura alcantarillas (tirante), a la cual se tomaron diferentes escenarios considerando diferentes condiciones de encausamiento para la cual se toma como conclusión, en un tramo de 25.0m a partir de la descarga del canal Inca hacia aguas arriba; limpieza del cauce, revestimiento de la base del canal en un ancho de 4.0m, para la disminución del tirante a 0.82m con periodo retorno de 03 años, 0.9m en 35 años, 0.93 en 71 años, tomando en cuenta el tiran de alcantarilla de 1.63m; de igual manera se realizado una verificación de estructuras de drenaje existentes en la cual la mayoría se encuentra obstruidas, con cauces de entrada y salida colmatados.
3. Los ensayos geotécnicos indicaron tramos con suelos de subrasante clasificados como deficientes a moderados (ej. Gravas limosas de forma angulosas GM; gravas arcillosas con arena SM, GC; grava pobremente gradada con limos y arenas de forma angulosa GP-GM; limo arenoso ML; arena limosa con gravas de forma angulosas SM, esto según SUCS), requiriendo en sectores específicos un reemplazo de material o estabilización con cal/cemento.
4. Se identificaron zonas críticas con riesgo alto de deslizamiento de alto riesgo en los sectores de Cuyo Chico, Ruinas de Pisaq y cerro Chacachimpa, en la quebrada de Kitamayo, aluviones a lo largo de la carretera estos flujos se dan en mayor frecuencia sobre depósitos fluvioglaciares, a partir del km 16+000 al 18+440, en ocasiones llega a cubrir el badén, pero son controlables y poco destructivos; cárcavas ubicadas en los tramos: 3+620 al 3+660; 3+810 al 3+830.

5. Se validaron las canteras evaluadas, concluyendo que el material cumple con las especificaciones técnicas del MTC para ser utilizado como subbase y base.

RECOMENDACIONES

1. Debido a la litología de la zona de estudio se debe realizar ensayos de colapsamiento o expansión si se detectan arcillas de alta plasticidad.
2. Dado que el clima de la zona de estudio presenta en épocas de lluvias intensas el diseño del sistema de drenaje debe dimensionarse con periodos de retorno estricto.
3. En las zonas de inestabilidad de taludes no aplicar un solo ángulo de talud, se deben de sectorizar los taludes de corte de acuerdo a si se atraviesa roca fija, roca fracturada o material suelto.
4. En la zona de estudio donde presenta mayor pendiente y altura de corte evaluar las inclusiones de banquetas y sistemas de sostenimiento para mitigar desprendimientos.
5. Se recomienda un monitoreo constante de los sectores críticos para evitar erosiones en la plataforma de la carretera.

BIBLIOGRAFÍA

1. Benavente, C.; Delgado, F.; Taipe, E.; Audin, L. & Pari, W. (2013) - Neotectónica y Peligro Sísmico en la Región del Cusco, INGEMMET. Boletín, Serie C: Geología Ambiental y Riesgo Geológico
2. Bonilla huere, R. M. (2018). ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO EN EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DV. ALCAS, ACOBAMBA, HUAYRURO – REGIÓN HUÁNUCO. PERÚ: UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN.
3. Carlotto V., Gil W., Cárdenas J., Chávez R. & Vallenas V. (1996). GEOLOGÍA DE LOS CUADRÁNGULOS DE URUBAMBA Y CALCA. BOLETÍN N° 65 SERIE A: CARTA GEOLÓGICA NACIONAL. (HOJAS 27R Y 27S). INGEMMET. LIMA.
4. Castro Quiroz Pedro M. (2015). Estudio Hidrológico e Hidráulico de obras de arte menores, proyecto: Mejoramiento y Construcción de la carretera departamental SM-106, tramo Chazuta – Curiyaco, en distrito de Chazuta, provincia de San Martin- San Martin. Gobierno Regional de San Martin.
5. DGCF, D. G. (2005). MANUAL PARA EL DISEÑO DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO . LIMA.
6. Giesecke Alberto, Silgado Enrique. (1981). Terremotos en el Perú. Ediciones Rikchay Perú. First Edition.
7. Gómez Avalos, J. C. (2017). EVALUACIÓN GEODINÁMICA Y MODELAMIENTO GEOTÉCNICO DEL DESLIZAMIENTO DE MADRIGAL – AREQUIPA. PERÚ: UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS.
8. Holtz, R. D. (1981). AN INTRODUCTION TO GEOTECHNICAL . NEW JERSEY: PRENTICE - HALL.
9. Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. D. (2014). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. MÉXICO: MC GRAW HILL.
10. INDECI (2005). ESTUDIO: MAPA DE PELIGROS DE LA CIUDAD DE PISAQ. Cusco – Perú. Instituto Nacional de Defensa Civil
11. Jose Angel. (2008). ANALISIS GEODINAMICO DE LA CIUDAD DEL CUSCO. Cusco Arquitectura.

12. Mantilla, H. R. (2011). GEOLOGIA GENERAL . LIMA.
13. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). MANUAL DE CARRETERAS, SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS. LIMA: MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES.
14. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2011). Manual de Hidrología, Hidráulica y Drenaje. LIMA: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
15. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Manual de Puentes, ítem 1-2 Estudios de Hidrología e Hidráulica. LIMA: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
16. Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Provias Nacional. (2018). Elaboración del estudio definitivo para la construcción del nuevo puente Pisaq y accesos Cusco. Tomo III: Geología y Geotecnia, Consorcio Pisaq.
17. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2010). NORMA TÉCNICA CE 010 PAVIMENTOS URBANOS. LIMA. MINISTERIO DE VIVIENDA, CONSTRUCCIÓN Y SANEAMIENTO
18. Muñoz Rocha Carlos I. (2015). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. MÉXICO.
19. Valencia, D. A. (2014). GEOTECNIA Y CIMENTACIONES. ECUADOR: DIRECCION DE COMUNICACION SOCIAL. MUDUVIL.
20. Vallejo, L. I. (2004). INGENIERIA GEOLOGICA. ESPAÑA: ORYMU. SA.
21. Zapata, J. A. A. (2015, septiembre 14). ¿Qué relación existe entre la aceleración de cálculo del sismo y la escala sismológica de Richter y la de Mercalli? Estructurando. https://estructurando.net/2015/09/14/que-relacion-existen-entre-la-aceleracion-de-calculo-del-sismo-y-la-escala-sismologica-de-richter-y-la-de-mercalli/

FIN
KM 9+300.00

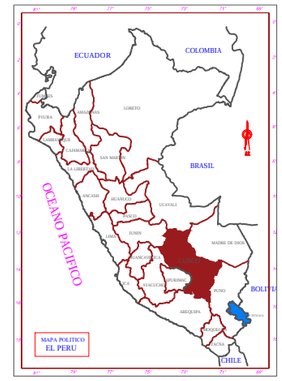
ANTACHACA
QALLAQ'ASA
PORTADA
PORTADA
TUNEL
ANDENES
QOSQA
INKA
QONQORINA
INTIWATANA
QORIWAYRACHINA
AJCHAPATA
PISAQA
HOSPITALNIYOQ
Q'ENTE
MUYURINA
WANU WANU PATA
(ALTO)
RAQUIYOC
WANU WANU PATA
(BAJO)
CHUNKUY
KANCHIS RAQAY

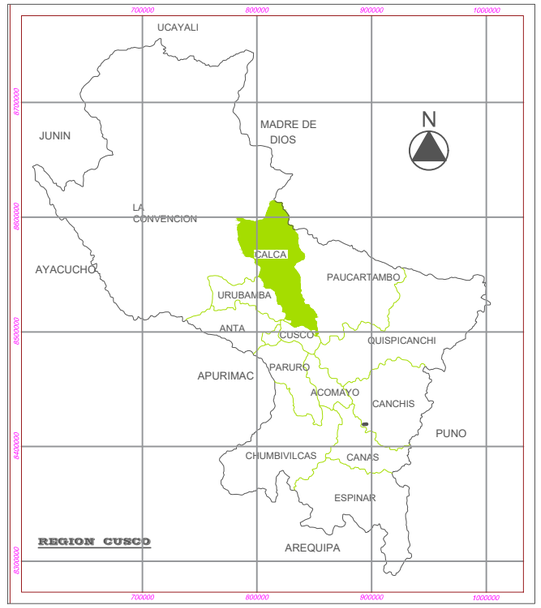
Río Pillatahuaycco
Río Collpiola
Río Tutunupampa
Río Vilcanota

INICIO
KM 0+000
PISAQ
CALCA
CUSCO
CAICAY

Parque Arqueológico de Pisaq
ÁREA
9063 ha

ESCALA GRAFICA (En metros)
0 250 500
125 375
1/12500





ESCALA GRAFICA (En metros)
0 100000 200000 300000
50000 150000 250000
1/5000000

SIMBOLOGÍA
- Eje de Carretera
- 0+000 Kilometraje
- Límite Departamental
- Límite Provincial
- Curvas de nivel
- Quebradas
- Parque Arqueológico de Pisaq

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

DEPARTAMENTO: CUSCO
PROVINCIA: CALCA
DISTRITO: PISAQ

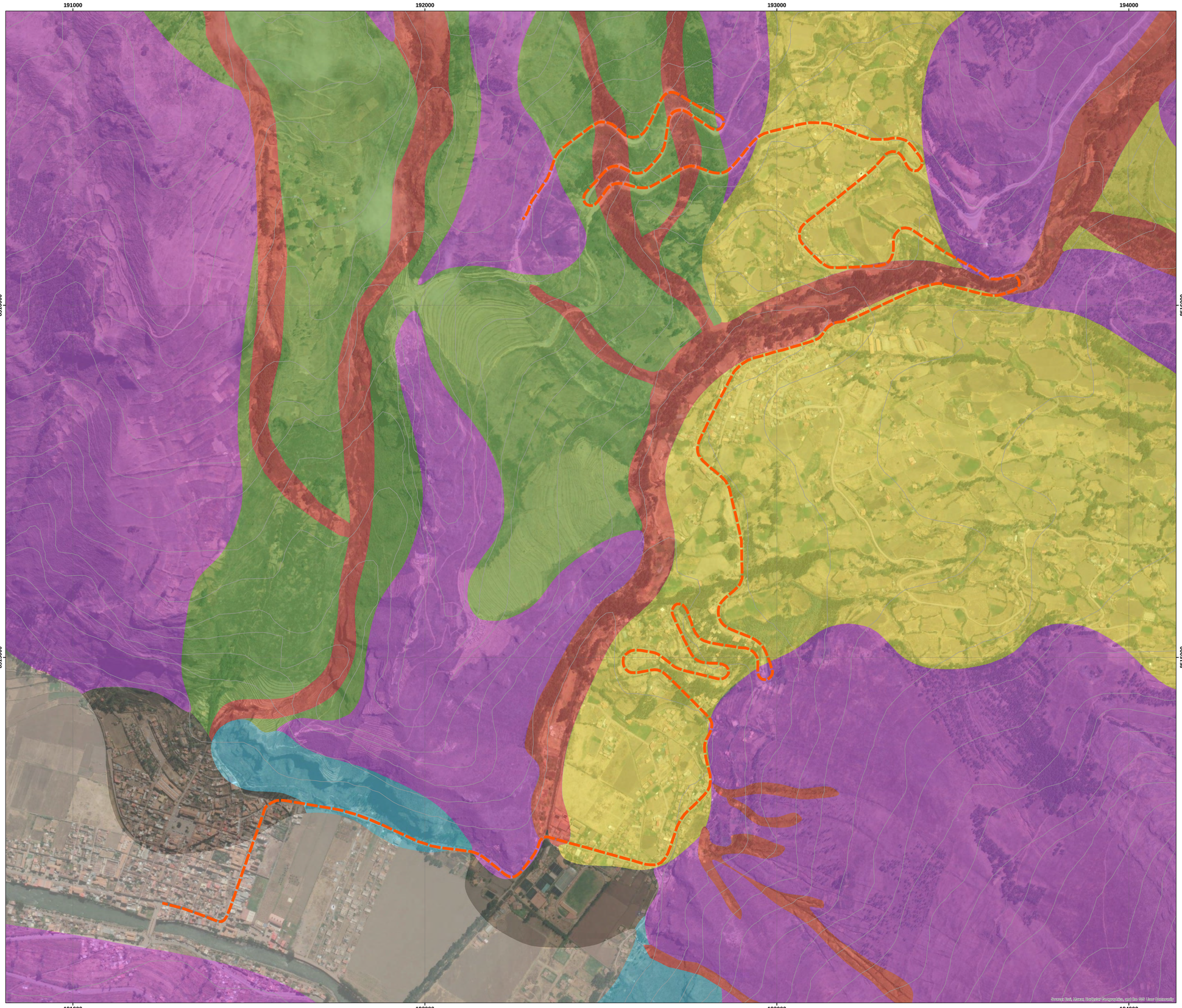
ELABORADO POR:
BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

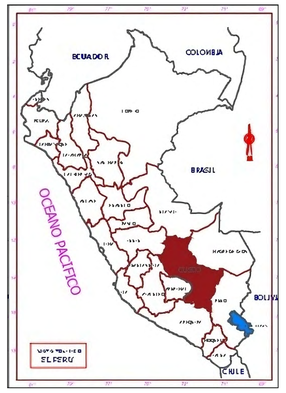
ESCALA
INDICADA

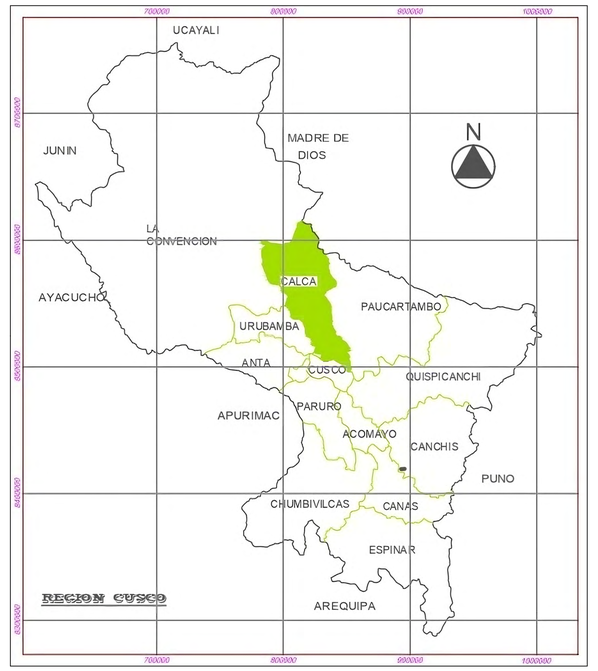
TÍTULO DEL PROYECTO
ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 KM - 9+300 KM) DEL DISTRITO DE PISAQ - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DEL CUSCO

PLANO DE:
UBICACIÓN

FECHA: JUL - 2026
HOJA:
P-01







ESCALA: 1/3750

0 125 250 500 Metros

LEYENDA

- TRAMO
- TOPOGRAFÍA
- <all other values>

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

- ABANICO ALUVIAL
- CAUCE ALUVIAL
- LADERAS DE PENDIENTE PRONUNCIADA
- LADERAS DE PENDIENTE SUAVE
- M. R. SEDIMENTARIAS
- M. R. VOLCANOSEDIMENTARIAS
- QUEBRADAS

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
CUSCO	CALCA	PISAQ

ELABORADO POR:

BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO

BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

ESCALA

INDICADA

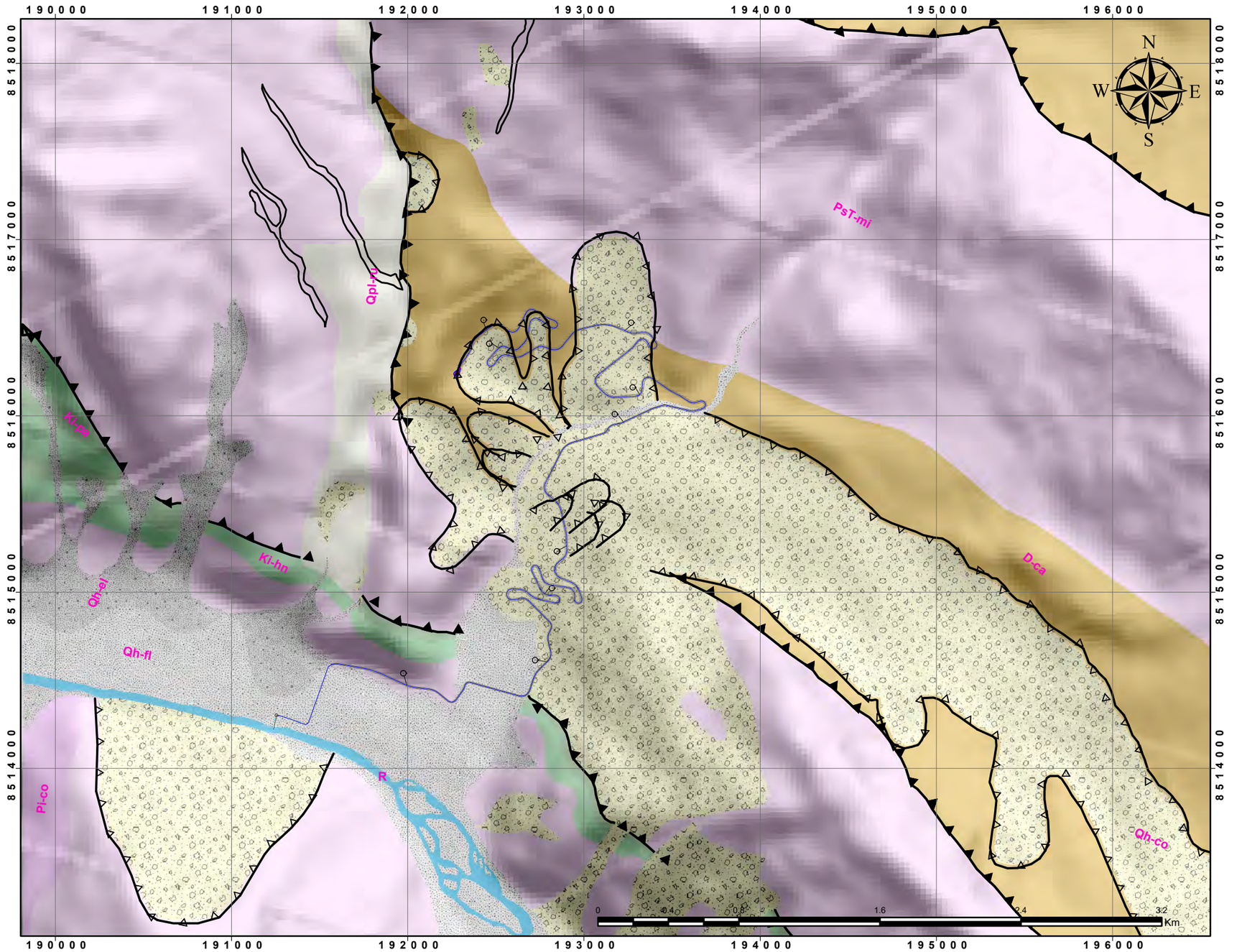
TÍTULO DEL PROYECTO

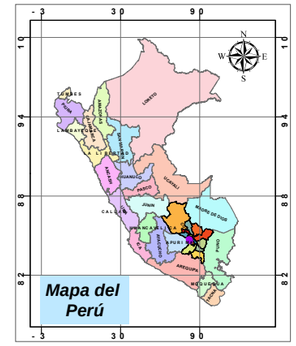
ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 KM - 9+300 KM) DEL DISTRITO DE PISAQ - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DEL CUSCO

PLANO DE:

GEOMORFOLOGÍA LOCAL

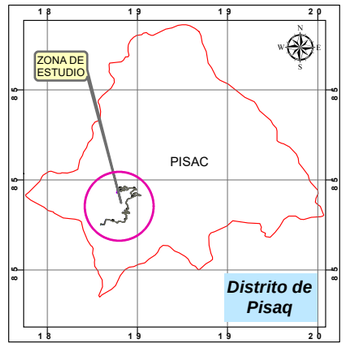
FECHA:	HOJA:	
JULIO 2026		P-02











LEYENDA

- D-ca, Grupo Cabanillas
- Ki-hn, Formacion Huancane
- Ki-pa, Formacion Paucarbamba
- Pi-co, Grupo Copacabana
- PsT-mi, Grupo Mitu
- Qh-co, Deposito Coluvial
- Qh-el, Deposito Eluvial
- Qh-fl, Deposito Fluvial
- Qpl-ru, Formacion Rumicolca
- R, Rio

SIMBOLOGIA

- Falla Normal
- Carcavas
- Deslizamiento



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAB DEL CUSCO

DEPARTAMENTO: CUSCO | PROVINCIA: CALCA | DISTRITO: PISAQ

ELABORADO POR:

BACH.: CESAR SANTIAGO CHILO CUNO

BACH.: CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

TESIS:

"ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (P ROG. 0+000 KM – 9+300 KM) DEL DISTRITO DE PISAQ - PROVINCIA DE CALCA – DEPARTAMENTO DEL CUSCO".

PLANO:

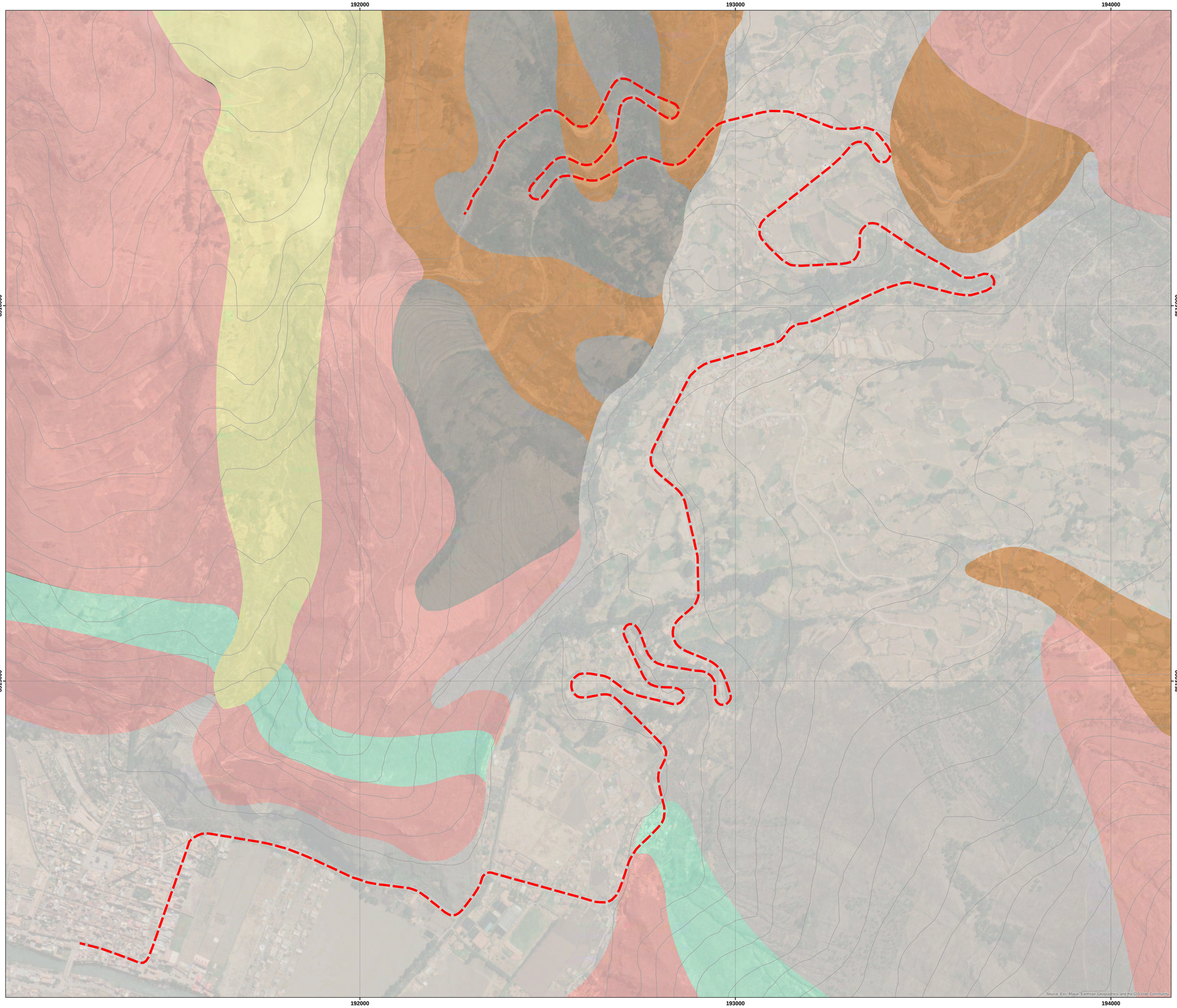
GEOLOGICO REGIONAL

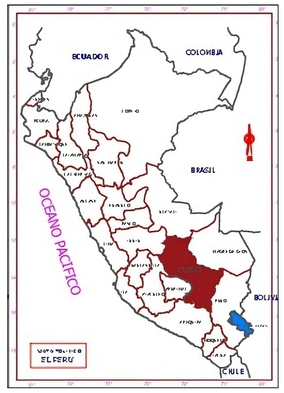
ESCALA: 1:25,000

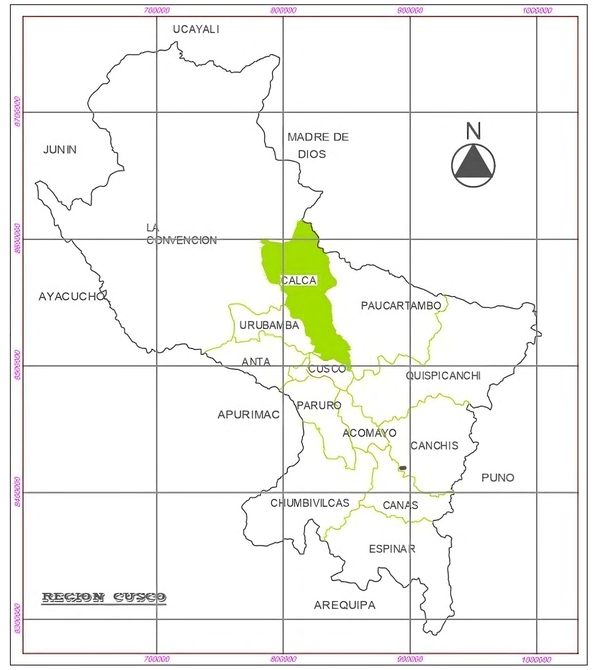
FECHA: JULIO DEL 2026

ASESOR: Dr. Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA

P-03







ESCALA: 1/3500

0 125 250 500 Metros

LEYENDA

- TRAMO
- TOPOGRAFÍA

GEOLOGÍA LOCAL

- D. Aluviales
- D. Coluviales
- FM Ananea
- FM Huancané
- FM Rumicolca
- Grupo Mitu

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
CUSCO	CALCA	PISAQ

ELABORADO POR:

BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO

BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

ESCALA

INDICADA

TÍTULO DEL PROYECTO

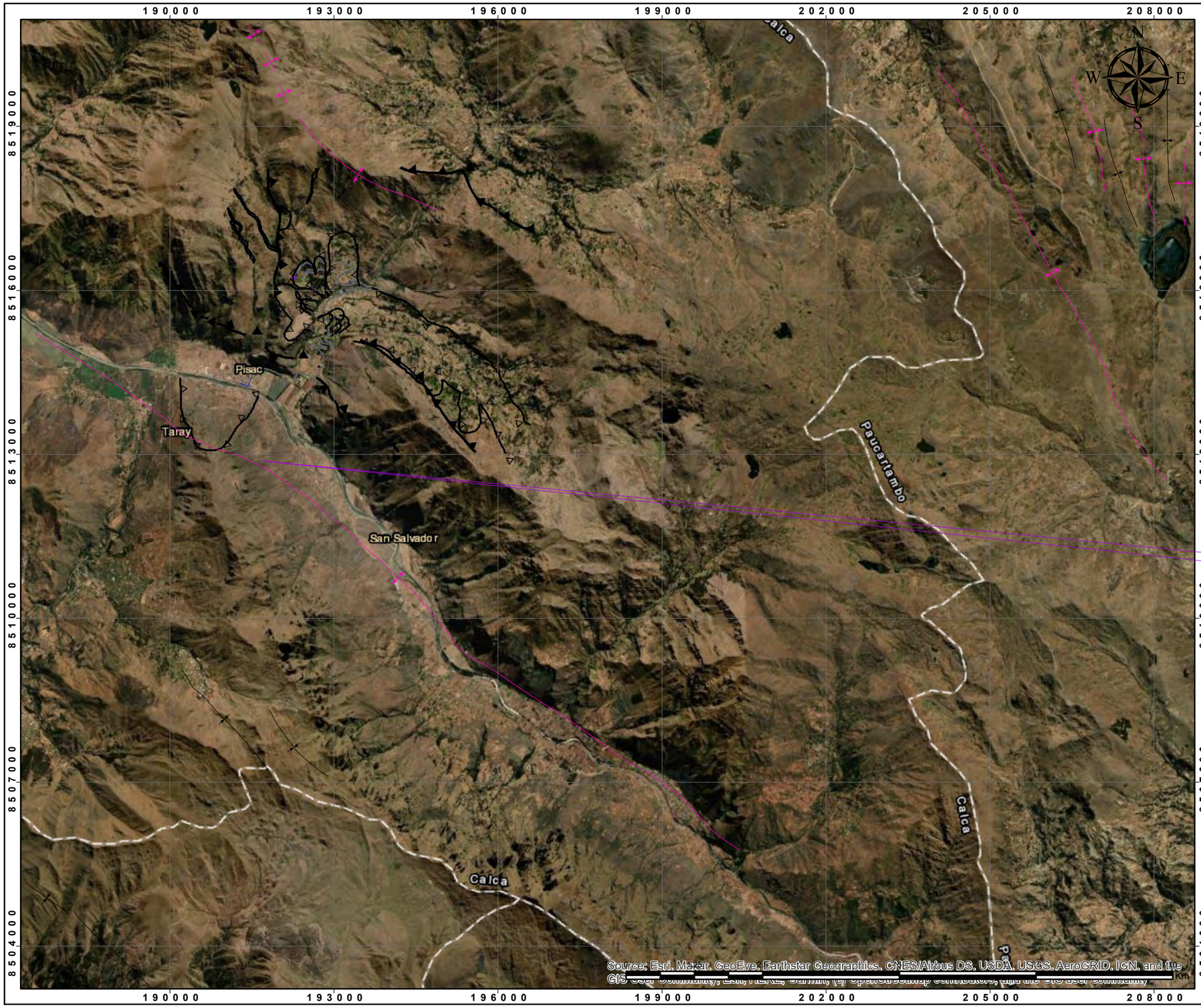
ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 KM - 9+300 KM) DEL DISTRITO DE PISAQ - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DEL CUSCO

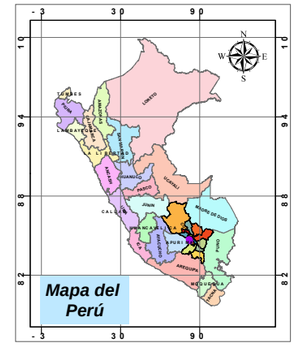
PLANO DE: GEOLOGÍA LOCAL

FECHA: JULIO 2026

HOJA:

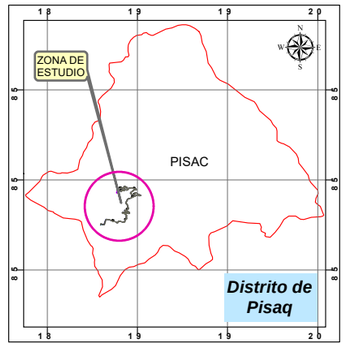
P-04











L E Y E N D A

Eje de anticlinal
Eje de anticlinal inferido
Eje de sinclinal
Eje de sinclinal inferido
Falla Normal
Carcavas
Deslizamiento





UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAB DEL CUSCO

DEPARTAMENTO: CUSCO
PROVINCIA: CALCA
DISTRITO: PISAQ

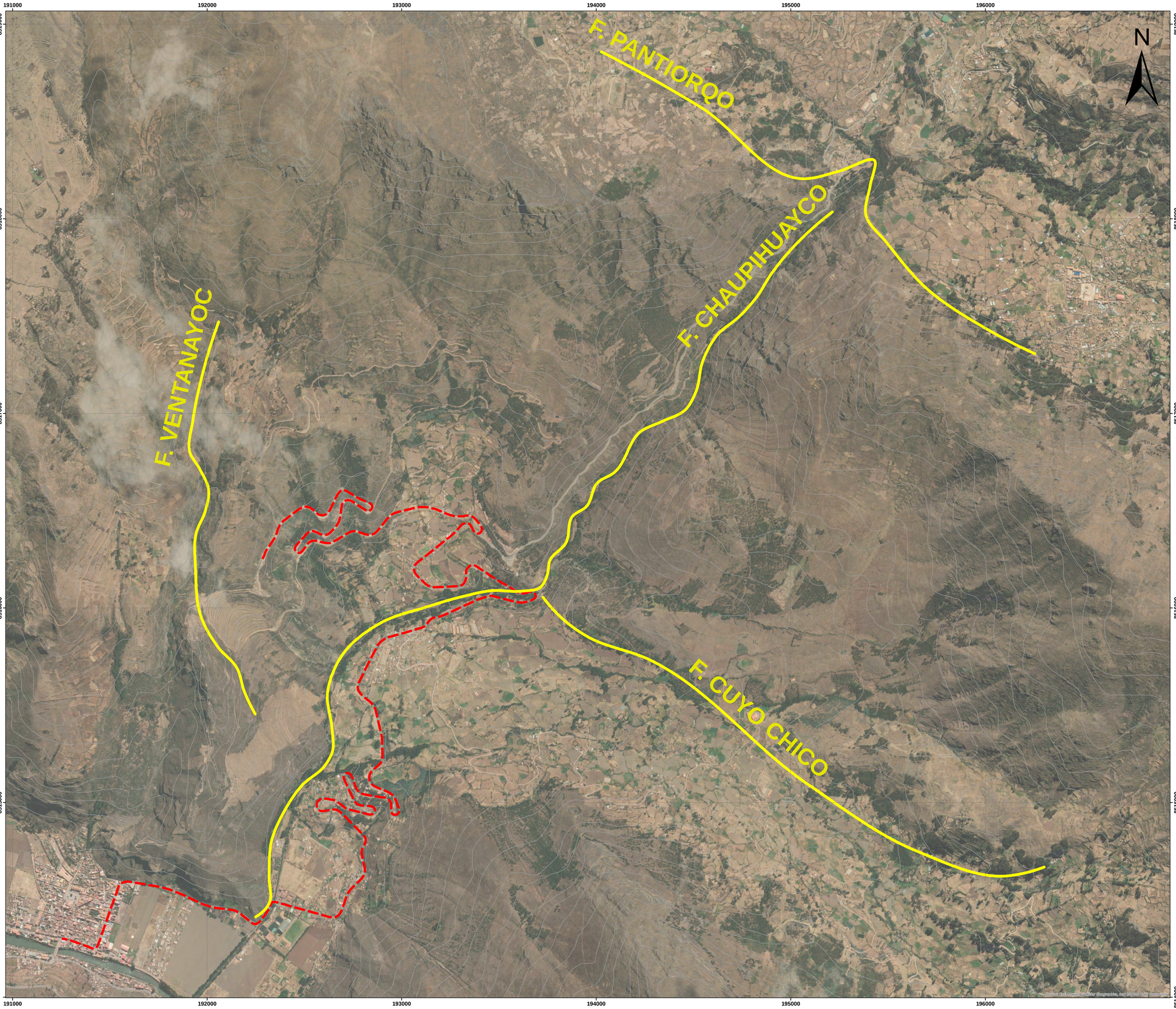
ELABORADO POR:
BACH.: CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH.: CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

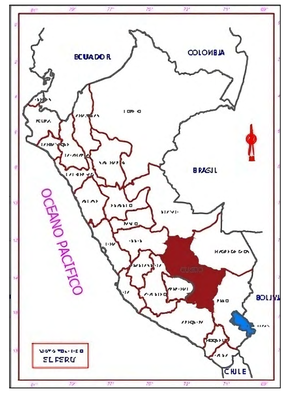
TESIS: **"ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 KM – 9+300 KM) DEL DISTRITO DE PISAQ - PROVINCIA DE CALCA – DEPARTAMENTO DEL CUSCO".**

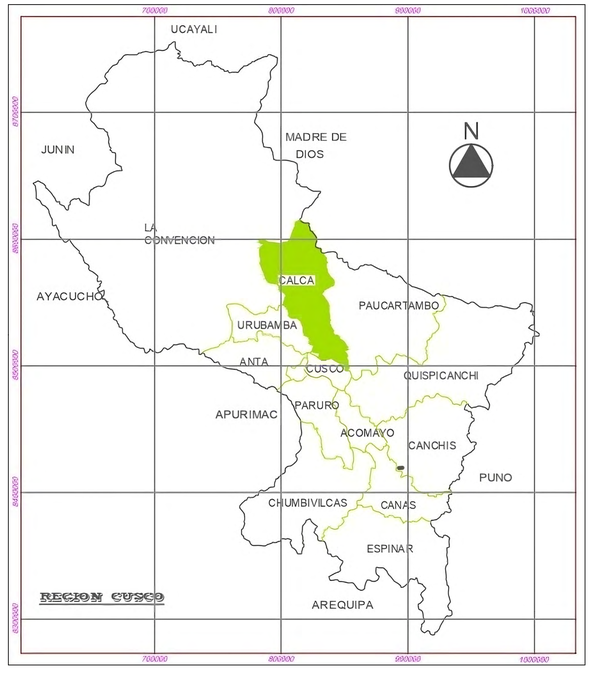
PLANO: GEOLOGICO ESTRUCTURAL

ESCALA: 1:75,000
FECHA: JULIO DEL 2026
ASESOR: Dr. Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA

CODIGO: **P-05**







ESCALA: 1/6750

0 245 490 980 Metros

LEYENDA

- FALLAS LOCALES
- TRAMO
- TOPOGRAFÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
CUSCO	CALCA	PISAQ

ELABORADO POR:

BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO

BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

ESCALA

INDICADA

TÍTULO DEL PROYECTO

ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 KM - 9+300 KM) DEL DISTRITO DE PISAQ - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DEL CUSCO

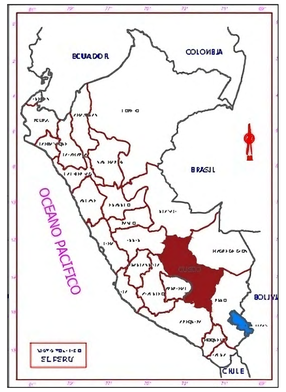
PLANO DE: ESTRUCTURAL

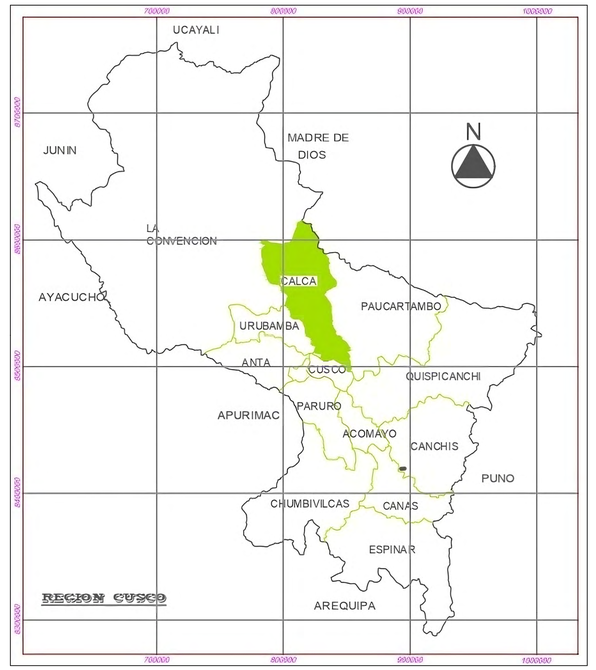
FECHA: JULIO 2026

HOJA:

P-06







ESCALA: 1/3500

0 125 250 500 Metros

LEYENDA

- DRENAJE
- TRAMO
- TOPOGRAFÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
CUSCO	CALCA	PISAQ

ELABORADO POR:

BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO

BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

ESCALA

INDICADA

TÍTULO DEL PROYECTO

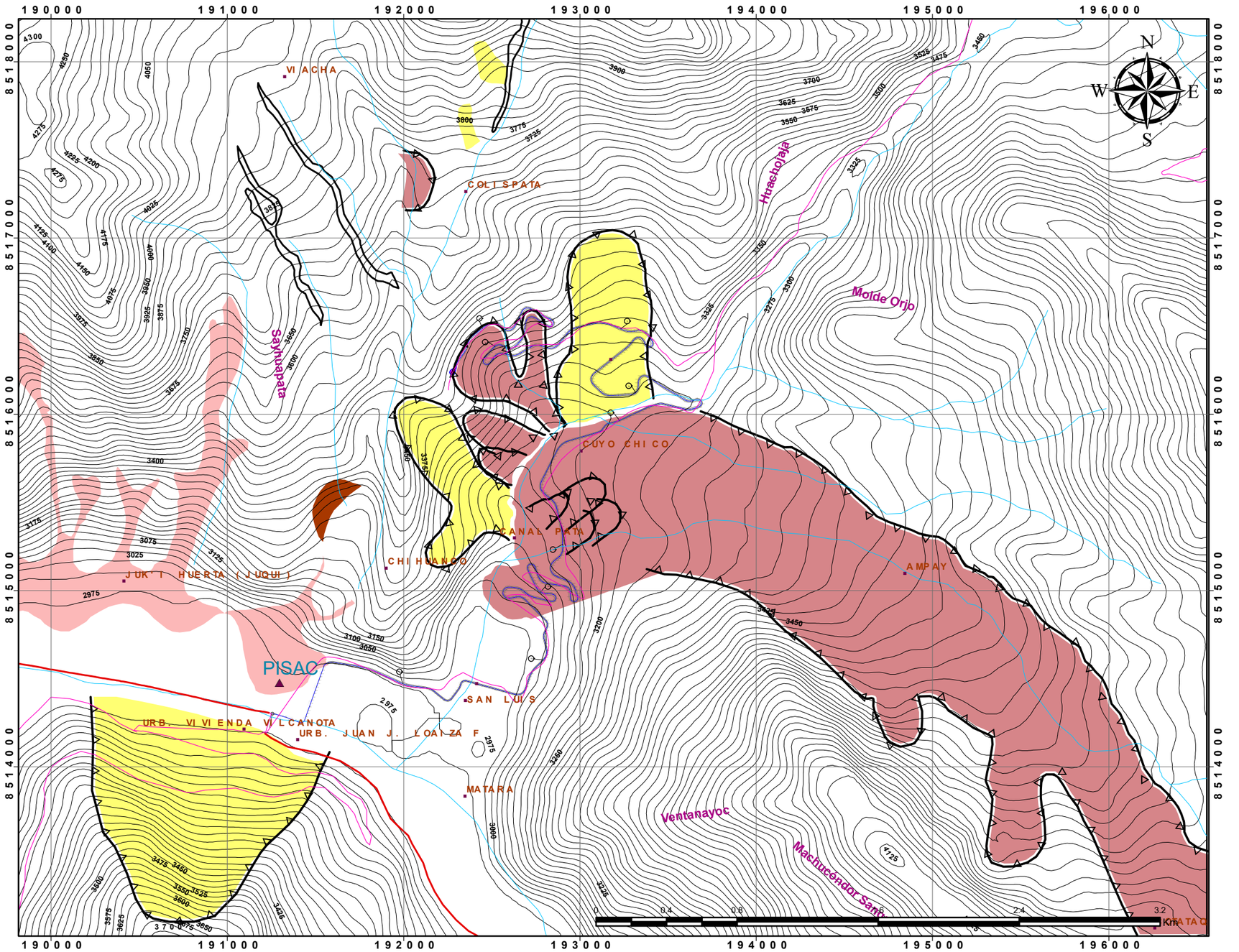
ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 KM - 9+300 KM) DEL DISTRITO DE PISAQ - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DEL CUSCO

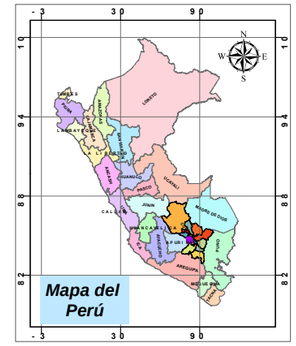
PLANO DE: HIDROLÓGICO

FECHA: JULIO 2026

HOJA:

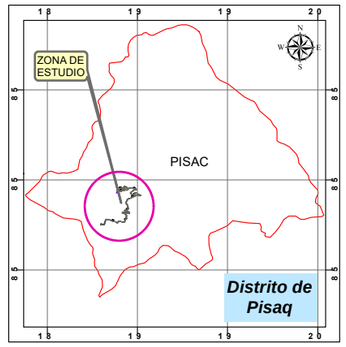
P-07











LEYENDA

- Centro poblado
- Capital distrital
- Capital provincial
- ASFALTADA
- AFIRMADA
- SIN AFIRMAR
- TROCHA CARROZABLE
- Rios
- Curvas

SIMBOLOGIA

- Carcavas
- Deslizamiento



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

DEPARTAMENTO: CUSCO
PROVINCIA: CALCA
DISTRITO: PISAQ

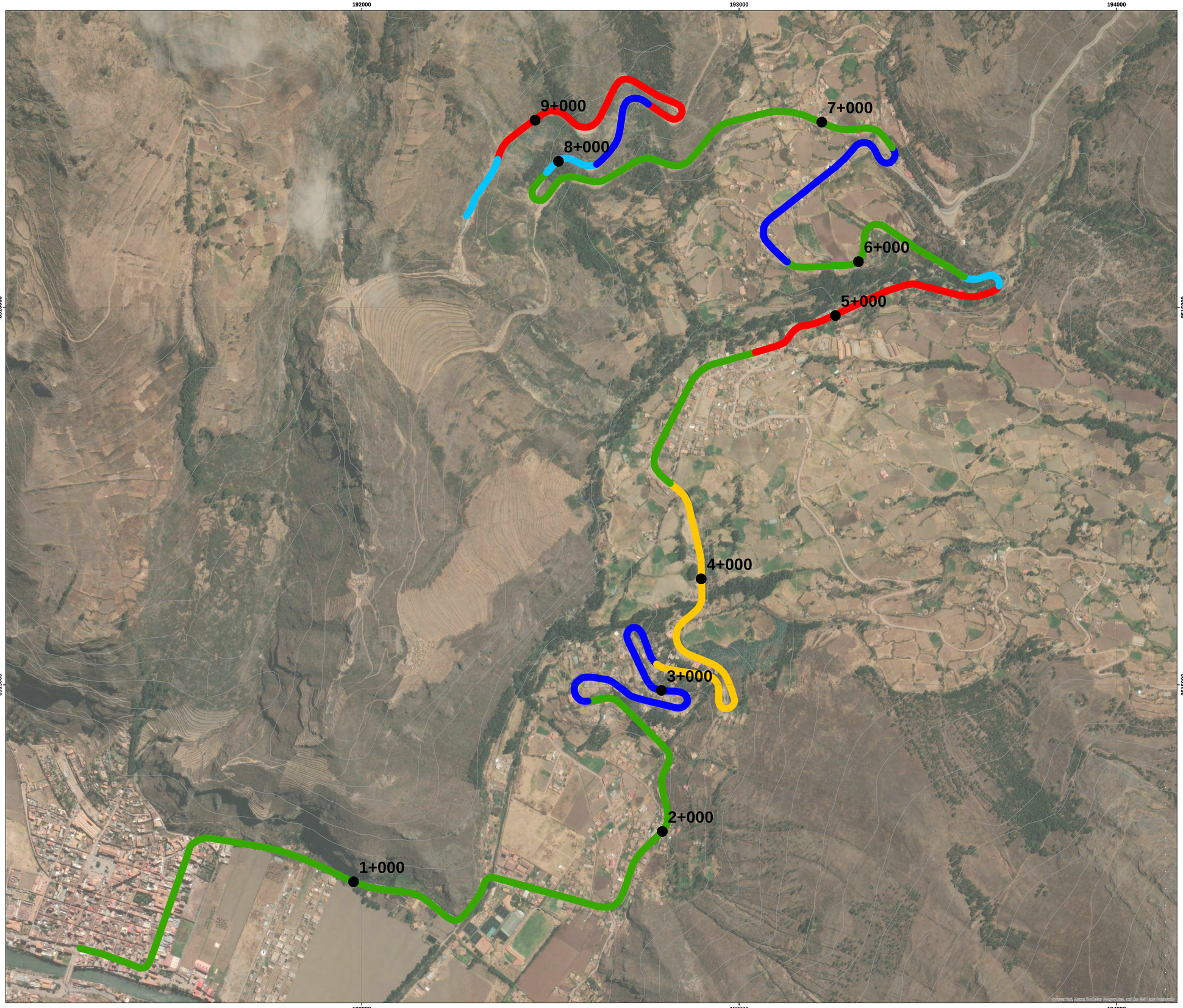
ELABORADO POR:
BACH.: CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
BACH.: CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

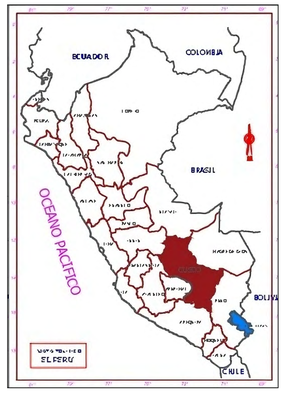
TESIS:
"ESTUDIO EOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA ISA ANTAC ACA RO M M DEL DISTRITO DE ISA ROVINCIA DE CALCA DEPARTAMENTO DEL CUSCO"

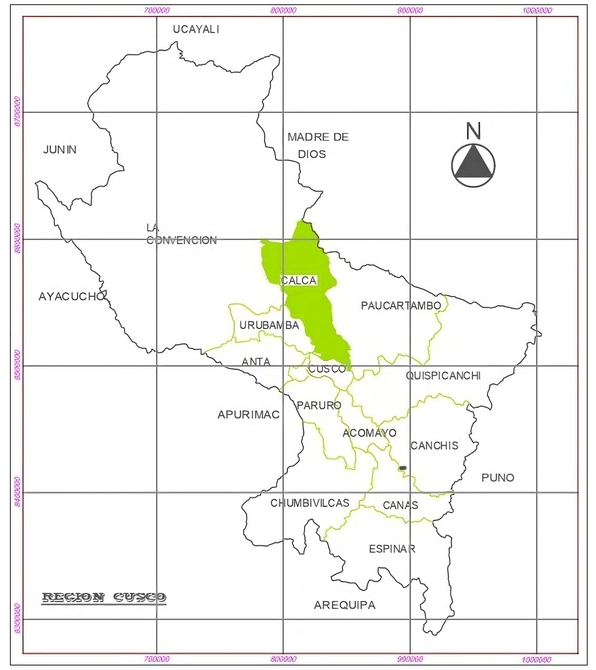
PLANO:
GEODINAMICA EXTERNA

ESCALA: 1:25,000
FECHA: JULIO DEL 2020
ASESOR: Dr. Ing. RONALD LOPEZ ZAPANA

CODIGO:
P-08







ESCALA: 1/3500

0 125 250 500 Metros

LEYENDA

- PROGRESIVAS

SUCS

- Suelo GC
- Suelo GM
- Suelo GP-GM
- Suelo ML
- Suelo SM
- TOPOGRAFÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGIA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
CUSCO	CALCA	PISAQ

ELABORADO POR:

BACH. CESAR SANTIAGO CHILO CUNO

BACH. CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO

ESCALA

INDICADA

TÍTULO DEL PROYECTO

ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 KM - 9+300 KM) DEL DISTRITO DE PISAQ - PROVINCIA DE CALCA - DEPARTAMENTO DEL CUSCO

PLANO DE:

GEOTÉCNICO SEGÚN CLASIFICACIÓN SUCS

FECHA: JULIO 2026

HOJA:

P-09

ANEXOS

ANEXO A: INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS

ANEXO A-1:
REGISTRO DE CALICATAS

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C - 1

SOLICITANTE	:	CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.	REALIZADO	:	
PROYECTO	:	ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)	FECHA DE EXCAVACION	:	21/04/2025
			PROFUNDIDAD TOTAL (m)	:	2.20
UBICACIÓN	:	PISAQ.- PROVINCIA DE CALCA- DEPARTAMENTO DE CUSCO	PROF. NIVEL FREATICO (m)	:	N.A.
COORDENADAS	:	0192691E 8514983S			

PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS / AASHTO	GRANULOMETRIA < 0.075 mm	0.075 mm a 4.750 mm	4.750 mm a 75 mm	L.L. %	L.P. %	H.N. %	Nº DE MUESTRA
0.10 0.60 1.00 2.00 2.20		Grava limosa,de forma angulosas, color marrón claro, ligeramente húmedo, no presenta plasticidad, compacto Hay presencia de raices en los primeros 0.50cm Presenta: Cantos pequeños 3"-5" :5% Cantos Grandes:5"- 8" :20% Cantos muy grandes 8"- 12" :15% Bolones 12"- 20" :0% Bloques >20" :0%	GM A-1-a(0)	12.2	12.1	75.7	—	NP	2.40	M-1 2.00
2.50 3.00 3.50 4.00 4.50 5.00										4.00

OBSERVACIONES :

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C - 2

SOLICITANTE	:	CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO..	REALIZADO	:	
PROYECTO	:	ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)	FECHA DE EXCAVACION	:	21/04/2025
			PROFUNDIDAD TOTAL (m)	:	2.50
UBICACIÓN	:	PISAQ.- PROVINCIA DE CALCA- DEPARTAMENTO DE CUSCO	PROF. NIVEL FREATICO (m)	:	2.50
COORDENADAS	:	0192885E 8515440S			

PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS / AASHTO	GRANULOMETRIA < 0.075 mm	GRANULOMETRIA 0.075 mm a 4.750 mm	GRANULOMETRIA 4.750 mm a 75 mm	L.L. %	L.P. %	H.N. %	Nº DE MUESTRA
0.10		Suelo de cobertura vegetal , presenta raices								S/M
0.30		Arena limosa con grava, de forma angulosa, color amarillento, ligeramente húmeda no presenta plasticidad, medianamente densa. Presenta cantos pequeños	SM A-2-4(0)	37.6	36.4	30.0	___	NP	6.70	M-1
0.70										
1.00		Grava arcillosa con arena, de forma angulosas, color amarillento, ligeramente húmedo, ligeramente plástico, medianamente compacto Presenta: Cantos pequeños 3"-5" :5% Cantos Grandes:5"- 8" :0% Cantos muy grandes 8"- 12" :0% Bolones 12"- 20" :0% Bloques >20" :0%	GC A-2-6(0)	31.2	23.5	45.3	34	22	7.90	M-2
1.30										
1.60										
1.70										
2.00										2.00
2.50										
3.00										
3.50										
4.00										4.00
4.50										
5.00										

OBSERVACIONES :

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C - 3

SOLICITANTE	:	CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.	REALIZADO	:	
PROYECTO	:	ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)	FECHA DE EXCAVACION	:	21/04/2025
			PROFUNDIDAD TOTAL (m)	:	2.50
UBICACIÓN	:	PISAQ.- PROVINCIA DE CALCA- DEPARTAMENTO DE CUSCO	PROF. NIVEL FREATICO (m)	:	2.50
COORDENADAS	:	0192885E 8515440S			

PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS / AASHTO	GRANULOMETRIA < 0.075 mm	GRANULOMETRIA 0.075 mm a 4.750 mm	GRANULOMETRIA 4.750 mm a 75 mm	L.L. %	L.P. %	H.N. %	Nº DE MUESTRA
0.10		Cobertura vegetal, presenta raices								S/M
0.40										
0.60		Grava limosa,de forma angulosas, color marrón claro, ligeramente húmedo, no presenta plasticidad, compacto	GM A-1-a(0)	12.6	26.0	61.4	__	NP	4.0	M -1
1.00		Presenta:								
		Cantos pequeños 3"-5" :5%								
		Cantos Grandes:5"- 8" :10%								
		Cantos muy grandes 8"- 12" :5%								
		Bolones 12"- 20" :5%								
1.30		Bloques >20" :15%								
1.60		Grava pobremente gradada con limo y arena,de forma angulosas, color marrón claro, ligeramente húmedo, no presenta plasticidad, compacto								
1.70		Presenta:	GP-GM A-1-a(0)	11.9	21.4	66.7	_-	NP	4.17	M -2
		Cantos pequeños 3"-5" :5%								
2.00		Cantos Grandes:5"- 8" :5%								2.00
		Cantos muy grandes 8"- 12" :5%								
		Bolones 12"- 20" :5%								
2.50		Bloques >20" :20%								
3.00										
3.50										
4.00										4.00
4.50										
5.00										

OBSERVACIONES :

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C - 4

SOLICITANTE	:	CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO	REALIZADO	:	
PROYECTO	:	ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)	FECHA DE EXCAVACION	:	21/04/2025
			PROFUNDIDAD TOTAL (m)	:	1.80
UBICACIÓN	:	PISAQ.- PROVINCIA DE CALCA- DEPARTAMENTO DE CUSCO	PROF. NIVEL FREATICO (m)	:	N.A.
COORDENADAS	:	0193689E 8519079S			

PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS / AASHTO	GRANULOMETRIA < 0.075 mm	0.075 mm a 4.750 mm	4.750 mm a 75 mm	L.L. %	L.P. %	H.N. %	Nº DE MUESTRA
0.10 – 1.80		Limoo arenoso , color marrón claro, ligeramente húmedo, no presenta plasticidad,medianamente compacto Presenta: Cantos pequeños 3"-5" :0% Cantos Grandes:5"- 8" :5% Cantos muy grandes 8"- 12" :5% Bolones 12"- 20" :10% Bloques >20" :20%	ML A-4(5)	60.8	37.3	1.9	—	NP	14.9	M- 1
2.00 – 5.00										

OBSERVACIONES :

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C - 5

SOLICITANTE	:	CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.	REALIZADO	:	
PROYECTO	:	ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)	FECHA DE EXCAVACION	:	21/04/2025
			PROFUNDIDAD TOTAL (m)	:	2.50
UBICACIÓN	:	PISAQ.- PROVINCIA DE CALCA- DEPARTAMENTO DE CUSCO	PROF. NIVEL FREATICO (m)	:	N.A.
COORDENADAS	:	0193615E 8516070S			

PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS / AASHTO	GRANULOMETRIA < 0.075 mm	GRANULOMETRIA 0.075 mm a 4.750 mm	GRANULOMETRIA 4.750 mm a 75 mm	L.L. %	L.P. %	H.N. %	Nº DE MUESTRA
0.10		Suelo de cobertura vegetal								S/M
0.60		Grava limosa con arena,de forma angulosas, color marrón claro, ligeramente húmedo, no presenta plasticidad,muy compacto Presenta: Cantos pequeños 3"-5" :0% Cantos Grandes:5"- 8" :10% Cantos muy grandes 8"- 12" :15% Bolones 12"- 20" :0% Bloques >20" :10%	GM A-1-a(0)	14.5	20.9	64.6	—	NP	3.7	M-1
1.00										
1.30										
1.60										
1.70										
2.00										2.00
2.50										
3.00										
3.50										
4.00										4.00
4.50										
5.00										

OBSERVACIONES :

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C - 6

SOLICITANTE	:	CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.	REALIZADO :		
PROYECTO	:	ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA	FECHA DE EXCAVACION	:	21/04/2025
		CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)	PROFUNDIDAD TOTAL (m)	:	2.70
UBICACIÓN	:	PISAQ.- PROVINCIA DE CALCA- DEPARTAMENTO DE CUSCO	PROF. NIVEL FREATICO (m)	:	N.A.
COORDENADAS	:	0193360E 8516405S			

PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS / AASHTO	GRANULOMETRIA < 0.075 mm	GRANULOMETRIA 0.075 mm a 4.750 mm	GRANULOMETRIA 4.750 mm a 75 mm	L.L. %	L.P. %	H.N. %	Nº DE MUESTRA
0.10		Arena limosa con grava,de forma angulosas, color marrón, ligeramente húmedo, no presenta plasticidad, compacto Presenta: Cantos pequeños 3"-5" :5% Cantos Grandes:5"- 8" :0% Cantos muy grandes 8"- 12" :0% Bolones 12"- 20" :0% Bloques >20" :0%	SM A-2-4(0)	26.0	39.2	34.8	—	NP	6.6	M-1
0.60										
1.00										
1.30										
1.60										
1.70										
2.00										2.00
2.50										
2.70										
3.00										
3.50										
4.00										4.00
4.50										
5.00										

OBSERVACIONES :

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C - 7

SOLICITANTE	:	CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.	REALIZADO	:	Ing. Karín Polinario Casimiro
PROYECTO	:	ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)	FECHA DE EXCAVACION	:	21/04/2025
			PROFUNDIDAD TOTAL (m)	:	1.70
UBICACIÓN	:	PISAQ.- PROVINCIA DE CALCA- DEPARTAMENTO DE CUSCO	PROF. NIVEL FREATICO (m)	:	N.A.
COORDENADAS	:	0192553E 8516385S			

PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS / AASHTO	GRANULOMETRIA < 0.075 mm	GRANULOMETRIA 0.075 mm a 4.750 mm	GRANULOMETRIA 4.750 mm a 75 mm	L.L. %	L.P. %	H.N. %	Nº DE MUESTRA
0.10 – 1.70		Grava limosa con arena,de forma angulosas, color marrón claro, ligeramente húmedo, no presenta plasticidad, muy compacto Presenta: Cantos pequeños 3"-5" :5% Cantos Grandes:5"- 8" :20% Cantos muy grandes 8"- 12" :5% Bolones 12"- 20" :5% Bloques >20" :0%	GM A-1-a(0)	14.9	26.1	59.0	—	NP	4.1	M - 1
2.00 – 5.00										

OBSERVACIONES :

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C - 8

SOLICITANTE	:	CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.	REALIZADO	:	In
PROYECTO	:	ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)	FECHA DE EXCAVACION	:	21/04/2025
			PROFUNDIDAD TOTAL (m)	:	2.30
UBICACIÓN	:	PISAQ.- PROVINCIA DE CALCA- DEPARTAMENTO DE CUSCO	PROF. NIVEL FREATICO (m)	:	N.A.
COORDENADAS	:	0192765E 8516570S			

PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS / AASHTO	GRANULOMETRIA < 0.075 mm	GRANULOMETRIA 0.075 mm a 4.750 mm	GRANULOMETRIA 4.750 mm a 75 mm	L.L. %	L.P. %	H.N. %	Nº DE MUESTRA
0.10		Suelo de cobertura vegetal								
0.50		Presenta un lente de cantos pequeños en un espesos de 0.30								S/M
0.80										
1.00		Limo arenoso de baja plasticidad con grava,de forma angulosas, color marrón claro, ligeramente húmedo, no presenta plasticidad, muy compacto	ML A-4(3)	52	32.3	15.7	__	NP	10.6	M-1
1.30		Presenta:								
1.60		Cantos pequeños 3"-5" :5%								
1.70		Cantos Grandes:5"- 8" :0%								
2.00		Cantos muy grandes 8"- 12" :0%								2.00
2.30		Bolones 12"- 20" :0%								
2.50		Bloques >20" :0%								
3.00										
3.50										
4.00										4.00
4.50										
5.00										

OBSERVACIONES :

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C - 9

SOLICITANTE	:	CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.	REALIZADO	:	
PROYECTO	:	ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)	FECHA DE EXCAVACION	:	21/04/2025
			PROFUNDIDAD TOTAL (m)	:	1.50
UBICACIÓN	:	PISAQ.- PROVINCIA DE CALCA- DEPARTAMENTO DE CUSCO	PROF. NIVEL FREATICO (m)	:	N.A.
COORDENADAS	:	0192482E 8516512S			

PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS / AASHTO	GRANULOMETRIA < 0.075 mm	GRANULOMETRIA 0.075 mm a 4.750 mm	GRANULOMETRIA 4.750 mm a 75 mm	L.L. %	L.P. %	H.N. %	Nº DE MUESTRA
0.10		Suelo de cobertura vegetal, presenta raices								S/M
0.50										
0.60		Arena limosa con grava,de forma angulosas, color amarillento ligeramente húmedo, no presenta plasticidad, muy compacto Presenta: Cantos pequeños 3"-5" :5% Cantos Grandes:5"- 8" :0% Cantos muy grandes 8"- 12" :0% Bolones 12"- 20" :0% Bloques >20" :0%	SM A-2-4(0)	35.2	44.3	20.5	—	NP	7.8	M-1
1.00										
1.50										
2.00										2.00
2.50										
3.00										
3.50										
4.00										4.00
4.50										
5.00										

OBSERVACIONES :

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C - 10

SOLICITANTE	:	CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.	REALIZADO	:	
PROYECTO	:	ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)	FECHA DE EXCAVACION	:	21/04/2025
			PROFUNDIDAD TOTAL (m)	:	2.00
UBICACIÓN	:	PISAQ.- PROVINCIA DE CALCA- DEPARTAMENTO DE CUSCO	PROF. NIVEL FREATICO (m)	:	N.A.
COORDENADAS	:	0192373E 8516423S			

PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS / AASHTO	GRANULOMETRIA < 0.075 mm	GRANULOMETRIA 0.075 mm a 4.750 mm	GRANULOMETRIA 4.750 mm a 75 mm	L.L. %	L.P. %	H.N. %	Nº DE MUESTRA
0.10		Grava pobremente gradada con limo y arena,de forma angulosas, color marrón claro, ligeramente húmedo, no presenta plasticidad,muy compacto Presenta: Cantos pequeños 3"-5" :5% Cantos Grandes:5"- 8" :0% Cantos muy grandes 8"- 12" :0% Bolones 12"- 20" :0% Bloques >20" :0%	GP- GM A-1-a(0)	9.6	25.7	64.7	—	NP	6.31	M-1
0.60										
1.00										
1.50										
2.00										2.00
2.50										
3.00										
3.50										
4.00										4.00
4.50										
5.00										

OBSERVACIONES :

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C - 11

SOLICITANTE	:	CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.	**REALIZADO**	:	
PROYECTO	:	**ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)**	**FECHA DE EXCAVACION**	:	21/04/2025
			PROFUNDIDAD TOTAL (m)	:	3.00
UBICACIÓN	:	PISAQ.- PROVINCIA DE CALCA- DEPARTAMENTO DE CUSCO	**PROF. NIVEL FREATICO (m)**	:	N.A.
COORDENADAS	:	0192697E 8516449S			

PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO Clasificación técnica; forma del material granular; color; contenido de humedad; índice de plasticidad / compresibilidad; grado de compacidad / consistencia; Otros: presencia de oxidaciones y material orgánico; porcentaje estimado de boleos / cantos, etc.	SUCS / AASHTO	GRANULOMETRIA < 0.075 mm	GRANULOMETRIA 0.075 mm a 4.750 mm	GRANULOMETRIA 4.750 mm a 75 mm	L.L. %	L.P. %	H.N. %	Nº DE MUESTRA
0.10		Suelo de cobertura vegetal , presenta raices								S/M
0.50										
0.60		Grava pobremente gradada con limo y arena,forma angulosas y alargadas, color marrón, ligeramente húmedo, no presenta plasticidad, muy compacto	GP-GM A-1-a(0)	10.6	17.1	72.3	__	NP	3.7	M-1
1.00		Presenta:								
1.30		Cantos pequeños 3"-5" :5%								
1.60		Cantos Grandes:5"- 8" :10%								
1.70		Cantos muy grandes 8"- 12" :15%								
2.00		Bolones 12"- 20" :0%								2.00
2.50		Bloques >20" :5%								
3.00										
3.50										
4.00										4.00
4.50										
5.00										

OBSERVACIONES :

REGISTRO DE EXCAVACIÓN

CALICATA : C - 12

SOLICITANTE	:	CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.	**REALIZADO**	:	
PROYECTO	:	**ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)**	**FECHA DE EXCAVACION**	:	21/04/2025
			PROFUNDIDAD TOTAL (m)	:	3.00
UBICACIÓN	:	PISAQ.- PROVINCIA DE CALCA- DEPARTAMENTO DE CUSCO	**PROF. NIVEL FREATICO (m)**	:	N.A.
COORDENADAS	:	0192734E 8516550S			

PROF. (m)	GRAFICO	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS / AASHTO	GRANULOMETRIA < 0.075 mm	0.075 mm a 4.750 mm	4.750 mm a 75 mm	L.L. %	L.P. %	H.N. %	Nº DE MUESTRA
0.10 – 0.60 – 0.90		Suelo de cobertura vegetal, presenta raices, con cantos pequeños aislados								S/M
1.00 – 1.30 – 1.60 – 1.70 – 2.00 – 2.50 – 3.00		Limo arenoso de baja plasticidad, color marrón claro, ligeramente húmedo, no presenta plasticidad, compacto Presenta: Cantos pequeños 3"-5" :5% Cantos Grandes:5"- 8" :0% Cantos muy grandes 8"- 12" :0% Bolones 12"- 20" :0% Bloques >20" :0%	ML A-4(3)	50.1	44.8	5.1	_	NP	8.4	M-1
3.50 – 4.00 – 4.50 – 5.00										

OBSERVACIONES :

ANEXO A-2:
REGISTRO DE ENSAYOS DPL

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

REGISTRO DE SONDAJE

PERFORACION : DPL - 01

PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.

COORDENADAS : E 0192691 N 8514983 C- 1

UBICACIÓN : PISAC- CALCA- CUSCO

METODO DE PERFORACION : Penetración Dinámico

FECHA DE PERFORACIO : 21/04/2025

PROGRESIVA

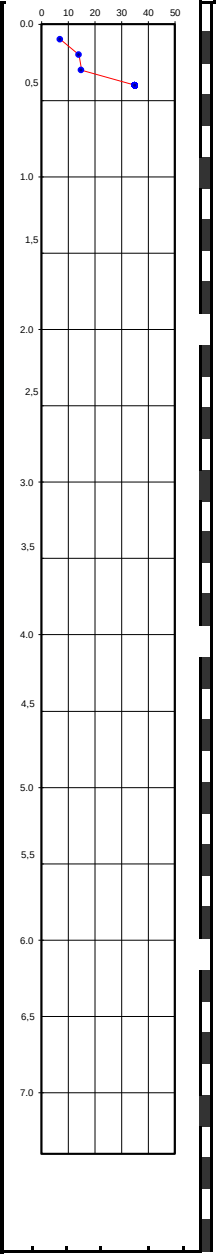
REALIZADO :

REVISADO :

PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 0.40

PROF. NIVEL FREATICO (m) : N.A

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	CORRELACIONES N SPT	CORRELACIONES Φ (°) suelo friccionante	CORRELACIONES c (Kg/cm²) suelo cohesivo	ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA N_{DPL} = Nº de golpes / 10 cm
1.00	Grava limosa Con presencia de cantos	GM				
1.50						
2.00						
2.20						
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						



OBSERVACIONES : Se obtuvo rechazo

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

REGISTRO DE SONDAJE

PERFORACION : DPL - 02

PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.

COORDENADAS : E 0192885 N 8515440 C- 2

REALIZADO :

UBICACIÓN : PISAC- CALCA- CUSCO

REVISADO :

METODO DE PERFORACION : Penetración Dinámico

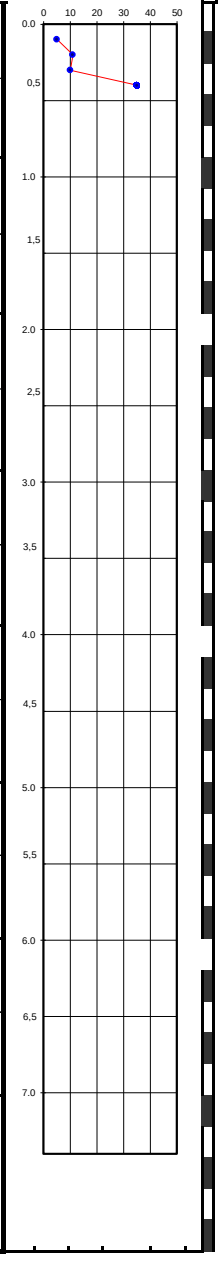
PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 0.40

FECHA DE PERFORACION : 21/04/2025

PROF. NIVEL FREATICO (m) : N.A

PROGRESIVA

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	CORRELACIONES N SPT	Φ (°) suelo friccionante	c (Kg/cm²) suelo cohesivo	ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA N_{DPL} = Nº de golpes / 10 cm
1.00	Arena limosa con gravas Con presencia de cantos	SM				
1.50						
2.00						
2.50						
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						



OBSERVACIONES : Se obtuvo rechazo

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

REGISTRO DE SONDAJE

PERFORACION : DPL - 03

PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.

COORDENADAS : E 0193681 N 8516060 C- 3

REALIZADO :

UBICACIÓN : PISAC- CALCA- CUSCO

REVISADO :

METODO DE PERFORACION : Penetración Dinámico

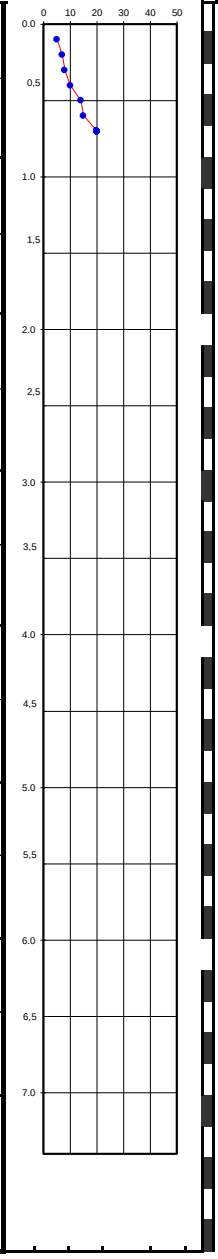
PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 0.70

FECHA DE PERFORACION : 21/04/2025

PROF. NIVEL FREATICO (m) : N.A

PROGRESIVA

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	CORRELACIONES N SPT	CORRELACIONES Φ (°) suelo friccionante	CORRELACIONES c (Kg/cm²) suelo cohesivo	ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA N_{DPL} = Nº de golpes / 10 cm
1.00	Grava limosa con arena Con presencia de cantos	GM	18	34.0	-	
1.30						
1.50						
2.00	Grava pobremente gradada con limo y arena Con presencia de cantos y bloques	GP- GM				
2.50						
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						



OBSERVACIONES : Se obtuvo rechazo

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

REGISTRO DE SONDAJE

PERFORACION : DPL - 04

PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.

COORDENADAS : E 0193689 N 8516079 C- 4

UBICACIÓN : PISAC- CALCA- CUSCO

METODO DE PERFORACION : Penetración Dinámico

FECHA DE PERFORACION : 21/11/2017

PROGRESIVA

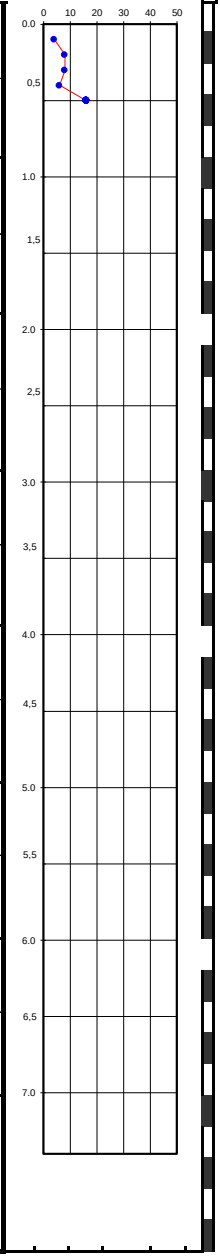
REALIZADO : Téc. Wilfredo Zevillanos

REVISADO : Ing. Karín Polinario Casimiro

PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 0.50

PROF. NIVEL FREATICO (m) : N.A

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	CORRELACIONES N SPT	CORRELACIONES Φ (°) suelo friccionante	CORRELACIONES c (Kg/cm²) suelo cohesivo	ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA N_{DPL} = Nº de golpes / 10 cm
1.00	Limo arenoso de baja plasticidad, con presencia de cantos ybloques	ML	16	32.9	-	
1.50						
1.80						
2.00						
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						



OBSERVACIONES : Se obtuvo rechazo

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

REGISTRO DE SONDAJE

PERFORACION : DPL - 05

PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.

COORDENADAS : E 0193615 N 8516070 C- 5

UBICACIÓN : PISAC- CALCA- CUSCO

METODO DE PERFORACION : Penetración Dinámico

FECHA DE PERFORACION : 21/04/2025

PROGRESIVA

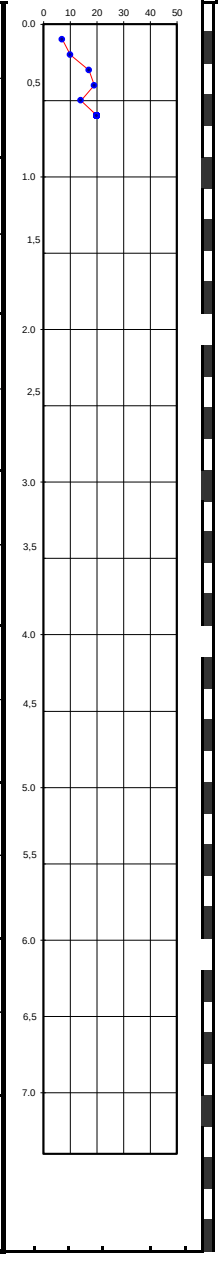
REALIZADO :

REVISADO :

PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 0.60

PROF. NIVEL FREATICO (m) : N.A

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	CORRELACIONES N SPT	CORRELACIONES Φ (°) suelo friccionante	CORRELACIONES c (Kg/cm²) suelo cohesivo	ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA N_{DPL} = Nº de golpes / 10 cm
1.00	Grava limosa con arena Con presencia de cantos y bloques	GM	20	35.0	-	
1.50						
2.00						
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						



OBSERVACIONES : Se obtuvo rechazo

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

REGISTRO DE SONDAJE

PERFORACION : DPL - 06

PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.

COORDENADAS : E 0193360 N 8516405 C- 6

UBICACIÓN : PISAC- CALCA- CUSCO

METODO DE PERFORACION : Penetración Dinámico

FECHA DE PERFORACION : 21/04/2025

PROGRESIVA

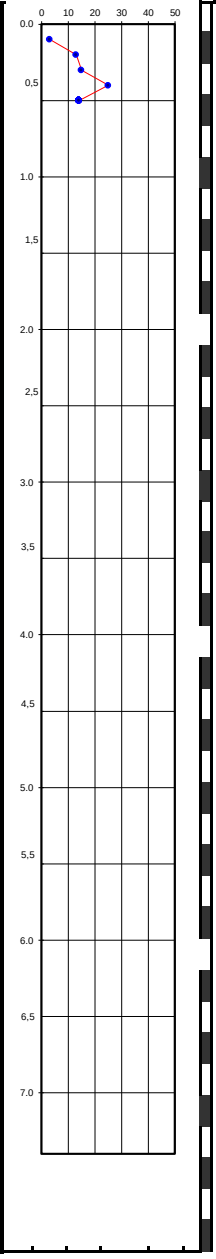
REALIZADO :

REVISADO :

PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 0.50

PROF. NIVEL FREATICO (m) : N.A

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	CORRELACIONES N SPT	CORRELACIONES Φ (°) suelo friccionante	CORRELACIONES c (Kg/cm²) suelo cohesivo	ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA N_{DPL} = Nº de golpes / 10 cm
1.00	Arena limosa con grava Con presencia de cantos aislados	SM	14	31.7	-	
1.50						
2.00						
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						



OBSERVACIONES : Se obtuvo rechazo

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

REGISTRO DE SONDAJE

PERFORACION : DPL - 07

PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.

COORDENADAS : E 0192553 N 8516385 C- 7

UBICACIÓN : PISAC- CALCA- CUSCO

METODO DE PERFORACION : Penetración Dinámico

FECHA DE PERFORACION : 21/04/2025

PROGRESIVA

REALIZADO :

REVISADO :

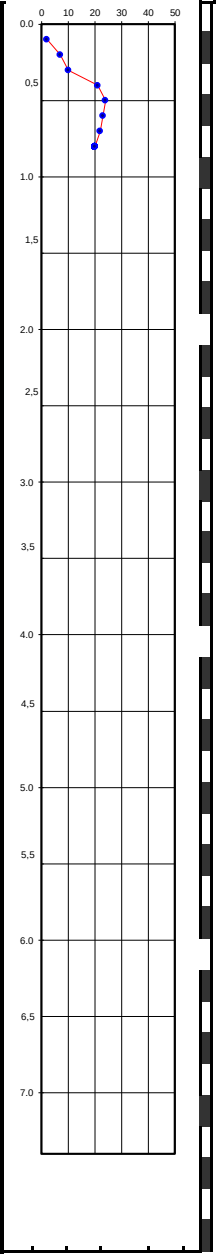
PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 0.80

PROF. NIVEL FREATICO (m) : N.A

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	CORRELACIONES N SPT	CORRELACIONES Φ (°) suelo friccionante	CORRELACIONES c (Kg/cm²) suelo cohesivo
1.00	Grava limosa con arena Con presencia de cantos	GM	21	35.5	-
1.50					
1.70					
2.00					
3.00					
4.00					
5.00					
6.00					
7.00					
8.00					

ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA

N_{DPL} = Nº de golpes / 10 cm



OBSERVACIONES : Se obtuvo rechazo

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

REGISTRO DE SONDAJE

PERFORACION : DPL - 08

PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.

COORDENADAS : E 0192765 N 8516570 C- 8

UBICACIÓN : PISAC- CALCA- CUSCO

METODO DE PERFORACION : Penetración Dinámico

FECHA DE PERFORACION : 21/04/2025

PROGRESIVA

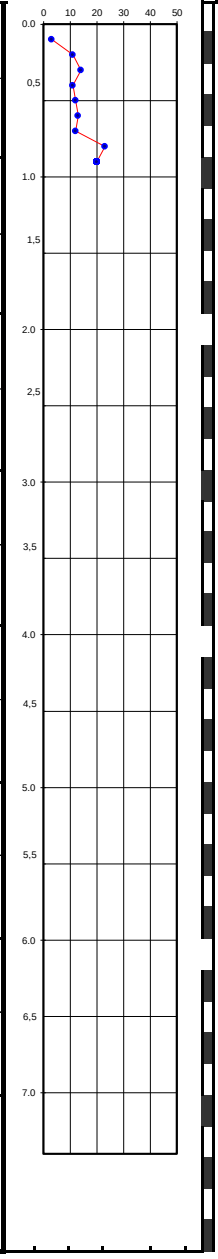
REALIZADO :

REVISADO :

PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 0.90

PROF. NIVEL FREATICO (m) : N.A

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	CORRELACIONES N SPT	CORRELACIONES Φ (°) suelo friccionante	CORRELACIONES c (Kg/cm²) suelo cohesivo	ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA N_{DPL} = Nº de golpes / 10 cm
1.00	Limo arenoso de baja plasticidad con grava	ML	16	32.9	-	
1.20						
1.50						
2.00						
2.30						
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						



OBSERVACIONES : Se obtuvo rechazo

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

REGISTRO DE SONDAJE

PERFORACION : DPL - 09

PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.

COORDENADAS : E 0192482 N 8516512 C- 9

REALIZADO :

UBICACIÓN : PISAC- CALCA- CUSCO

REVISADO :

METODO DE PERFORACION : Penetración Dinámico

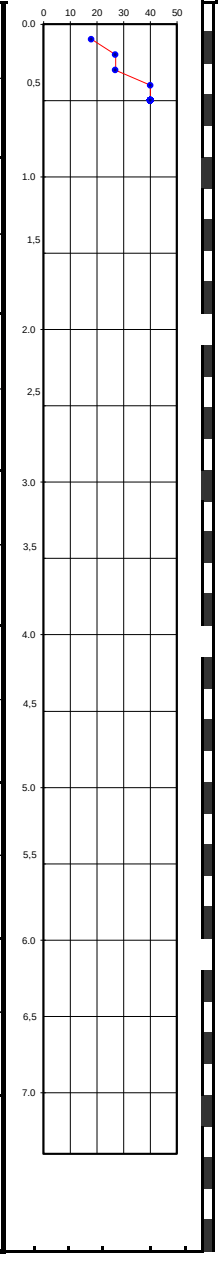
PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 0.50

FECHA DE PERFORACION : 21/04/2025

PROF. NIVEL FREATICO (m) : N.A

PROGRESIVA

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	CORRELACIONES N SPT	CORRELACIONES Φ (°) suelo friccionante	CORRELACIONES c (Kg/cm²) suelo cohesivo	ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA N_{DPL} = Nº de golpes / 10 cm
1.00	Arena limosa con grava	SM	40	43.3	-	
1.20						
1.50						
2.00						
2.30						
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						



OBSERVACIONES : Se obtuvo rechazo

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

REGISTRO DE SONDAJE

PERFORACION : DPL - 10

PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.

COORDENADAS : E 0192373 N 8516423 C- 10

UBICACIÓN : PISAC- CALCA- CUSCO

METODO DE PERFORACION : Penetración Dinámico

FECHA DE PERFORACION : 21/04/2025

PROGRESIVA

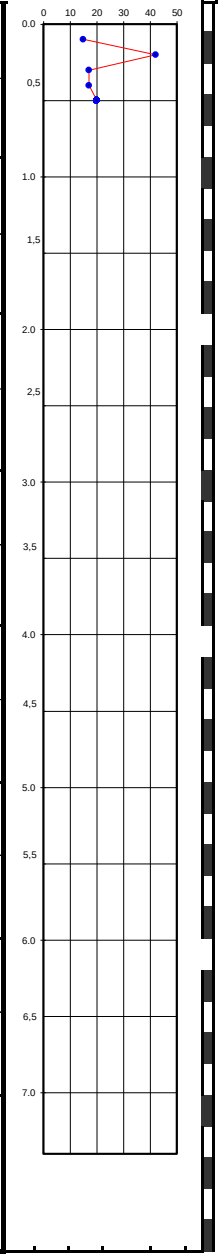
REALIZADO :

REVISADO :

PROFUNDIDAD TOTAL (m) : 0.50

PROF. NIVEL FREATICO (m) : N.A

PROF. (m)	DESCRIPCION DEL SUELO	SUCS	CORRELACIONES N SPT	CORRELACIONES Φ (°) suelo friccionante	CORRELACIONES c (Kg/cm²) suelo cohesivo	ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA LIGERA N_{DPL} = Nº de golpes / 10 cm
1.00	Grava pobremente gradada con limo y arena	GP-GM	20	35.0	-	
1.20						
1.50						
2.00						
2.30						
3.00						
4.00						
5.00						
6.00						
7.00						
8.00						



OBSERVACIONES : Se obtuvo rechazo

ANEXO A-3:
ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

DENSIDAD DE SUELO Y ROCA IN SITU POR EL METODO DE REEMPLAZO DE AGUA

(NORMA ASTM D 5030)

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)**

SOLICITANTE : **CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.**

UBICACIÓN : **PISAQ-CALCA- CUSCO**

DATOS DE LA MUESTRA

Sondaje	: **C - 1**	**SUCS**	**GM**
Densidad	: **D - 1**	**Prof(m)**	**1.00**
Fecha	: **25/04/2025**		



DATOS DEL ENSAYO

Tamaño máximo	**Pulg.**	**4**

Volumen sobrante	(cm^3)	14,093.00
Volumen inicial	(cm^3)	18,970.00
Volumen final	(cm^3)	4,877.00
Peso de la muestra	(g)	9,750.00
Densidad húmeda	**(g/cm^3)**	**2.00**

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° de tara		K-19
Peso de tara	(g)	110.77
P. tara + muestra húmeda	(g)	1,388.81
P. tara + muestra seca	(g)	1,342.36
Contenido de humedad	**(%)**	**3.77**

Densidad seca	**(g/cm^3)**	**1.93**

OBSERVACIONES :

AV. TUPAC AMARU N° 389-SANTA ANITA- TELF: 3624983/ 980164830/ 998821689 E-mail: kanopolinario@hotmail.com

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

DENSIDAD DE SUELO Y ROCA IN SITU POR EL METODO DE REEMPLAZO DE AGUA

(NORMA ASTM D 5030)

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)**

SOLICITANTE : **CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.**

UBICACIÓN : **PISAQ-CALCA- CUSCO**

DATOS DE LA MUESTRA

Sondaje	: **C - 2**	**SUCS**	: **GC**
Densidad	: **D - 2**	**Prof(m)**	**0.90**
Fecha	: **25/04/2025**		



DATOS DEL ENSAYO

Tamaño máximo	**Pulg.**	**4**

Volumen sobrante	(cm^3)	14,517.00
Volumen inicial	(cm^3)	19,600.00
Volumen final	(cm^3)	5,083.00
Peso de la muestra	(g)	7,745.00
Densidad húmeda	**(g/cm^3)**	**1.52**

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° de tara		k-18
Peso de tara	(g)	111.38
P. tara + muestra húmeda	(g)	925.08
P. tara + muestra seca	(g)	864.71
Contenido de humedad	**(%)**	**8.01**

Densidad seca	**(g/cm^3)**	**1.41**

OBSERVACIONES :

AV. TUPAC AMARU N° 389-SANTA ANITA- TELF: 3624983/ 980164830/ 998821689 E-mail: kanopolinario@hotmail.com

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

DENSIDAD DE SUELO Y ROCA IN SITU POR EL METODO DE REEMPLAZO DE AGUA

(NORMA ASTM D 5030)

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)**

SOLICITANTE : **CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.**

UBICACIÓN : **PISAQ-CALCA- CUSCO**

DATOS DE LA MUESTRA

Sondaje : **C - 04** **SUCS** : **ML**

Densidad : **D - 3** **Prof(m)** **1.80**

Fecha : **25/04/2025**



DATOS DEL ENSAYO

Tamaño máximo	**Pulg.**	**5**

Volumen sobrante	(cm^3)	___
Volumen inicial	(cm^3)	___
Volumen total	(cm^3)	149,402.00
Peso de la muestra	(g)	242,330.00
Densidad húmeda	**(g/cm^3)**	**1.62**

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° de tara		K-17
Peso de tara	(g)	126.81
P. tara + muestra húmeda	(g)	1,176.83
P. tara + muestra seca	(g)	1,067.81
Contenido de humedad	**(%)**	**11.59**

Densidad seca	**(g/cm^3)**	**1.45**

OBSERVACIONES :

AV. TUPAC AMARU N° 389-SANTA ANITA- TELF: 3624983/ 980164830/ 998821689 E-mail: kanopolinario@hotmail.com

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

DENSIDAD DE SUELO Y ROCA IN SITU POR EL METODO DE REEMPLAZO DE AGUA

(NORMA ASTM D 5030)

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)**

SOLICITANTE : **CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.**

UBICACIÓN : **PISAQ-CALCA- CUSCO**

DATOS DE LA MUESTRA

Sondaje	: **C - 6**	**SUCS**	: **SM**
Densidad	: **D - 4**	**Prof(m)**	**1.00**
Fecha	: **25/04/2025**		



DATOS DEL ENSAYO

Tamaño máximo	**Pulg.**	**4**

Volumen sobrante	(cm^3)	14,353.00
Volumen inicial	(cm^3)	19,530.00
Volumen final	(cm^3)	5,177.00
Peso de la muestra	(g)	9,045.00
Densidad húmeda	**(g/cm^3)**	**1.75**

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° de tara		k-22
Peso de tara	(g)	118.72
P. tara + muestra húmeda	(g)	1,403.00
P. tara + muestra seca	(g)	1,322.00
Contenido de humedad	**(%)**	**6.73**

Densidad seca	**(g/cm^3)**	**1.64**

OBSERVACIONES :

AV. TUPAC AMARU N° 389-SANTA ANITA- TELF: 3624983/ 980164830/ 998821689 E-mail: kanopolinario@hotmail.com

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

DENSIDAD DE SUELO Y ROCA IN SITU POR EL METODO DE REEMPLAZO DE AGUA

(NORMA ASTM D 5030)

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)**

SOLICITANTE : **CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.**

UBICACIÓN : **PISAQ-CALCA- CUSCO**

DATOS DE LA MUESTRA

Sondaje : **C - 7** **SUCS** : **GM**

Densidad : **D - 5** **Prof(m)** **1.50**

Fecha : **25/04/2025**



DATOS DEL ENSAYO

Tamaño máximo	**Pulg.**	**4**

Volumen sobrante	(cm^3)	12,877.00
Volumen inicial	(cm^3)	19,170.00
Volumen final	(cm^3)	6,293.00
Peso de la muestra	(g)	12,425.00
Densidad húmeda	**(g/cm^3)**	**1.97**

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° de tara		K-20
Peso de tara	(g)	108.1
P. tara + muestra húmeda	(g)	1,706.80
P. tara + muestra seca	(g)	1,642.00
Contenido de humedad	**(%)**	**4.22**

Densidad seca	**(g/cm^3)**	**1.89**

OBSERVACIONES :

AV. TUPAC AMARU N° 389-SANTA ANITA- TELF: 3624983/ 980164830/ 998821689 E-mail: kanopolinario@hotmail.com

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

DENSIDAD DE SUELO Y ROCA IN SITU POR EL METODO DE REEMPLAZO DE AGUA

(NORMA ASTM D 5030)

DATOS DEL PROYECTO

PROYECTO : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)**

SOLICITANTE : **CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.**

UBICACIÓN : **PISAQ-CALCA- CUSCO**

DATOS DE LA MUESTRA

Sondaje	: **C - 12**	**SUCS**	: **ML**
Densidad	: **D - 6**	**Prof(m)**	**2.00**
Fecha	: **25/04/2025**		



DATOS DEL ENSAYO

Tamaño máximo	**Pulg.**	**4**

Volumen sobrante	(cm^3)	14,093.00
Volumen inicial	(cm^3)	19,145.00
Volumen final	(cm^3)	5,052.00
Peso de la muestra	(g)	8,845.00
Densidad húmeda	**(g/cm^3)**	**1.75**

CONTENIDO DE HUMEDAD

N° de tara		K - 9
Peso de tara	(g)	122.06
P. tara + muestra húmeda	(g)	737.12
P. tara + muestra seca	(g)	690.01
Contenido de humedad	**(%)**	**8.29**

Densidad seca	**(g/cm^3)**	**1.62**

OBSERVACIONES :

AV. TUPAC AMARU N° 389-SANTA ANITA- TELF: 3624983/ 980164830/ 998821689 E-mail: kanopolinario@hotmail.com

ANEXO B: ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO B-1:
CLASIFICACIÓN DE SUELOS - SUCS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS

SONDEO	:	C -01
MUESTRA	:	M - 1
PROFUNDIDAD (m)	:	0.00 - 2.20
REALIZADO	:	
REVISADO	:	
CODIGO	:	G&G 01/500

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

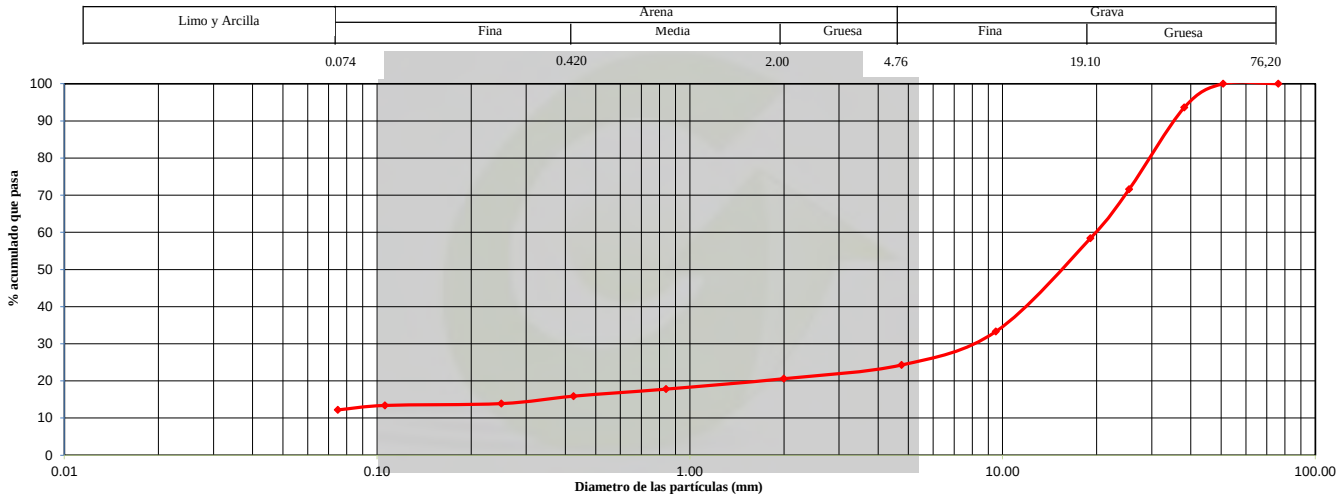
SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.
PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- URUBAMBA- CUSCO
FECHA : 28/04/2025
COORDENADAS : E0192691 N8514983

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM-D422)

PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla N°	Abertura (mm)	% que pasa
	3 "	76.200	100.0
	2 "	50.800	100.0
	1 1/2 "	38.100	93.6
	1 "	25.400	71.6
	3/4"	19.100	58.4
	3/8"	9.520	33.3
	Nº 4	4.760	24.3
	Nº 10	2.000	20.6
	Nº 20	0.840	17.8
	Nº 40	0.425	15.9
	Nº 60	0.250	13.9
	Nº 140	0.106	13.4
	Nº 200	0.075	12.2

CURVA GRANULOMETRICA



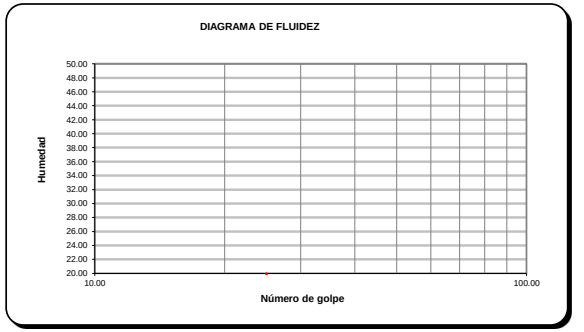
Distribución Granulométrica			
% Grava	Gruesa	41.6	75.7
	Fina	34.1	
% Arena	Gruesa	3.7	12.1
	Media	4.7	
	Fina	3.7	
% Finos		12.2	12.2

Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	
GM	Grava limosa

Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282			
A-1-a	Indice de Grupo :	0	BUENO

Contenido de Humedad	(%)	2.40

LIMITES DE CONSISTENCIA		
Límite Líquido (LL) ASTM-D4318	(%)	-
Límite Plástico (LP) ASTM-D4318	(%)	NP
Indice Plástico (IP)	(%)	-



OBSERVACIONES:

Av. Túpac Amaru N° 389- Santa Anita Telefonos. 3624983 /998821689 /Rpm. *0000204/ *0000650 E-mail:kanopolinario@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS

SONDEO	:	C -02
MUESTRA	:	M - 1
PROFUNDIDAD (m)	:	0.30 - 0.70
REALIZADO	:	
REVISADO	:	
CODIGO	:	G&G 02/500

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

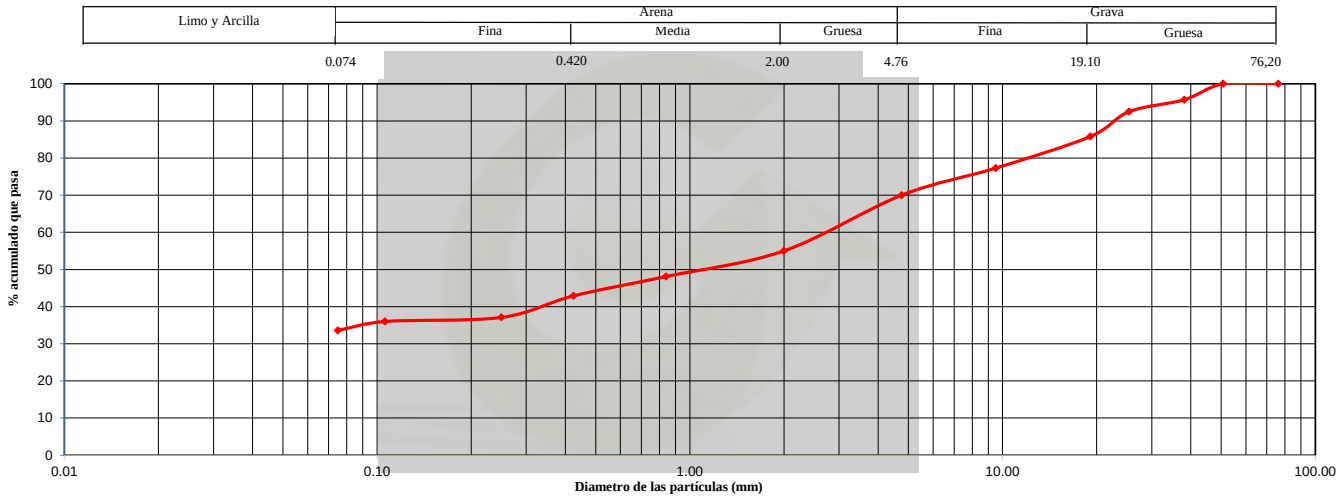
SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.
PROYECTO : EESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- URUBAMBA- CUSCO
FECHA : 28/04/2025
COORDENADAS : E0192885 N8515440

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM-D422)

PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla N°	Malla Abertura (mm)	% que pasa
	3 "	76.200	100.0
	2 "	50.800	100.0
	1 1/2 "	38.100	95.7
	1 "	25.400	92.5
	3/4"	19.100	85.8
	3/8"	9.520	77.3
	Nº 4	4.760	70.0
	Nº 10	2.000	55.0
	Nº 20	0.840	48.1
	Nº 40	0.425	42.9
	Nº 60	0.250	37.1
	Nº 140	0.106	36.0
	Nº 200	0.075	33.6

CURVA GRANULOMETRICA



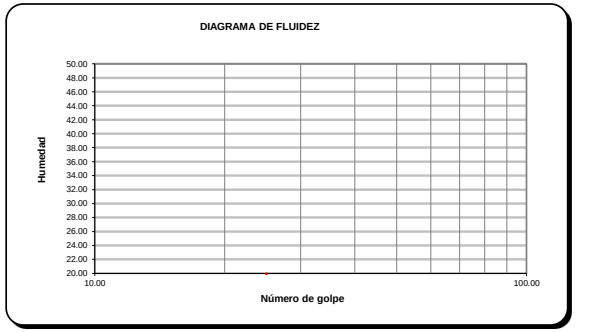
Distribución Granulométrica			
% Grava	Gruesa	14.2	30.0
	Fina	15.8	
% Arena	Gruesa	15.0	36.4
	Media	12.1	
	Fina	9.3	
% Finos		33.6	33.6

Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	
SM	Arena limosa con grava

Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282			
A-2-4	Indice de Grupo :	0	BUENO

Contenido de Humedad	(%)	6.70

LIMITES DE CONSISTENCIA		
Límite Líquido (LL) ASTM-D4318	(%)	-
Límite Plástico (LP) ASTM-D4318	(%)	NP
Indice Plástico (IP)	(%)	-



OBSERVACIONES:

Av. Túpac Amaru N° 389- Santa Anita Telefonos. 3624983 /998821689 /Rpm. *0000204/ *0000650 E-mail:kanopolinario@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

SONDEO	:	C -02
MUESTRA	:	M - 2
PROFUNDIDAD (m)	:	0.20 - 2.50
REALIZADO	:	
REVISADO	:	
CODIGO	:	G&G 03/500

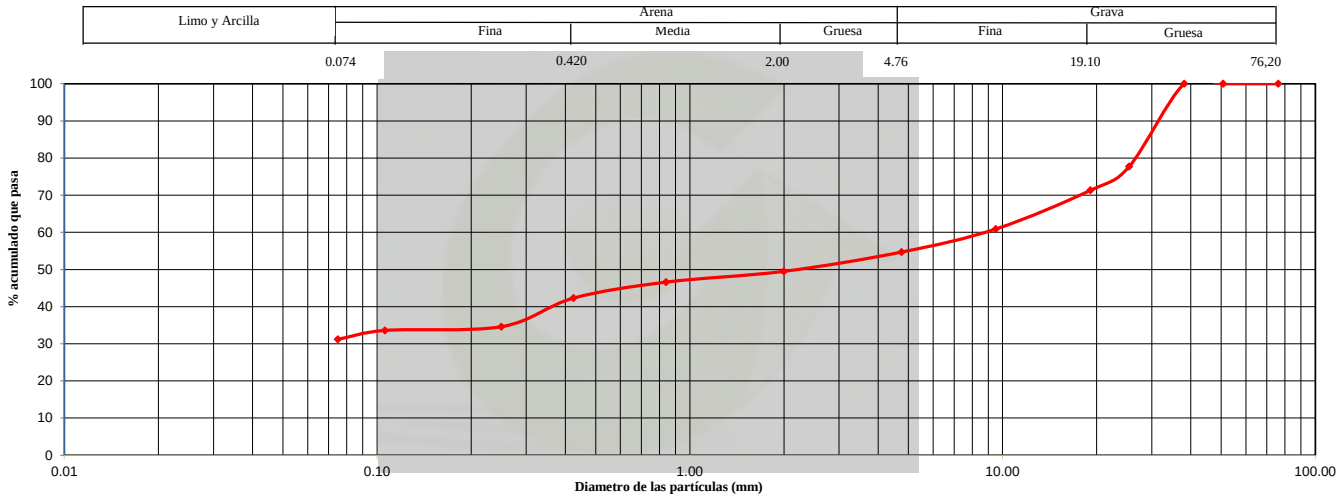
SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO. REVISADO :
PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- URUBAMBA- CUSCO
FECHA : 28/04/2025
COORDENADAS : E0192885 N8515440

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM-D422)

PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla N°	Abertura (mm)	% que pasa
	3 "	76.200	100.0
	2 "	50.800	100.0
	1 1/2 "	38.100	100.0
	1 "	25.400	77.7
	3/4"	19.100	71.3
	3/8"	9.520	60.9
	Nº 4	4.760	54.7
	Nº 10	2.000	49.5
	Nº 20	0.840	46.6
	Nº 40	0.425	42.3
	Nº 60	0.250	34.6
	Nº 140	0.106	33.6
	Nº 200	0.075	31.2

CURVA GRANULOMETRICA



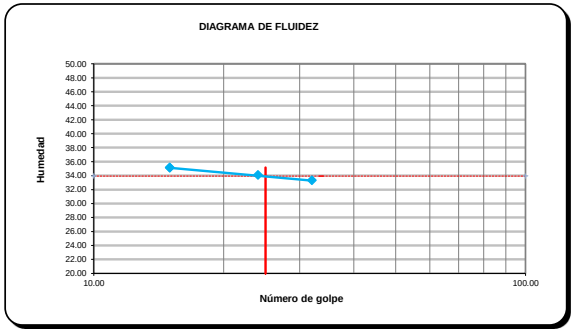
Distribución Granulométrica			
% Grava	Gruesa	28.7	45.3
	Fina	16.6	
% Arena	Gruesa	5.2	23.5
	Media	7.2	
	Fina	11.1	
% Finos		31.2	31.2

Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	
GC	Grava arcillosa con arena

Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282			
A-2-6	Indice de Grupo :	0	REGULAR

Contenido de Humedad	(%)	7.90

LIMITES DE CONSISTENCIA		
Límite Líquido (LL) ASTM-D4318	(%)	34
Límite Plástico (LP) ASTM-D4318	(%)	22
Indice Plástico (IP)	(%)	12



OBSERVACIONES:

Av. Túpac Amaru N° 389- Santa Anita Telefonos. 3624983 /998821689 /Rpm. *0000204/ *0000650 E-mail:kanopolinario@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS

SONDEO	:	C -03
MUESTRA	:	M - 1
PROFUNDIDAD (m)	:	0.40 - 1.30
REALIZADO	:	
REVISADO	:	
CODIGO	:	G&G 04/500

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

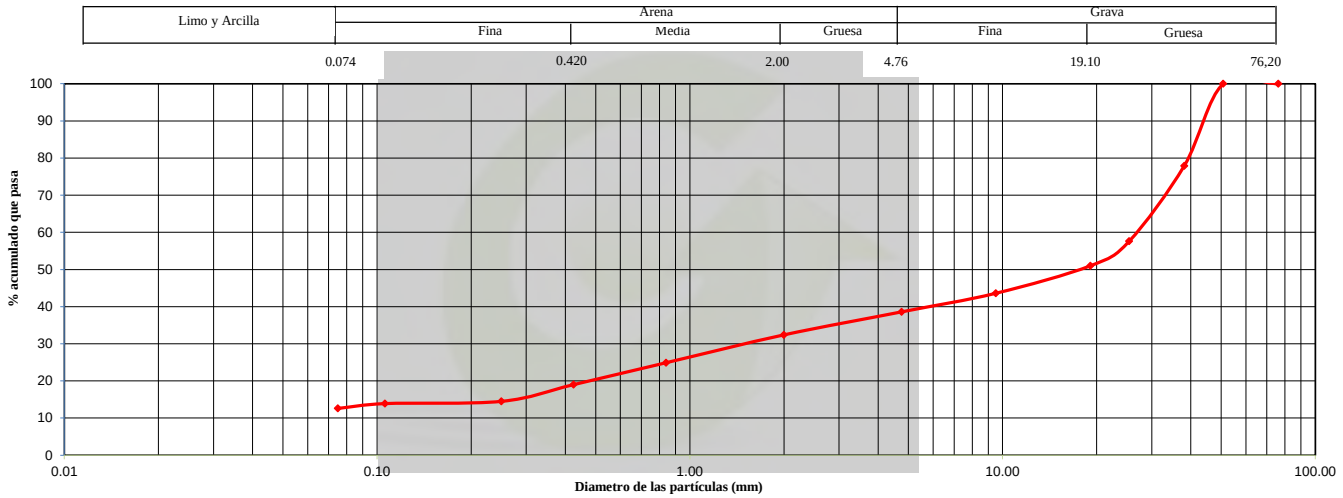
SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO. REVISADO :
PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- URUBAMBA- CUSCO
FECHA : 28/04/2025
COORDENADAS : E0193681 N8516060

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM-D422)

PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla N°	Abertura (mm)	% que pasa
	3 "	76.200	100.0
	2 "	50.800	100.0
	1 1/2 "	38.100	77.9
	1 "	25.400	57.6
	3/4"	19.100	51.0
	3/8"	9.520	43.6
	Nº 4	4.760	38.6
	Nº 10	2.000	32.4
	Nº 20	0.840	24.9
	Nº 40	0.425	19.0
	Nº 60	0.250	14.5
	Nº 140	0.106	13.9
	Nº 200	0.075	12.6

CURVA GRANULOMETRICA



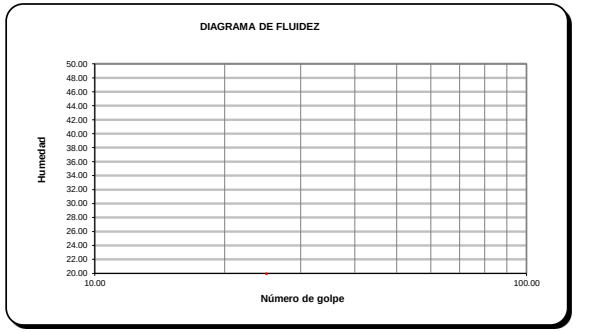
Distribución Granulométrica			
% Grava	Gruesa	49.0	61.4
	Fina	12.4	
% Arena	Gruesa	6.2	26.0
	Media	13.4	
	Fina	6.4	
% Finos		12.6	12.6

Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	
GM	Grava limosa con arena

Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282			
A-1-a	Indice de Grupo :	0	BUENO

Contenido de Humedad	(%)	4.04

LIMITES DE CONSISTENCIA		
Límite Líquido (LL) ASTM-D4318	(%)	-
Límite Plástico (LP) ASTM-D4318	(%)	NP
Indice Plástico (IP)	(%)	-



OBSERVACIONES:

Av. Túpac Amaru N° 389- Santa Anita Telefonos. 3624983 /998821689 /Rpm. *0000204/ *0000650 E-mail:kanopolinario@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS

SONDEO	:	C -03
MUESTRA	:	M - 2
PROFUNDIDAD (m)	:	1.30 - 2.50
REALIZADO	:	
REVISADO	:	
CODIGO	:	G&G 05/500

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

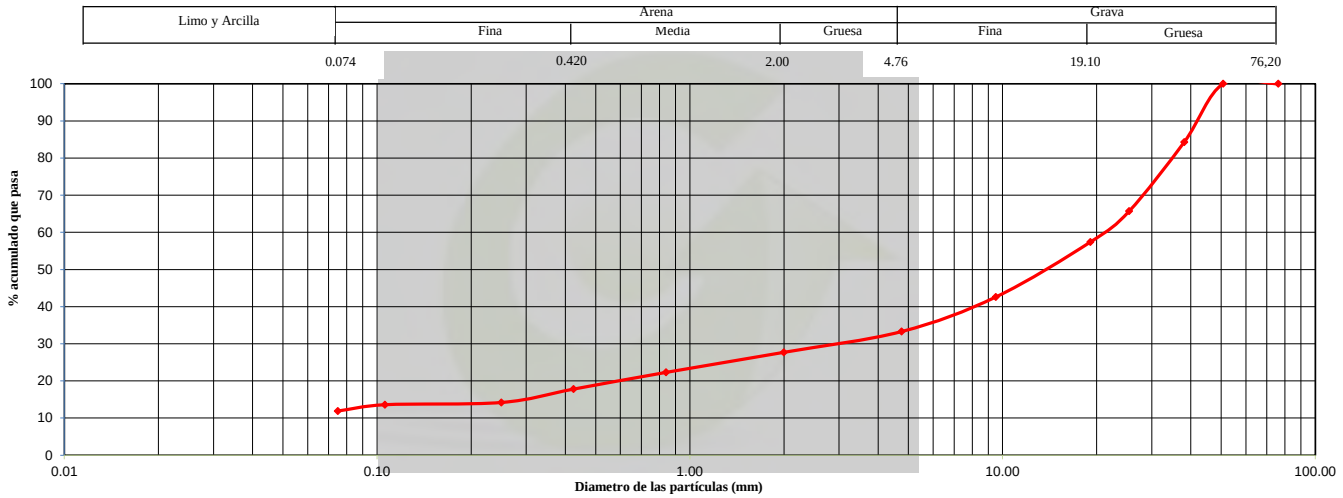
SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO. REVISADO
PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- URUBAMBA- CUSCO
FECHA : 28/04/2025
COORDENADAS : E0193681 N8516060

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM-D422)

PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla N°	Abertura (mm)	% que pasa
	3 "	76.200	100.0
	2 "	50.800	100.0
	1 1/2 "	38.100	84.3
	1 "	25.400	65.7
	3/4"	19.100	57.4
	3/8"	9.520	42.6
	Nº 4	4.760	33.3
	Nº 10	2.000	27.7
	Nº 20	0.840	22.3
	Nº 40	0.425	17.8
	Nº 60	0.250	14.2
	Nº 140	0.106	13.6
	Nº 200	0.075	11.9

CURVA GRANULOMETRICA



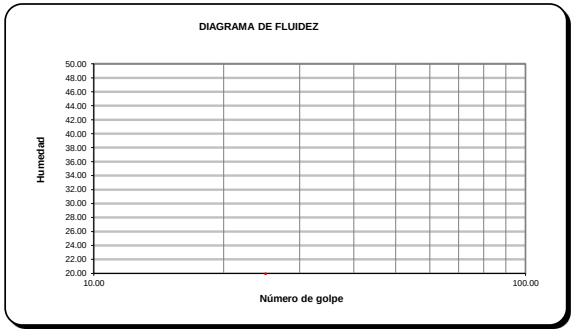
Distribución Granulométrica			
% Grava	Gruesa	42.6	66.7
	Fina	24.1	
% Arena	Gruesa	5.6	21.4
	Media	9.9	
	Fina	5.9	
% Finos		11.9	11.9

Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	
GP - GM	Grava pobremente gradada con limo y arena

Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282			
A-1-a	Indice de Grupo :	0	BUENO

Contenido de Humedad	(%)	4.17

LIMITES DE CONSISTENCIA		
Límite Líquido (LL) ASTM-D4318	(%)	-
Límite Plástico (LP) ASTM-D4318	(%)	NP
Indice Plástico (IP)	(%)	-



OBSERVACIONES:

Av. Túpac Amaru N° 389- Santa Anita Telefonos. 3624983 /998821689 /Rpm. *0000204/ *0000650 E-mail:kanopolinario@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS

SONDEO	:	C -04
MUESTRA	:	M - 1
PROFUNDIDAD (m)	:	0.30 - 1.80
REALIZADO	:	
REVISADO	:	
CODIGO	:	G&G 06/500

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

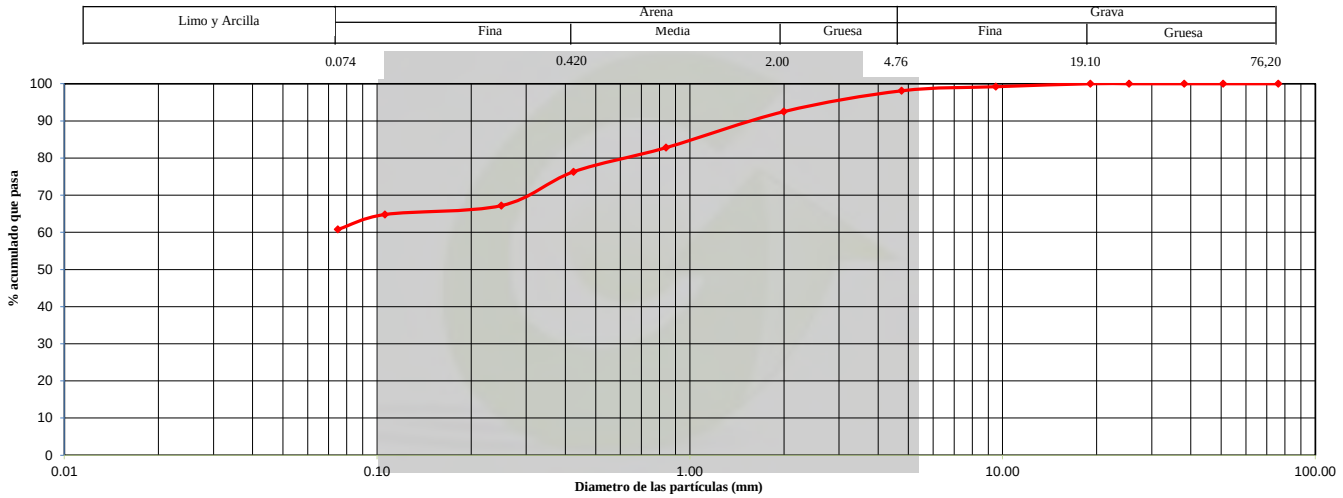
SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO. REVISADO
PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- URUBAMBA- CUSCO
FECHA : 28/04/2025
COORDENADAS : E0193689 N8516079

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM-D422)

	Malla N°	Abertura (mm)	% que pasa
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3 "	76.200	100.0
	2 "	50.800	100.0
	1 1/2 "	38.100	100.0
	1 "	25.400	100.0
	3/4"	19.100	100.0
	3/8"	9.520	99.2
	Nº 4	4.760	98.1
	Nº 10	2.000	92.5
	Nº 20	0.840	82.8
	Nº 40	0.425	76.3
	Nº 60	0.250	67.2
	Nº 140	0.106	64.8
	Nº 200	0.075	60.8

CURVA GRANULOMETRICA



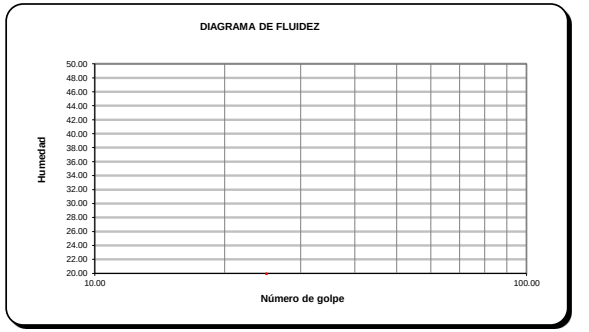
Distribución Granulométrica			
% Grava	Gruesa	-	1.9
	Fina	1.9	
% Arena	Gruesa	5.6	37.3
	Media	16.2	
	Fina	15.5	
% Finos		60.8	60.8

Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	
ML	Limo arenoso de baja plasticidad

Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282			
A-4	Indice de Grupo :	5	REG-MALO

Contenido de Humedad	(%)	14.87

LIMITES DE CONSISTENCIA		
Límite Líquido (LL) ASTM-D4318	(%)	-
Límite Plástico (LP) ASTM-D4318	(%)	NP
Indice Plástico (IP)	(%)	-



OBSERVACIONES:

Av. Túpac Amaru N° 389- Santa Anita Telefonos. 3624983 /998821689 /Rpm. *0000204/ *0000650 E-mail:kanopolinario@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS

SONDEO	:	C -05
MUESTRA	:	M - 1
PROFUNDIDAD (m)	:	0.40 - 2.50
REALIZADO	:	
REVISADO	:	
CODIGO	:	G&G 07/500

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

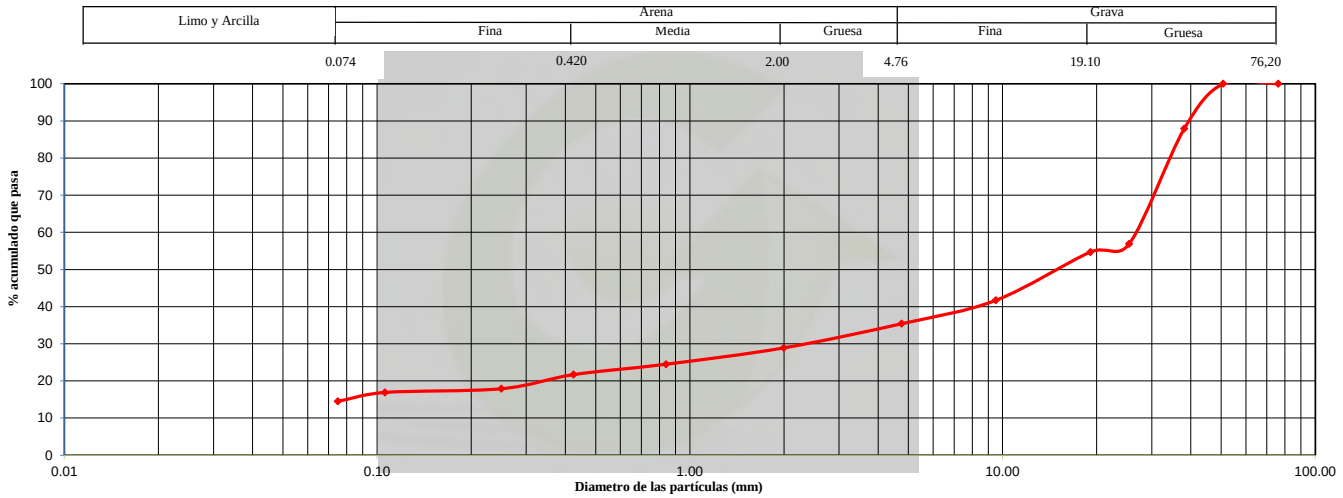
SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO. REVISADO
PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- URUBAMBA- CUSCO
FECHA : 28/04/2025
COORDENADAS : E0193615 N8516070

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM-D422)

PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla N°	Abertura (mm)	% que pasa
	3 "	76.200	100.0
	2 "	50.800	100.0
	1 1/2 "	38.100	87.9
	1 "	25.400	56.9
	3/4"	19.100	54.7
	3/8"	9.520	41.7
	Nº 4	4.760	35.4
	Nº 10	2.000	28.9
	Nº 20	0.840	24.5
	Nº 40	0.425	21.7
	Nº 60	0.250	17.9
	Nº 140	0.106	16.9
	Nº 200	0.075	14.5

CURVA GRANULOMETRICA



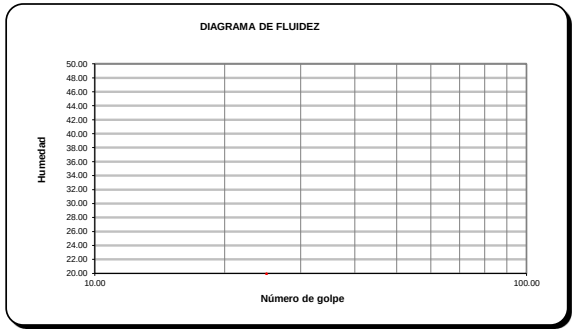
Distribución Granulométrica			
% Grava	Gruesa	45.3	64.6
	Fina	19.3	
% Arena	Gruesa	6.5	20.9
	Media	7.2	
	Fina	7.2	
% Finos		14.5	14.5

Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	
GM	Grava limosa con arena

Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282			
A-1-a	Indice de Grupo :	0	BUENO

Contenido de Humedad	(%)	3.73

LIMITES DE CONSISTENCIA		
Límite Líquido (LL) ASTM-D4318	(%)	-
Límite Plástico (LP) ASTM-D4318	(%)	NP
Indice Plástico (IP)	(%)	-



OBSERVACIONES:

Av. Túpac Amaru N° 389- Santa Anita Telefonos. 3624983 /998821689 /Rpm. *0000204/ *0000650 E-mail:kanopolinario@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS

SONDEO	:	C -06
MUESTRA	:	M - 1
PROFUNDIDAD (m)	:	0.30 - 2.70
REALIZADO	:	
REVISADO	:	
CODIGO	:	G&G 08/500

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

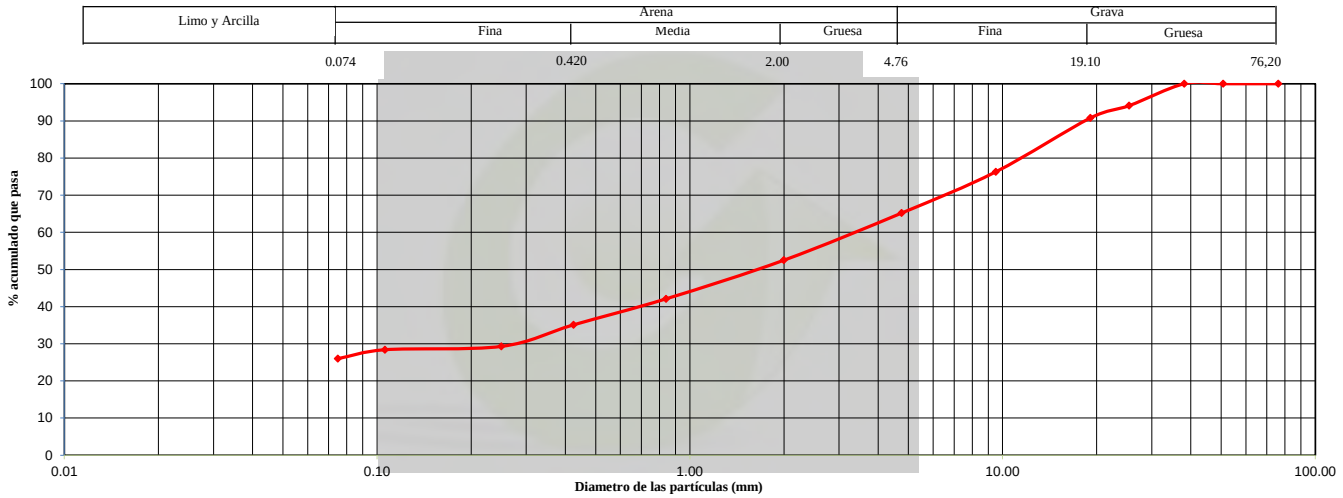
SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO. REVISADO
PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- URUBAMBA- CUSCO
FECHA : 28/04/2025
COORDENADAS : E0193660 N8516405

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM-D422)

PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla N°	Abertura (mm)	% que pasa
	3 "	76.200	100.0
	2 "	50.800	100.0
	1 1/2 "	38.100	100.0
	1 "	25.400	94.1
	3/4"	19.100	90.8
	3/8"	9.520	76.3
	Nº 4	4.760	65.2
	Nº 10	2.000	52.5
	Nº 20	0.840	42.1
	Nº 40	0.425	35.1
	Nº 60	0.250	29.3
	Nº 140	0.106	28.4
	Nº 200	0.075	26.0

CURVA GRANULOMETRICA



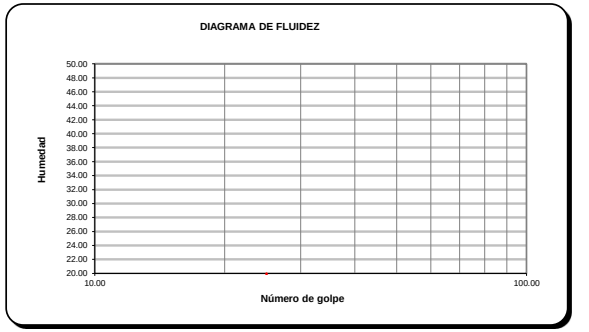
Distribución Granulométrica			
% Grava	Gruesa	9.2	34.8
	Fina	25.6	
% Arena	Gruesa	12.7	39.2
	Media	17.4	
	Fina	9.1	
% Finos		26.0	26.0

Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	
SM	Arena limosa con grava

Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282			
A-2-4	Indice de Grupo :	0	BUENO

Contenido de Humedad	(%)	6.63

LIMITES DE CONSISTENCIA		
Límite Líquido (LL) ASTM-D4318	(%)	-
Límite Plástico (LP) ASTM-D4318	(%)	NP
Indice Plástico (IP)	(%)	-



OBSERVACIONES:

Av. Túpac Amaru N° 389- Santa Anita Telefonos. 3624983 /998821689 /Rpm. *0000204/ *0000650 E-mail:kanopolinario@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS

SONDEO	:	C -07
MUESTRA	:	M - 1
PROFUNDIDAD (m)	:	0.50-1.70
REALIZADO	:	
REVISADO	:	
CODIGO	:	G&G 09/500

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

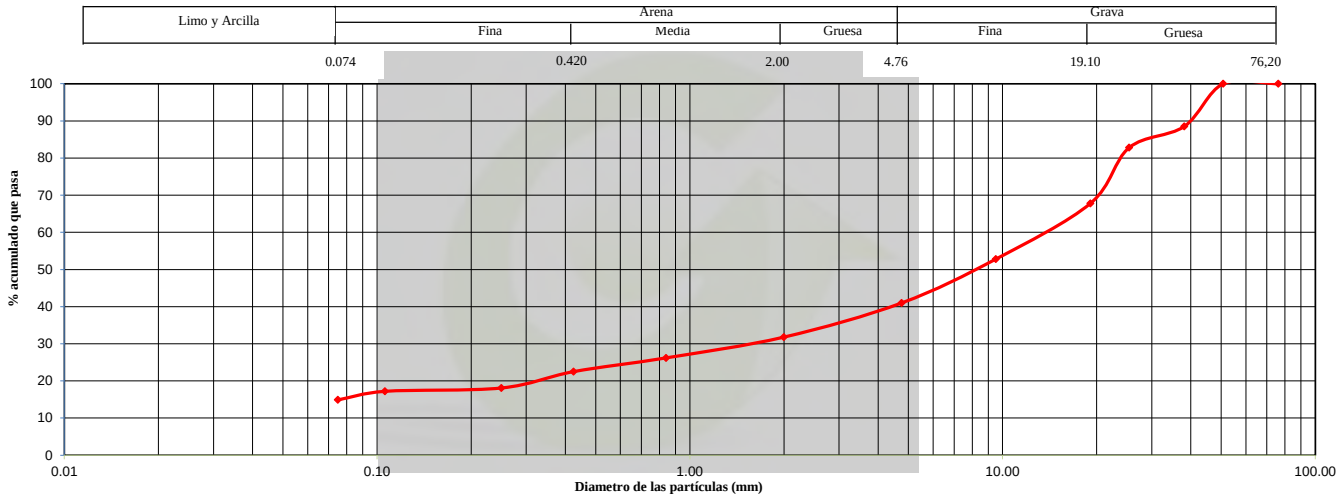
SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO. REVISADO
PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- URUBAMBA- CUSCO
FECHA : 28/04/2025
COORDENADAS : E0192553 N8516385

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM-D422)

PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla N°	Abertura (mm)	% que pasa
	3 "	76.200	100.0
	2 "	50.800	100.0
	1 1/2 "	38.100	88.5
	1 "	25.400	82.8
	3/4"	19.100	67.8
	3/8"	9.520	52.8
	Nº 4	4.760	41.0
	Nº 10	2.000	31.8
	Nº 20	0.840	26.2
	Nº 40	0.425	22.5
	Nº 60	0.250	18.1
	Nº 140	0.106	17.2
	Nº 200	0.075	14.9

CURVA GRANULOMETRICA



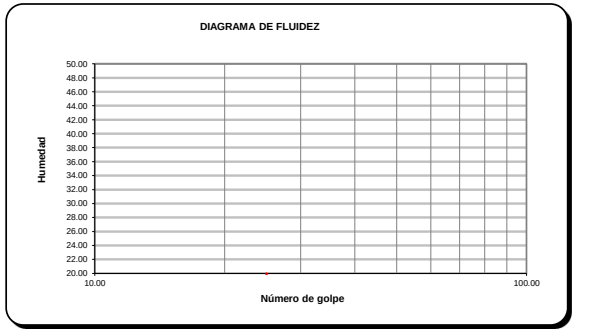
Distribución Granulométrica			
% Grava	Gruesa	32.2	59.0
	Fina	26.8	
% Arena	Gruesa	9.2	26.1
	Media	9.3	
	Fina	7.6	
% Finos		14.9	14.9

Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	
GM	Grava limosa con arena

Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282			
A-1-a	Indice de Grupo :	0	BUENO

Contenido de Humedad	(%)	4.08

LIMITES DE CONSISTENCIA		
Límite Líquido (LL) ASTM-D4318	(%)	-
Límite Plástico (LP) ASTM-D4318	(%)	NP
Indice Plástico (IP)	(%)	-



OBSERVACIONES:

Av. Túpac Amaru N° 389- Santa Anita Telefonos. 3624983 /998821689 /Rpm. *0000204/ *0000650 E-mail:kanopolinario@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS

SONDEO	:	C -08
MUESTRA	:	M - 1
PROFUNDIDAD (m)	:	0.80 - 2.30
REALIZADO	:	
REVISADO	:	
CODIGO	:	G&G 10/500

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

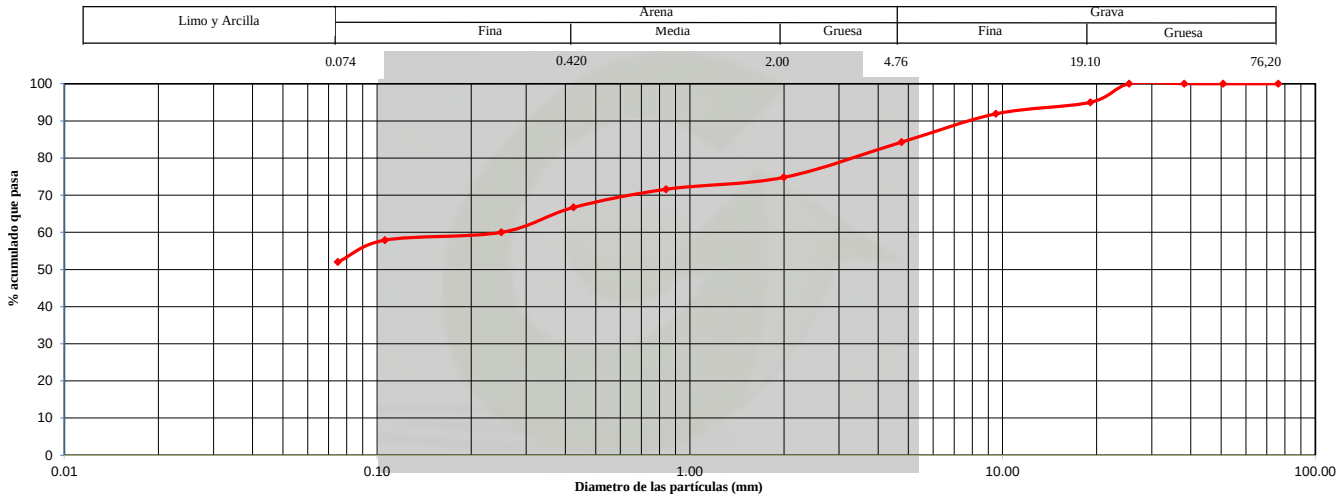
SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO. REVISADO
PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- URUBAMBA- CUSCO
FECHA : 28/04/2025
COORDENADAS : E0192765 N8516570

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM-D422)

PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla N°	Abertura (mm)	% que pasa
	3 "	76.200	100.0
	2 "	50.800	100.0
	1 1/2 "	38.100	100.0
	1 "	25.400	100.0
	3/4"	19.100	95.0
	3/8"	9.520	91.9
	Nº 4	4.760	84.3
	Nº 10	2.000	74.8
	Nº 20	0.840	71.6
	Nº 40	0.425	66.7
	Nº 60	0.250	60.0
	Nº 140	0.106	57.9
	Nº 200	0.075	52.0

CURVA GRANULOMETRICA



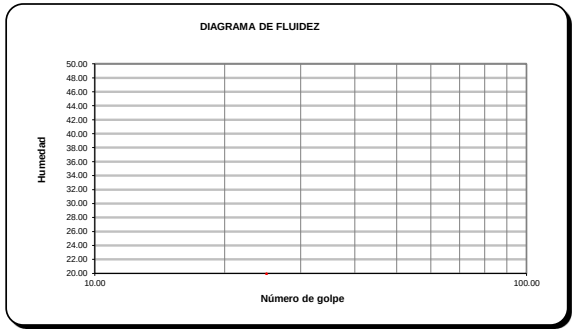
Distribución Granulométrica			
% Grava	Gruesa	5.0	15.7
	Fina	10.7	
% Arena	Gruesa	9.5	32.3
	Media	8.1	
	Fina	14.7	
% Finos		52.0	52.0

Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	
ML	Limo arenoso de baja plasticidad con grava

Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282			
A-4	Indice de Grupo :	3	REG-MALO

Contenido de Humedad	(%)	10.56

LIMITES DE CONSISTENCIA		
Límite Líquido (LL) ASTM-D4318	(%)	-
Límite Plástico (LP) ASTM-D4318	(%)	NP
Indice Plástico (IP)	(%)	-



OBSERVACIONES:

Av. Túpac Amaru N° 389- Santa Anita Telefonos. 3624983 /998821689 /Rpm. *0000204/ *0000650 E-mail:kanopolinario@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS

SONDEO	:	C -09
MUESTRA	:	M - 1
PROFUNDIDAD (m)	:	0.50 - 1.50
REALIZADO	:	
REVISADO	:	
CODIGO	:	G&G 11/500

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

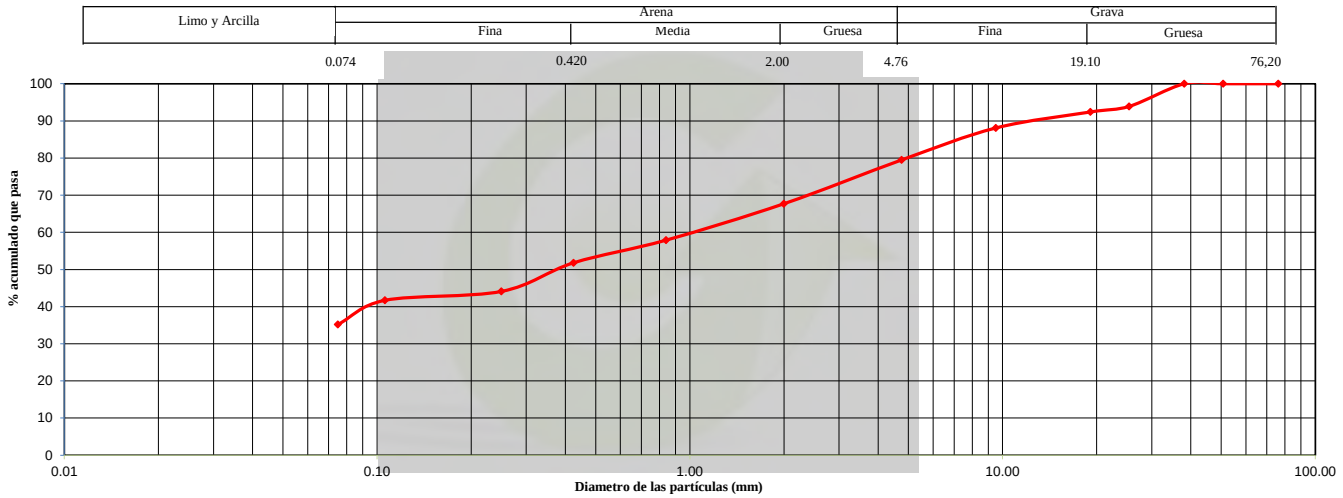
SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO. REVISADO
PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- URUBAMBA- CUSCO
FECHA : 28/04/2025
COORDENADAS : E0192482 N8516512

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM-D422)

PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla N°	Abertura (mm)	% que pasa
	3 "	76.200	100.0
	2 "	50.800	100.0
	1 1/2 "	38.100	100.0
	1 "	25.400	93.9
	3/4"	19.100	92.4
	3/8"	9.520	88.1
	Nº 4	4.760	79.5
	Nº 10	2.000	67.7
	Nº 20	0.840	57.9
	Nº 40	0.425	51.8
	Nº 60	0.250	44.1
	Nº 140	0.106	41.7
	Nº 200	0.075	35.2

CURVA GRANULOMETRICA



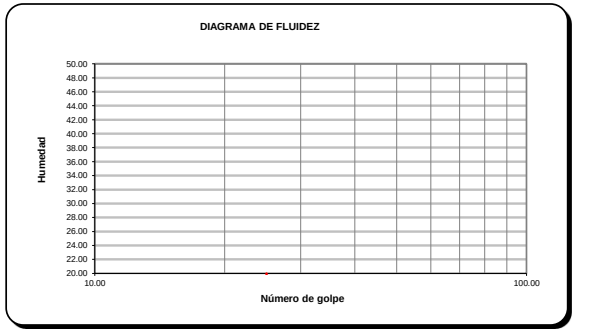
Distribución Granulométrica			
% Grava	Gruesa	7.6	20.5
	Fina	12.9	
% Arena	Gruesa	11.8	44.3
	Media	15.9	
	Fina	16.6	
% Finos		35.2	35.2

Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	
SM	Arena limosa con grava

Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282			
A-2-4	Indice de Grupo :	0	BUENO

Contenido de Humedad	(%)	7.79

LIMITES DE CONSISTENCIA		
Límite Líquido (LL) ASTM-D4318	(%)	-
Límite Plástico (LP) ASTM-D4318	(%)	NP
Indice Plástico (IP)	(%)	-



OBSERVACIONES:

Av. Túpac Amaru N° 389- Santa Anita Telefonos. 3624983 /998821689 /Rpm. *0000204/ *0000650 E-mail:kanopolinario@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS

SONDEO	:	C -10
MUESTRA	:	M - 1
PROFUNDIDAD (m)	:	0.30 - 2.00
REALIZADO	:	
REVISADO	:	
CODIGO	:	G&G 12/500

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

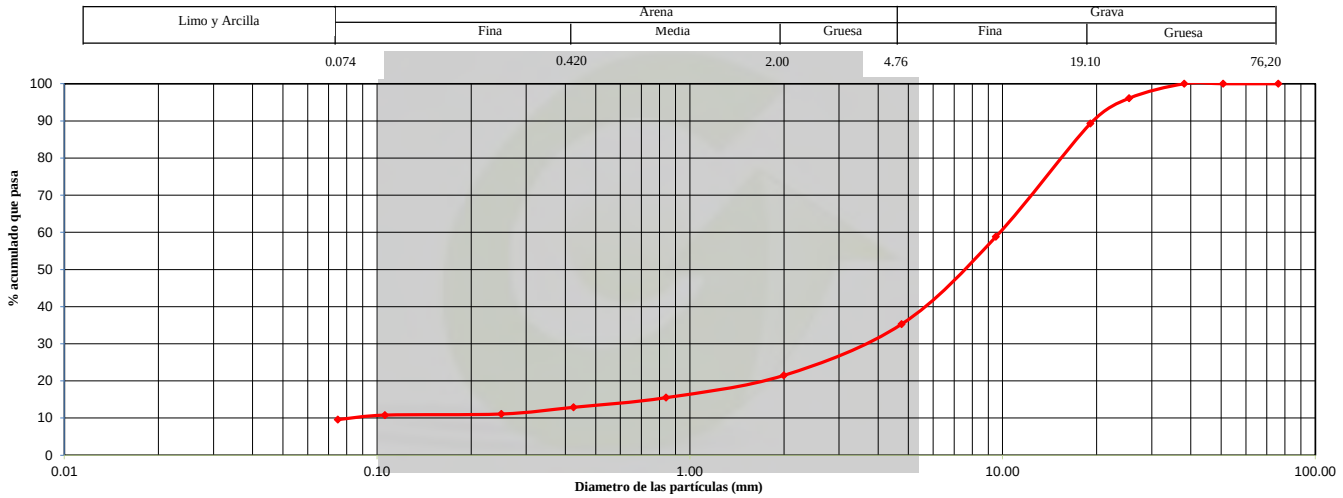
SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO. REVISADO
PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- URUBAMBA- CUSCO
FECHA : 28/04/2025
COORDENADAS : E0192373 N8516423

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM-D422)

	Malla N°	Abertura (mm)	% que pasa
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3 "	76.200	100.0
	2 "	50.800	100.0
	1 1/2 "	38.100	100.0
	1 "	25.400	96.1
	3/4"	19.100	89.3
	3/8"	9.520	58.8
	Nº 4	4.760	35.3
	Nº 10	2.000	21.5
	Nº 20	0.840	15.5
	Nº 40	0.425	12.9
	Nº 60	0.250	11.1
	Nº 140	0.106	10.8
	Nº 200	0.075	9.6

CURVA GRANULOMETRICA



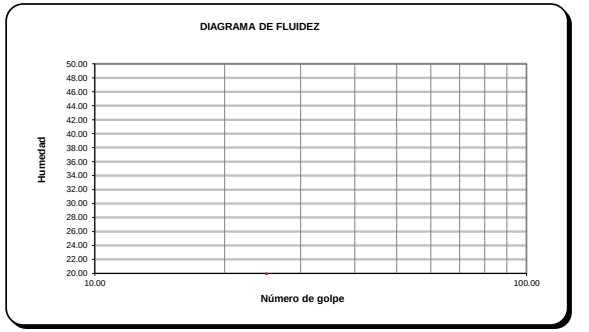
Distribución Granulométrica			
% Grava	Gruesa	10.7	64.7
	Fina	54.0	
% Arena	Gruesa	13.8	25.7
	Media	8.6	
	Fina	3.3	
% Finos		9.6	9.6

Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	
GP - GM	Grava pobremente gradada con limo y arena

Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282			
A-1-a	Indice de Grupo :	0	BUENO

Contenido de Humedad	(%)	6.31

LIMITES DE CONSISTENCIA		
Límite Líquido (LL) ASTM-D4318	(%)	-
Límite Plástico (LP) ASTM-D4318	(%)	NP
Indice Plástico (IP)	(%)	-



OBSERVACIONES:

Av. Túpac Amaru N° 389- Santa Anita Telefonos. 3624983 /998821689 /Rpm. *0000204/ *0000650 E-mail:kanopolinario@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS

SONDEO	:	C -11
MUESTRA	:	M - 1
PROFUNDIDAD (m)	:	0.50 - 3.00
REALIZADO	:	Téc. Wilfredo Zevillanos
REVISADO	:	Ing. Karin Polinario C.
CODIGO	:	G&G 13/500

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

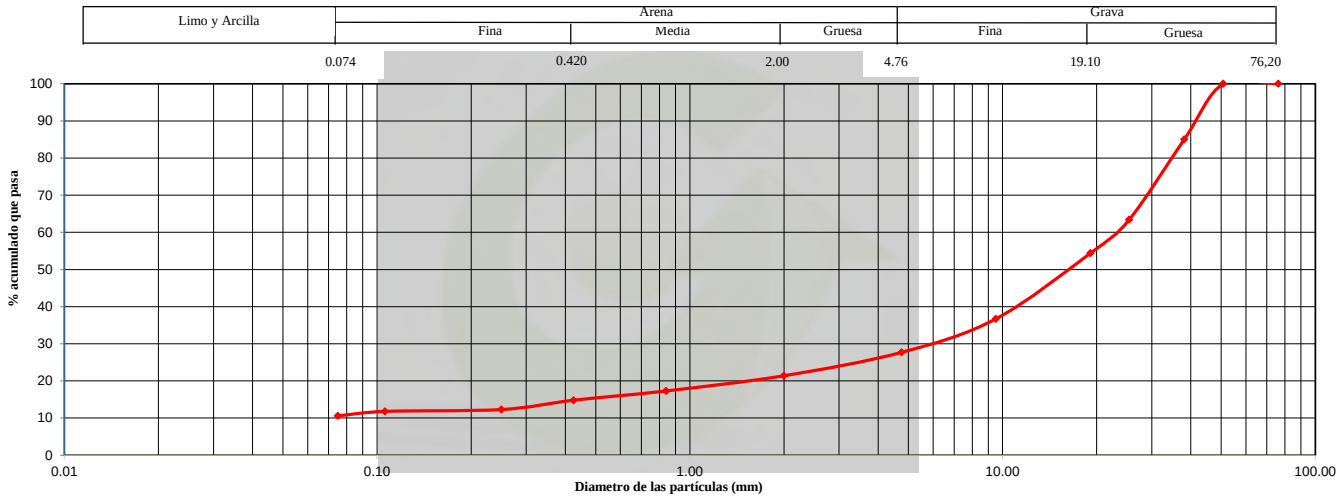
SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO. REVISADO
PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- URUBAMBA- CUSCO
FECHA : 28/04/2025
COORDENADAS : E0192697 N8516449

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM-D422)

	Malla N°	Abertura (mm)	% que pasa
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3 "	76.200	100.0
	2 "	50.800	100.0
	1 1/2 "	38.100	85.0
	1 "	25.400	63.4
	3/4"	19.100	54.4
	3/8"	9.520	36.7
	Nº 4	4.760	27.7
	Nº 10	2.000	21.4
	Nº 20	0.840	17.3
	Nº 40	0.425	14.8
	Nº 60	0.250	12.3
	Nº 140	0.106	11.8
	Nº 200	0.075	10.6

CURVA GRANULOMETRICA



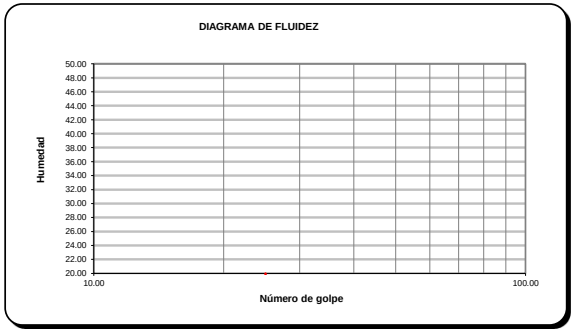
Distribución Granulométrica			
% Grava	Gruesa	45.6	72.3
	Fina	26.7	
% Arena	Gruesa	6.3	17.1
	Media	6.6	
	Fina	4.2	
% Finos		10.6	10.6

Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	
GP - GM	Grava pobremente gradada con limo y arena

Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282			
A-1-a	Indice de Grupo :	0	BUENO

Contenido de Humedad	(%)	3.65

LIMITES DE CONSISTENCIA		
Límite Líquido (LL) ASTM-D4318	(%)	-
Límite Plástico (LP) ASTM-D4318	(%)	NP
Indice Plástico (IP)	(%)	-



OBSERVACIONES:

Av. Túpac Amaru N° 389- Santa Anita Telefonos. 3624983 /998821689 /Rpm. *0000204/ *0000650 E-mail:kanopolinario@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS

SONDEO	:	C -12
MUESTRA	:	M - 1
PROFUNDIDAD (m)	:	0.90- 3.00
REALIZADO	:	
REVISADO	:	
CODIGO	:	G&G 14/500

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

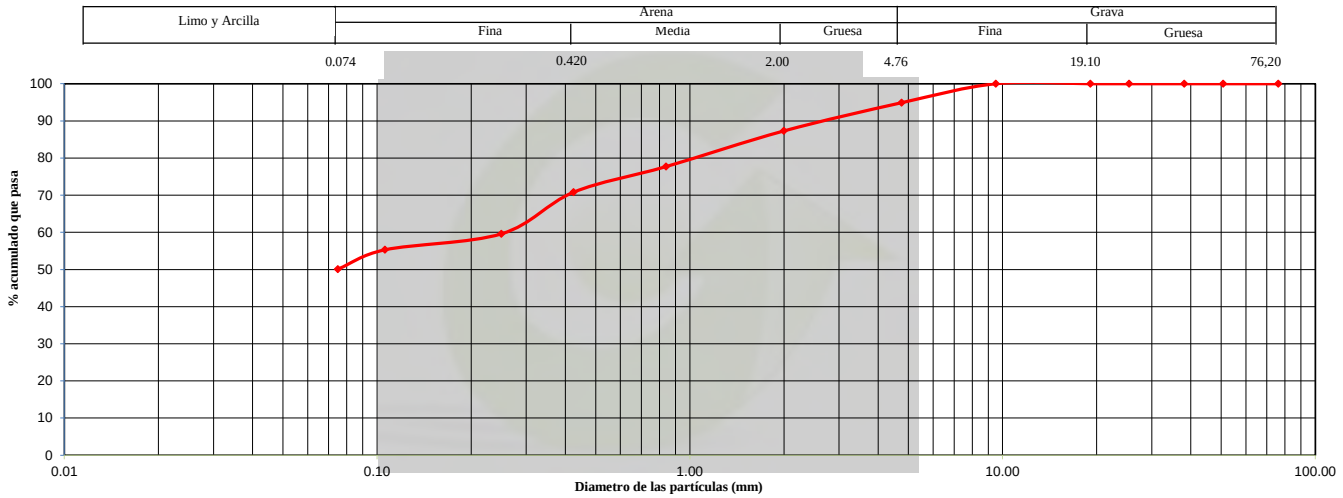
SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO. REVISADO
PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- URUBAMBA- CUSCO
FECHA : 28/04/2025
COORDENADAS : E0192734 N8516550

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM-D422)

PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	Malla N°	Malla Abertura (mm)	% que pasa
	3 "	76.200	100.0
	2 "	50.800	100.0
	1 1/2 "	38.100	100.0
	1 "	25.400	100.0
	3/4"	19.100	100.0
	3/8"	9.520	100.0
	Nº 4	4.760	94.9
	Nº 10	2.000	87.3
	Nº 20	0.840	77.7
	Nº 40	0.425	70.8
	Nº 60	0.250	59.6
	Nº 140	0.106	55.3
	Nº 200	0.075	50.1

CURVA GRANULOMETRICA



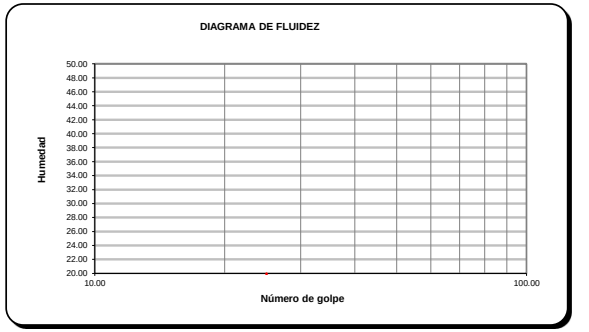
Distribución Granulométrica			
% Grava	Gruesa	-	5.1
	Fina	5.1	
% Arena	Gruesa	7.6	44.8
	Media	16.5	
	Fina	20.7	
% Finos		50.1	50.1

Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	
ML	Limo arenoso de baja plasticidad

Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282			
A-4	Indice de Grupo :	3	REG-MALO

Contenido de Humedad	(%)	8.35

LIMITES DE CONSISTENCIA		
Límite Líquido (LL) ASTM-D4318	(%)	-
Límite Plástico (LP) ASTM-D4318	(%)	NP
Indice Plástico (IP)	(%)	-



OBSERVACIONES:

Av. Túpac Amaru N° 389- Santa Anita Telefonos. 3624983 /998821689 /Rpm. *0000204/ *0000650 E-mail:kanopolinario@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS

SONDEO	:	**S-02**
MUESTRA	:	**M - 1**
PROFUNDIDAD (m)	:	**1.10 - 1.50**
REALIZADO	:	
REVISADO	:	
CODIGO	:	**G&G 15/500**

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

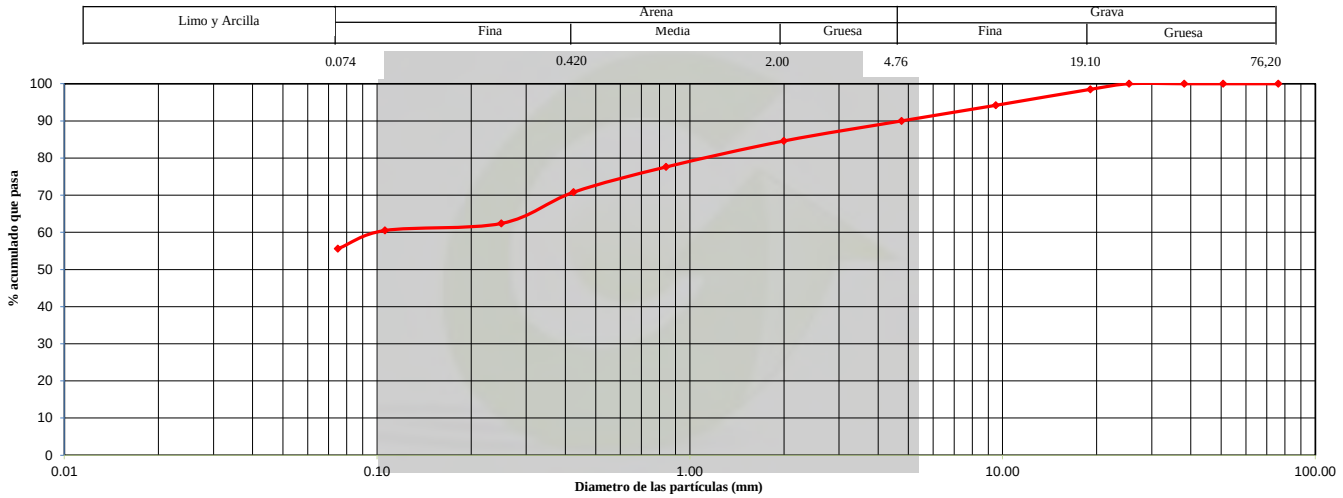
SOLICITANTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO. REVISADO
PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- URUBAMBA- CUSCO
FECHA : 28/04/2025
COORDENADAS : E0192734 N8516550

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM-D422)

	Malla N°	Malla Abertura (mm)	% que pasa
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3 "	76.200	100.0
	2 "	50.800	100.0
	1 1/2 "	38.100	100.0
	1 "	25.400	100.0
	3/4"	19.100	98.5
	3/8"	9.520	94.2
	Nº 4	4.760	90.0
	Nº 10	2.000	84.6
	Nº 20	0.840	77.6
	Nº 40	0.425	70.8
	Nº 60	0.250	62.4
	Nº 140	0.106	60.5
	Nº 200	0.075	55.6

CURVA GRANULOMETRICA



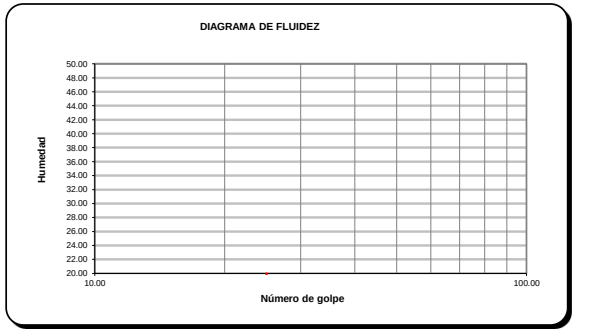
Distribución Granulométrica			
% Grava	Gruesa	1.5	10.0
	Fina	8.5	
% Arena	Gruesa	5.4	34.4
	Media	13.8	
	Fina	15.2	
% Finos		55.6	55.6

Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	
ML	Limo arenoso de baja plasticidad

Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282			
A-4	Indice de Grupo :	4	REG-MALO

Contenido de Humedad	(%)	12.17

LIMITES DE CONSISTENCIA		
Límite Líquido (LL) ASTM-D4318	(%)	-
Límite Plástico (LP) ASTM-D4318	(%)	NP
Indice Plástico (IP)	(%)	-



OBSERVACIONES:

Av. Túpac Amaru N° 389- Santa Anita Telefonos. 3624983 /998821689 /Rpm. *0000204/ *0000650 E-mail:kanopolinario@hotmail.com

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS

SONDEO	:	**S-02**
MUESTRA	:	**M - 2**
PROFUNDIDAD (m)	:	**4.50**
REALIZADO	:	
REVISADO	:	
CODIGO	:	**G&G 15/500**

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION
(ASTM D422 - D2216 - D854 - D4318 - D427 - D3282 - D2487)

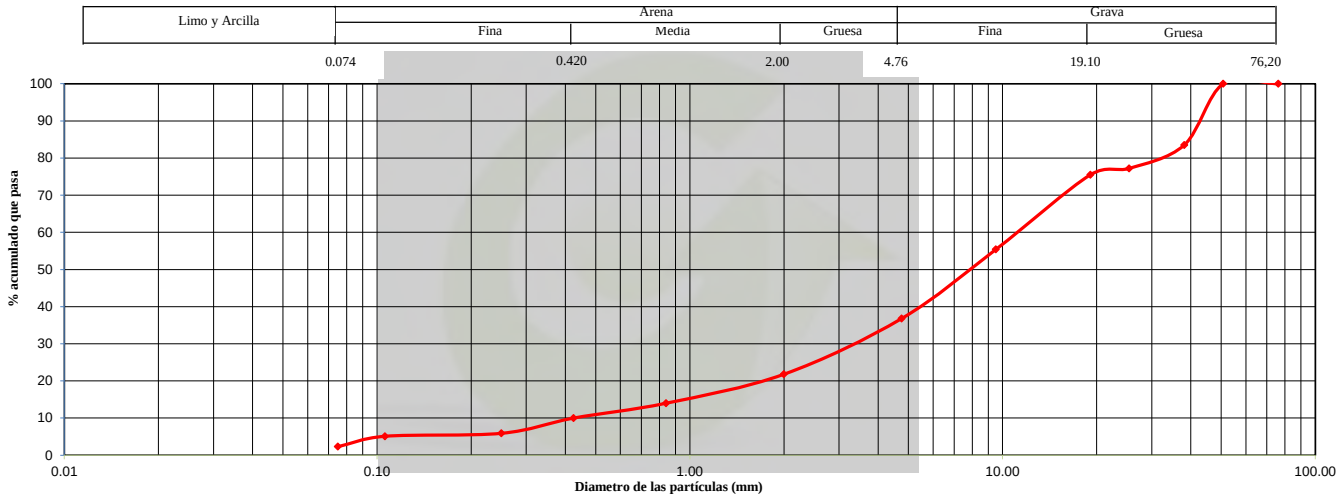
SOLICITANTE : **CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO. REVISADO**
PROYECTO : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)**

UBICACIÓN : **PISAQ- URUBAMBA- CUSCO**
FECHA : **28/04/2025**
COORDENADAS : **E0192734 N8516550**

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM-D422)

	Malla N°	Malla Abertura (mm)	% que pasa
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA (%)	3 "	76.200	100.0
	2 "	50.800	100.0
	1 1/2 "	38.100	83.5
	1 "	25.400	77.2
	3/4"	19.100	75.5
	3/8"	9.520	55.4
	Nº 4	4.760	36.8
	Nº 10	2.000	21.8
	Nº 20	0.840	14.0
	Nº 40	0.425	10.0
	Nº 60	0.250	5.9
	Nº 140	0.106	5.1
	Nº 200	0.075	2.3

CURVA GRANULOMETRICA



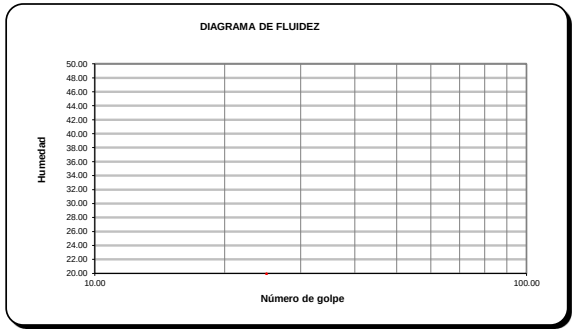
Distribución Granulométrica			
% Grava	Gruesa	24.5	63.2
	Fina	38.7	
% Arena	Gruesa	15.0	34.5
	Media	11.8	
	Fina	7.7	
% Finos		2.3	2.3

Clasificación (S.U.C.S.) ASTM-D2487	
GW	Grava bien gradada con arena

Clasificación (AASHTO) ASTM-D3282			
A-1-a	Indice de Grupo :	0	BUENO

Contenido de Humedad	(%)	2.79

LIMITES DE CONSISTENCIA		
Límite Líquido (LL) ASTM-D4318	(%)	-
Límite Plástico (LP) ASTM-D4318	(%)	NP
Indice Plástico (IP)	(%)	-



OBSERVACIONES:

Av. Túpac Amaru N° 389- Santa Anita Telefonos. 3624983 /998821689 /Rpm. *0000204/ *0000650 E-mail:kanopolinario@hotmail.com

ANEXO B-2:
PROCTOR MODIFICADO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO
(NORMA NTP 339.141 ASTM D-1557)

CLIENTE : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO. REVISADO

PROYECTO : **ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)**

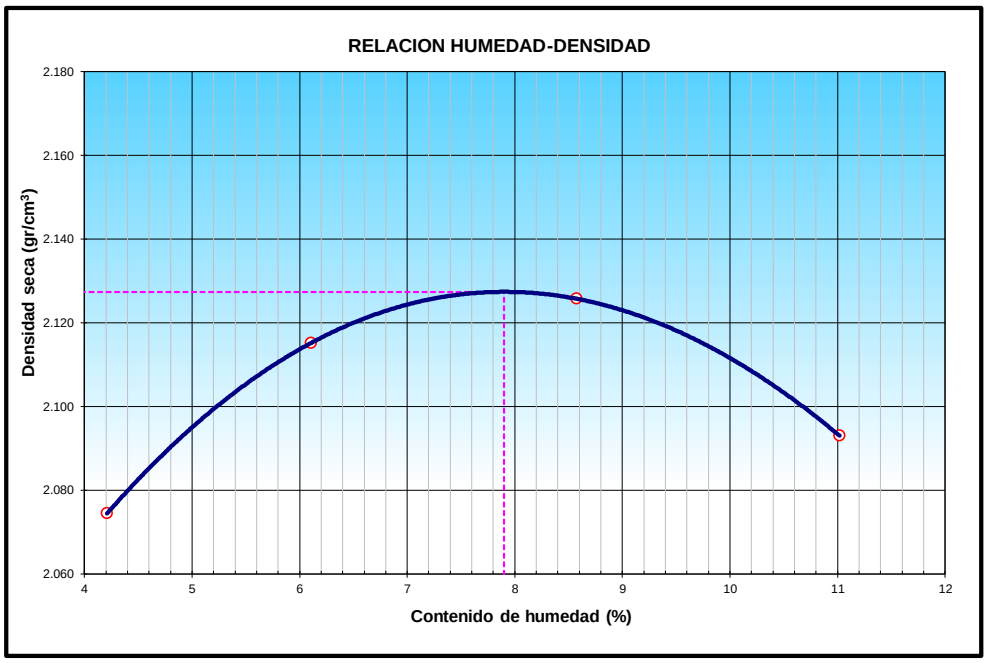
UBICACIÓN : **DISTRITO DE PISAQ- PROVINCIA DE CALCA- DEPARTAMENTO DE CUSCO**

DATOS DE LA MUESTRA

SONDEO	**: C- 01**	**CLASF. (SUCS)**	**: GM**
MUESTRA	**: M-01**	**CLASF. (AASHTO)**	**: A-1-a(0)**
PROF. (m)	**: 0.00 - 2.10**	**FECHA DE ENSAYO**	**: 06/12/2017**

METODO DE COMPACTACION : **" C"**

Peso suelo + molde	gr	7535.0	7710.0	7845.0	7878.0	
Peso molde	gr	2952.0	2952.0	2952.0	2952.0	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4583.0	4758.0	4893.0	4926.0	
Volumen del molde	cm^3	2120.0	2120.0	2120.0	2120.0	
Peso volumétrico húmedo	gr	2.16	2.24	2.31	2.32	
Recipiente Nº		F-52	F-45	F-57	F-47	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	433.6	469.0	368.8	316.7	
Peso del suelo seco + tara	gr	417.5	444.2	342.5	288.9	
Peso Tara	gr	36.19	37.59	36.56	36.28	
Peso de agua	gr	16.1	24.8	26.2	27.8	
Peso del suelo seco	gr	381.3	406.6	306.0	252.6	
Contenido de agua	%	**4.2**	**6.1**	**8.6**	**11.0**	
Peso volumétrico seco	gr/cm^3	**2.074**	**2.115**	**2.126**	**2.093**	
				Densidad máxima (gr/cm^3)		**2.127**
				Humedad óptima (%)		**7.9**



Av. Túpac Amaru N° 389- Santa Anita Telf: 01-3624983/ 998821689 /980164830 E-MAIL: kanopolinario@hotmail.com
www.geotecnicosygeofisicoslatinos.com

ANEXO B-3:
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROPIETARIO : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.

PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- CALCA- CUSCO

CLASIFICACION (S.U.C.S.) : GM **COORDENADAS:** 0192691E 8514983S

ESTADO : REMOLDEADO- SEMI SATURADO

VELOC. DE ENSAYO : 0.15 mm/min

ENSAYO DE CORTE DIRECTO NTP 339.171-2002

ENSAYO N°: 021/1000

MUESTRA: : M-1
SONDAJE : C - 1
PROF. (m) : 1.00
FECHA : 28/04/2025

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h)	(cm)	2.20	2.18	2.20	2.16	2.20	2.14
Diàmetro (Ø)	(cm)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Densidad Seca (γ_d)	(g/cm^3)	1.88	1.90	1.88	1.91	1.88	1.93
Humedad (w)	(%)	6.50	22.50	6.50	20.15	6.50	18.40
Esfuerzo Normal	(Kg/cm^2)	0.50		1.00		1.50	

ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0.04	0.07	0.20	0.06	0.06	0.20	0.09	0.06
0.40	0.06	0.13	0.40	0.10	0.10	0.40	0.14	0.10
0.60	0.08	0.16	0.60	0.13	0.13	0.60	0.17	0.11
0.80	0.10	0.20	0.80	0.16	0.16	0.80	0.22	0.15
1.00	0.12	0.24	1.00	0.18	0.18	1.00	0.25	0.16
1.20	0.14	0.28	1.20	0.21	0.21	1.20	0.29	0.19
1.60	0.17	0.34	1.60	0.25	0.25	1.60	0.32	0.22
2.00	0.19	0.38	2.00	0.30	0.30	2.00	0.39	0.26
2.40	0.21	0.42	2.40	0.32	0.32	2.40	0.43	0.29
2.80	0.23	0.46	2.80	0.35	0.35	2.80	0.48	0.32
3.20	0.25	0.49	3.20	0.39	0.39	3.20	0.53	0.36
3.60	0.26	0.51	3.60	0.41	0.41	3.60	0.56	0.38
4.00	0.28	0.55	4.00	0.44	0.44	4.00	0.60	0.40
4.40	0.29	0.58	4.40	0.46	0.46	4.40	0.63	0.42
4.80	0.30	0.60	4.80	0.48	0.48	4.80	0.66	0.44
5.20	0.31	0.61	5.20	0.50	0.50	5.20	0.69	0.46
5.60	0.32	0.65	5.60	0.52	0.52	5.60	0.71	0.48
6.00	0.34	0.67	6.00	0.54	0.54	6.00	0.74	0.49
6.40	0.34	0.68	6.40	0.56	0.56	6.40	0.77	0.51
6.80	0.34	0.69	6.80	0.56	0.56	6.80	0.78	0.52
7.20	0.35	0.70	7.20	0.58	0.58	7.20	0.80	0.54
7.60	0.36	0.71	7.60	0.59	0.59	7.60	0.82	0.55
8.00	0.36	0.72	8.00	0.60	0.60	8.00	0.83	0.56
8.40	0.37	0.74	8.40	0.62	0.62	8.40	0.86	0.58
8.80	0.37	0.75	8.80	0.62	0.62	8.80	0.88	0.59
9.20	0.38	0.75	9.20	0.63	0.63	9.20	0.90	0.60
9.60	0.38	0.76	9.60	0.64	0.64	9.60	0.91	0.60
10.00	0.38	0.76	10.00	0.65	0.65	10.00	0.92	0.61
10.40	0.38	0.76	10.40	0.66	0.66	10.40	0.93	0.62
10.80	0.38	0.76	10.80	0.66	0.66	10.80	0.95	0.63
11.20	0.38	0.76	11.20	0.67	0.67	11.20	0.96	0.64
11.60	0.38	0.76	11.60	0.68	0.68	11.60	0.98	0.65
12.00	0.38	0.75	12.00	0.68	0.68	12.00	0.98	0.66
12.40	0.38	0.75	12.40	0.69	0.69	12.40	1.00	0.67
12.80	0.38	0.75	12.80	0.70	0.70	12.80	1.02	0.68
13.20	0.37	0.75	13.20	0.70	0.70	13.20	1.03	0.69
13.60	0.37	0.75	13.60	0.71	0.71	13.60	1.04	0.69
14.00	0.37	0.75	14.00	0.71	0.71	14.00	1.04	0.70

OBSERVACIONES: La muestra fue remoldeada a la densidad de 2.00 gr/cc.

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

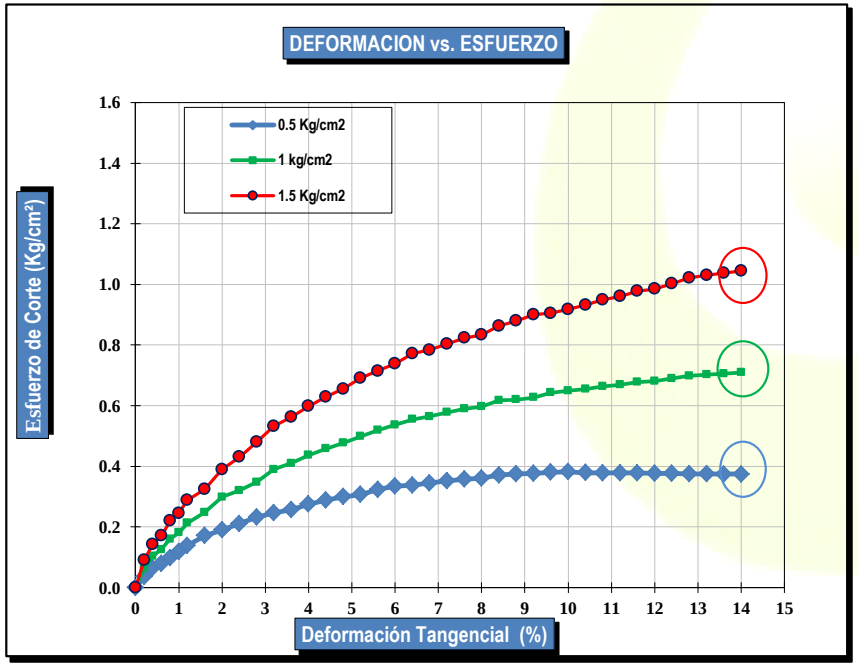
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

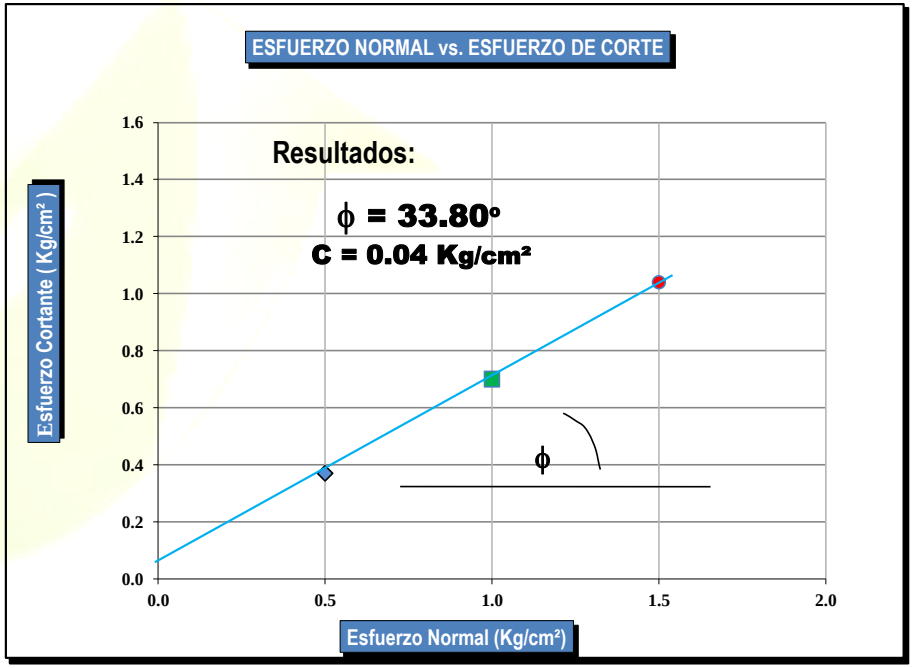
CLIENTE	:	CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.
PROYECTO	:	ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)
UBICACIÓN	:	PISAQ- CALCA- CUSCO
CLASIFICACION (SUCS)	:	GM
ESTADO	:	REMOLDEADO- SEMI SATURADO
VELOC. DE ENSAYO	:	0.15 mm/min

KARIN NOEMI
POLINARIO CASIMIRO
INGENIERA CIVIL
Reg CIP N° 91496

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339.171-2002

SONDAJE	:	C - 1
MUESTRA	:	M-1
PROFUNDIDAD (m)	:	1.00
FECHA	:	28/04/2025





GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROPIETARIO	: CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.			**ENSAYO DE CORTE DIRECTO NTP 339.171-2002**	
PROYECTO	:ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA			**ENSAYO N°:**	022/1000
	(PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)				
UBICACIÓN	: PISAQ- CALCA- CUSCO			**MUESTRA:**	: M-1
CLASIFICACION (S.U.C.S.)	: GC	**COORDENADAS:**	0192885E 8515440S	**SONDAJE**	: C - 2
ESTADO	: REMOLDEADO- SEMI SATURADO			**PROF. (m)**	: 0.90
VELOC. DE ENSAYO	: 0.15 mm/min			**FECHA**	: 28/04/2025

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h)	(cm)	2.20	2.17	2.20	2.15	2.20	2.13
Diàmetro (Ø)	(cm)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Densidad Seca (γ_d)	(g/cm^3)	1.41	1.43	1.41	1.44	1.41	1.45
Humedad (w)	(%)	8.00	20.20	8.00	18.10	8.00	16.05
Esfuerzo Normal	(Kg/cm^2)	0.50		1.00		1.50	

ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0.05	0.10	0.20	0.07	0.07	0.20	0.08	0.06
0.40	0.09	0.17	0.40	0.12	0.12	0.40	0.16	0.11
0.60	0.13	0.27	0.60	0.17	0.17	0.60	0.21	0.14
0.80	0.18	0.36	0.80	0.22	0.22	0.80	0.26	0.17
1.00	0.20	0.40	1.00	0.25	0.25	1.00	0.31	0.21
1.20	0.21	0.43	1.20	0.29	0.29	1.20	0.36	0.24
1.60	0.24	0.48	1.60	0.32	0.32	1.60	0.46	0.31
2.00	0.27	0.53	2.00	0.40	0.40	2.00	0.54	0.36
2.40	0.27	0.55	2.40	0.44	0.44	2.40	0.60	0.40
2.80	0.28	0.57	2.80	0.48	0.48	2.80	0.68	0.45
3.20	0.29	0.57	3.20	0.52	0.52	3.20	0.74	0.50
3.60	0.29	0.58	3.60	0.54	0.54	3.60	0.79	0.53
4.00	0.30	0.60	4.00	0.57	0.57	4.00	0.83	0.55
4.40	0.31	0.62	4.40	0.58	0.58	4.40	0.85	0.57
4.80	0.31	0.62	4.80	0.59	0.59	4.80	0.86	0.57
5.20	0.32	0.64	5.20	0.60	0.60	5.20	0.87	0.58
5.60	0.32	0.65	5.60	0.60	0.60	5.60	0.88	0.58
6.00	0.33	0.66	6.00	0.61	0.61	6.00	0.89	0.59
6.40	0.33	0.67	6.40	0.61	0.61	6.40	0.89	0.59
6.80	0.33	0.67	6.80	0.62	0.62	6.80	0.90	0.60
7.20	0.34	0.67	7.20	0.62	0.62	7.20	0.89	0.60
7.60	0.34	0.68	7.60	0.61	0.61	7.60	0.89	0.59
8.00	0.34	0.68	8.00	0.61	0.61	8.00	0.87	0.58
8.40	0.34	0.69	8.40	0.60	0.60	8.40	0.86	0.57
8.80	0.34	0.69	8.80	0.60	0.60	8.80	0.86	0.57
9.20	0.35	0.69	9.20	0.60	0.60	9.20	0.85	0.57
9.60	0.35	0.71	9.60	0.60	0.60	9.60	0.85	0.57
10.00	0.35	0.71	10.00	0.60	0.60	10.00	0.85	0.56
10.40	0.36	0.71	10.40	0.60	0.60	10.40	0.85	0.56
10.80	0.36	0.72	10.80	0.60	0.60	10.80	0.85	0.56
11.20	0.36	0.72	11.20	0.60	0.60	11.20	0.84	0.56
11.60	0.36	0.72	11.60	0.60	0.60	11.60	0.84	0.56
12.00	0.36	0.72	12.00	0.60	0.60	12.00	0.84	0.56
12.40	0.36	0.71	12.40	0.60	0.60	12.40	0.84	0.56
12.80	0.36	0.71	12.80	0.60	0.60	12.80	0.84	0.56
13.20	0.35	0.71	13.20	0.60	0.60	13.20	0.84	0.56
13.60	0.36	0.71	13.60	0.60	0.60	13.60	0.84	0.56
14.00	0.36	0.71	14.00	0.60	0.60	14.00	0.84	0.56

OBSERVACIONES: La muestra fue remoldeada a la densidad de 1.52 gr/cc.

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

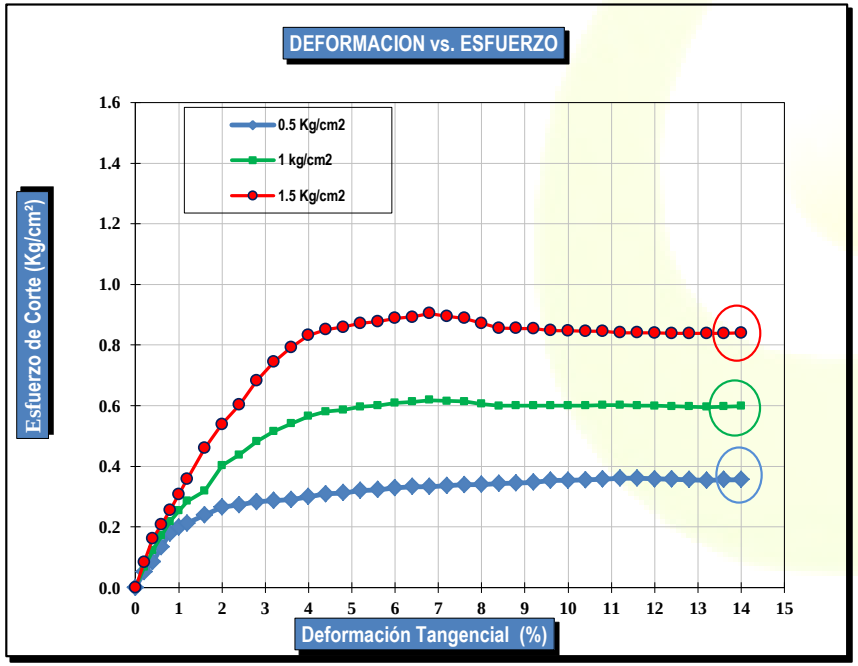
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

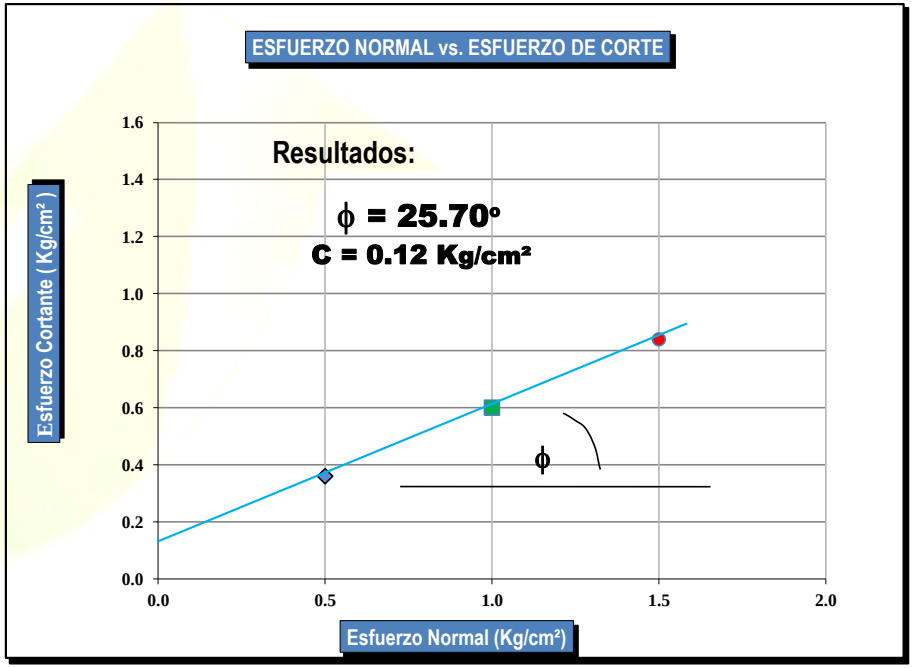
CLIENTE	:	CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.
PROYECTO	:	ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA
UBICACIÓN	:	(PROG. 0+000 Km - 9+300 Km) PISAQ- CALCA- CUSCO
CLASIFICACION (SUCS)	:	GC
ESTADO	:	REMOLDEADO- SEMI SATURADO
VELOC. DE ENSAYO	:	0.15 mm/min

KARIN NOEMI POLINARIO CASIMIRO
INGENIERA CIVIL
Reg CIP N° 91496

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339.171-2002

SONDAJE	:	C - 2
MUESTRA	:	M-1
PROFUNDIDAD (m)	:	0.90
FECHA	:	28/04/2025





GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROPIETARIO : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.

PROYECTO : ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- CALCA- CUSCO

CLASIFICACION (S.U.C.S.) : ML **COORDENADAS:** 0193689E 8516079S

ESTADO : REMOLDEADO- SEMI SATURADO

VELOC. DE ENSAYO : 0.15 mm/min

ENSAYO DE CORTE DIRECTO NTP 339.171-2002

ENSAYO N°: 023/1000

MUESTRA: : M-1

SONDAJE : C - 4

PROF. (m) : 1.80

FECHA : 28/04/2025

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h)	(cm)	2.20	2.16	2.20	2.14	2.20	2.12
Diàmetro (Ø)	(cm)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Densidad Seca (γ_d)	(g/cm^3)	1.51	1.54	1.51	1.55	1.51	1.57
Humedad (w)	(%)	7.20	23.40	7.20	21.15	7.20	19.25
Esfuerzo Normal	(Kg/cm^2)	0.50		1.00		1.50	

ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0.05	0.09	0.20	0.07	0.07	0.20	0.10	0.07
0.40	0.08	0.15	0.40	0.11	0.11	0.40	0.15	0.10
0.60	0.12	0.24	0.60	0.16	0.16	0.60	0.20	0.13
0.80	0.14	0.28	0.80	0.19	0.19	0.80	0.24	0.16
1.00	0.15	0.31	1.00	0.22	0.22	1.00	0.31	0.21
1.20	0.16	0.33	1.20	0.24	0.24	1.20	0.35	0.23
1.60	0.19	0.38	1.60	0.27	0.27	1.60	0.39	0.26
2.00	0.20	0.40	2.00	0.30	0.30	2.00	0.42	0.28
2.40	0.22	0.44	2.40	0.35	0.35	2.40	0.47	0.31
2.80	0.23	0.46	2.80	0.37	0.37	2.80	0.51	0.34
3.20	0.24	0.47	3.20	0.40	0.40	3.20	0.55	0.37
3.60	0.26	0.52	3.60	0.42	0.42	3.60	0.58	0.39
4.00	0.27	0.54	4.00	0.44	0.44	4.00	0.62	0.41
4.40	0.27	0.55	4.40	0.46	0.46	4.40	0.65	0.43
4.80	0.29	0.57	4.80	0.48	0.48	4.80	0.68	0.45
5.20	0.30	0.60	5.20	0.49	0.49	5.20	0.69	0.46
5.60	0.31	0.61	5.60	0.51	0.51	5.60	0.71	0.47
6.00	0.31	0.63	6.00	0.53	0.53	6.00	0.73	0.49
6.40	0.32	0.65	6.40	0.55	0.55	6.40	0.75	0.50
6.80	0.33	0.66	6.80	0.55	0.55	6.80	0.77	0.51
7.20	0.33	0.67	7.20	0.55	0.55	7.20	0.77	0.52
7.60	0.34	0.67	7.60	0.57	0.57	7.60	0.79	0.53
8.00	0.34	0.67	8.00	0.57	0.57	8.00	0.80	0.53
8.40	0.35	0.69	8.40	0.58	0.58	8.40	0.80	0.54
8.80	0.34	0.69	8.80	0.58	0.58	8.80	0.81	0.54
9.20	0.35	0.70	9.20	0.58	0.58	9.20	0.82	0.55
9.60	0.35	0.70	9.60	0.59	0.59	9.60	0.83	0.55
10.00	0.35	0.70	10.00	0.59	0.59	10.00	0.84	0.56
10.40	0.35	0.70	10.40	0.60	0.60	10.40	0.85	0.57
10.80	0.35	0.70	10.80	0.60	0.60	10.80	0.85	0.57
11.20	0.35	0.70	11.20	0.61	0.61	11.20	0.86	0.57
11.60	0.35	0.70	11.60	0.61	0.61	11.60	0.87	0.58
12.00	0.35	0.70	12.00	0.61	0.61	12.00	0.88	0.58
12.40	0.35	0.69	12.40	0.61	0.61	12.40	0.88	0.58
12.80	0.35	0.69	12.80	0.61	0.61	12.80	0.87	0.58
13.20	0.35	0.69	13.20	0.61	0.61	13.20	0.87	0.58
13.60	0.34	0.69	13.60	0.61	0.61	13.60	0.87	0.58
14.00	0.34	0.69	14.00	0.61	0.61	14.00	0.87	0.58

OBSERVACIONES: La muestra fue remoldeada a la densidad de 1.62 gr/cc.

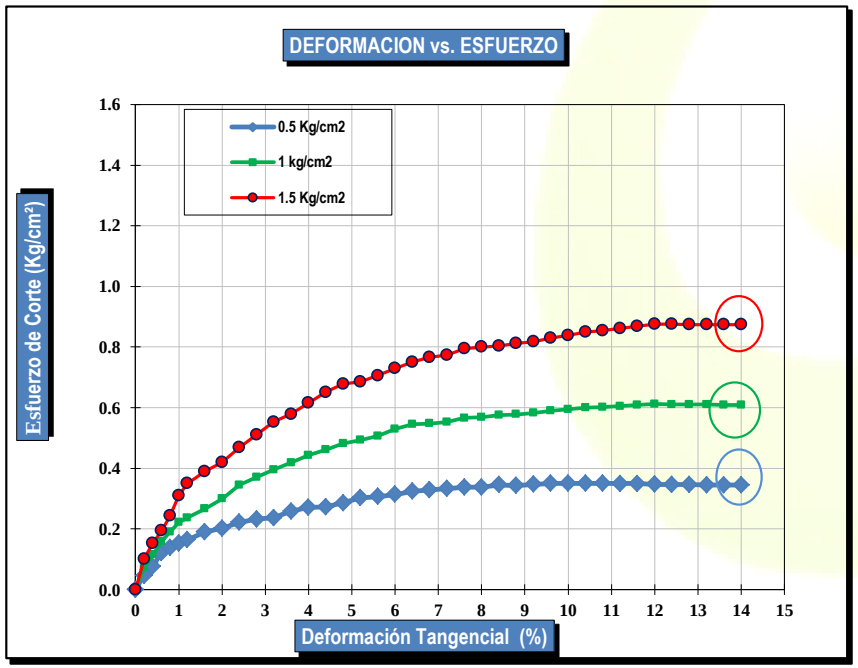
GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

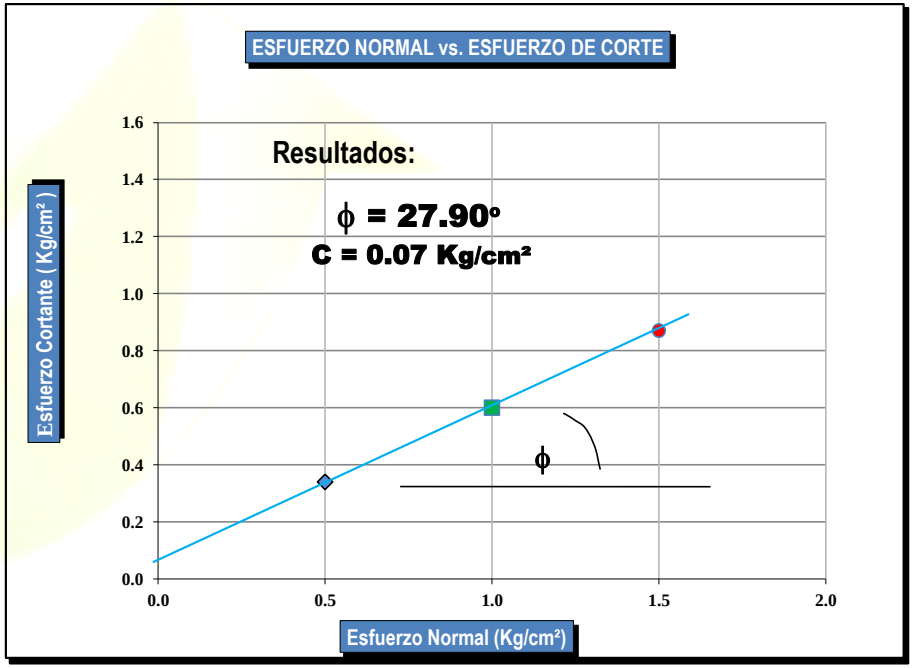
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CLIENTE	:	CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO - CESAR SANTIAGO CHILO CUNO
PROYECTO	:	ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)
UBICACIÓN	:	PISAQ- CALCA- CUSCO
CLASIFICACION (SUCS)	:	ML
ESTADO	:	REMOLDEADO- SEMI SATURADO
VELOC. DE ENSAYO	:	0.15 mm/min

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339.171-2002

SONDAJE	:	C - 4
MUESTRA	:	M-1
PROFUNDIDAD (m)	:	1.80
FECHA	:	28/04/2025





GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROPIETARIO : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.

PROYECTO: ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- CALCA- CUSCO

CLASIFICACION (S.U.C.S.) : SM **COORDENADAS:** 0193360E 8516405S

ESTADO : REMOLDEADO- SEMI SATURADO

VELOC. DE ENSAYO : 0.15 mm/min

ENSAYO DE CORTE DIRECTO NTP 339.171-2002

ENSAYO N°: 024/1000

MUESTRA: : M-1

SONDAJE : C - 6

PROF. (m) : 1.00

FECHA : 28/04/2025

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h)	(cm)	2.20	2.17	2.20	2.15	2.20	2.13
Diàmetro (Ø)	(cm)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Densidad Seca (γ_d)	(g/cm^3)	1.64	1.66	1.64	1.68	1.64	1.69
Humedad (w)	(%)	6.70	19.30	6.70	17.20	6.70	15.40
Esfuerzo Normal	(Kg/cm^2)	0.50		1.00		1.50	

ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0.03	0.06	0.20	0.07	0.07	0.20	0.10	0.06
0.40	0.07	0.14	0.40	0.12	0.12	0.40	0.17	0.11
0.60	0.11	0.22	0.60	0.16	0.16	0.60	0.20	0.14
0.80	0.13	0.26	0.80	0.18	0.18	0.80	0.24	0.16
1.00	0.15	0.31	1.00	0.22	0.22	1.00	0.28	0.19
1.20	0.17	0.34	1.20	0.24	0.24	1.20	0.32	0.21
1.60	0.19	0.38	1.60	0.28	0.28	1.60	0.37	0.25
2.00	0.22	0.45	2.00	0.32	0.32	2.00	0.42	0.28
2.40	0.23	0.47	2.40	0.35	0.35	2.40	0.46	0.30
2.80	0.24	0.49	2.80	0.37	0.37	2.80	0.49	0.33
3.20	0.26	0.51	3.20	0.39	0.39	3.20	0.53	0.35
3.60	0.27	0.54	3.60	0.41	0.41	3.60	0.55	0.37
4.00	0.28	0.56	4.00	0.44	0.44	4.00	0.60	0.40
4.40	0.28	0.57	4.40	0.45	0.45	4.40	0.62	0.41
4.80	0.30	0.59	4.80	0.47	0.47	4.80	0.64	0.43
5.20	0.30	0.60	5.20	0.48	0.48	5.20	0.67	0.45
5.60	0.31	0.62	5.60	0.50	0.50	5.60	0.70	0.46
6.00	0.32	0.64	6.00	0.52	0.52	6.00	0.72	0.48
6.40	0.32	0.64	6.40	0.53	0.53	6.40	0.73	0.49
6.80	0.33	0.66	6.80	0.54	0.54	6.80	0.76	0.50
7.20	0.33	0.66	7.20	0.56	0.56	7.20	0.79	0.53
7.60	0.33	0.67	7.60	0.57	0.57	7.60	0.81	0.54
8.00	0.34	0.67	8.00	0.58	0.58	8.00	0.83	0.55
8.40	0.34	0.68	8.40	0.59	0.59	8.40	0.85	0.57
8.80	0.35	0.69	8.80	0.61	0.61	8.80	0.87	0.58
9.20	0.35	0.70	9.20	0.62	0.62	9.20	0.88	0.59
9.60	0.35	0.69	9.60	0.63	0.63	9.60	0.91	0.61
10.00	0.35	0.71	10.00	0.64	0.64	10.00	0.92	0.61
10.40	0.36	0.72	10.40	0.64	0.64	10.40	0.93	0.62
10.80	0.36	0.72	10.80	0.65	0.65	10.80	0.93	0.62
11.20	0.36	0.73	11.20	0.65	0.65	11.20	0.94	0.63
11.60	0.37	0.73	11.60	0.66	0.66	11.60	0.95	0.63
12.00	0.37	0.74	12.00	0.66	0.66	12.00	0.95	0.63
12.40	0.37	0.74	12.40	0.66	0.66	12.40	0.96	0.64
12.80	0.37	0.74	12.80	0.67	0.67	12.80	0.97	0.64
13.20	0.37	0.74	13.20	0.67	0.67	13.20	0.97	0.64
13.60	0.37	0.74	13.60	0.67	0.67	13.60	0.96	0.64
14.00	0.37	0.74	14.00	0.67	0.67	14.00	0.96	0.64

OBSERVACIONES: La muestra fue remoldeada a la densidad de 1.75 gr/cc.

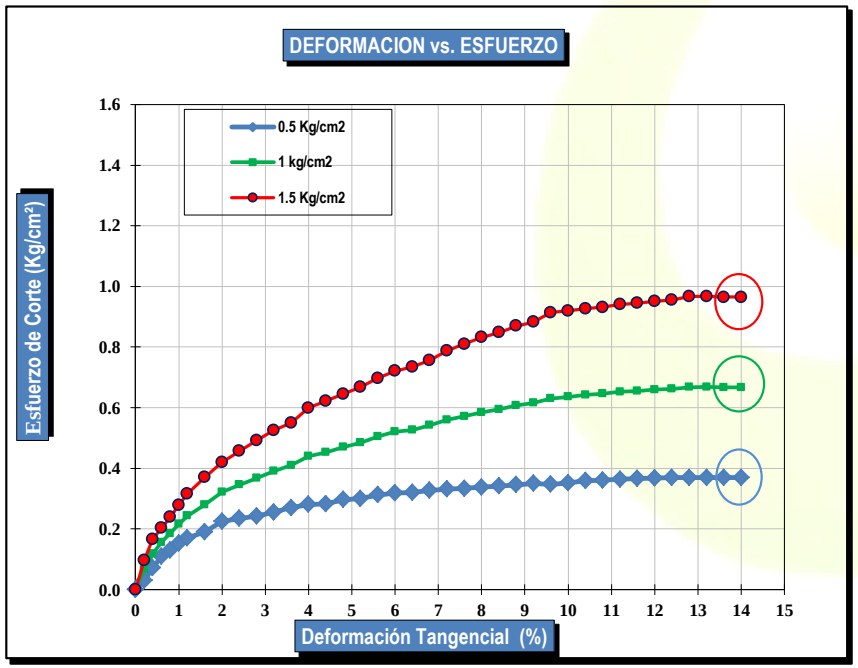
GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

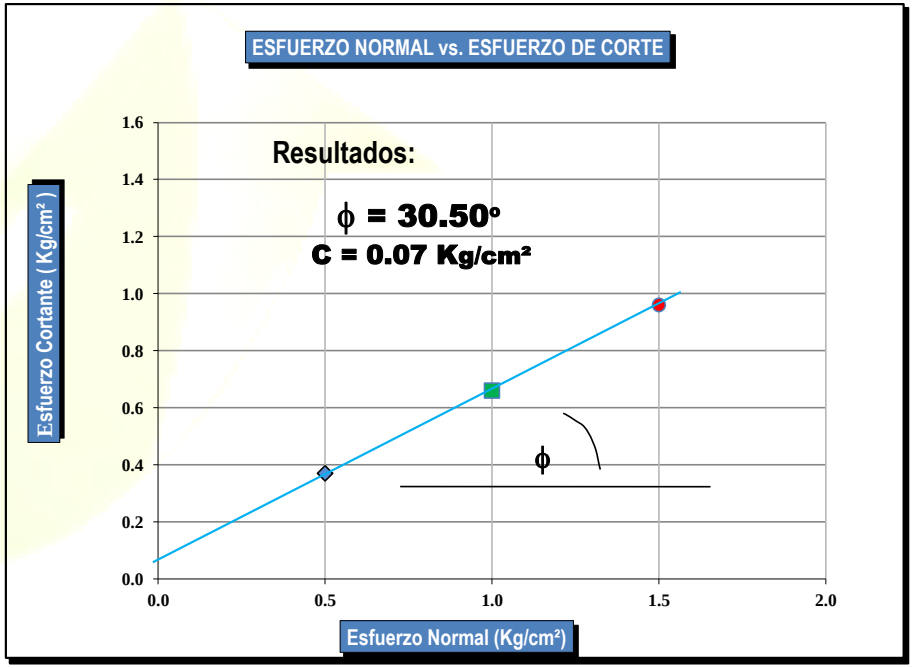
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CLIENTE	:	CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.
PROYECTO	:	ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)
UBICACIÓN	:	PISAQ- CALCA- CUSCO
CLASIFICACION (SUCS)	:	SM
ESTADO	:	REMOLDEADO- SEMI SATURADO
VELOC. DE ENSAYO	:	0.15 mm/min

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339.171-2002

SONDAJE	:	C - 6
MUESTRA	:	M-1
PROFUNDIDAD (m)	:	1.00
FECHA	:	28/04/2025





GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROPIETARIO : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.

PROYECTO: ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- CALCA- CUSCO

CLASIFICACION (S.U.C.S.) : GM **COORDENADAS:** 0192553E 8516385S

ESTADO : REMOLDEADO- SEMI SATURADO

VELOC. DE ENSAYO : 0.15 mm/min

ENSAYO DE CORTE DIRECTO NTP 339.171-2002

ENSAYO N°: 025/1000

MUESTRA: : M-1

SONDAJE : C - 7

PROF. (m) : 1.50

FECHA : 28/04/2025

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h)	(cm)	2.20	2.18	2.20	2.17	2.20	2.15
Diàmetro (Ø)	(cm)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Densidad Seca (γ_d)	(g/cm^3)	1.84	1.86	1.84	1.87	1.84	1.88
Humedad (w)	(%)	7.10	19.70	7.10	17.65	7.10	16.05
Esfuerzo Normal	(Kg/cm^2)	0.50		1.00		1.50	

ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0.04	0.08	0.20	0.07	0.07	0.20	0.09	0.06
0.40	0.07	0.14	0.40	0.11	0.11	0.40	0.15	0.10
0.60	0.11	0.21	0.60	0.14	0.14	0.60	0.18	0.12
0.80	0.13	0.26	0.80	0.18	0.18	0.80	0.23	0.15
1.00	0.13	0.27	1.00	0.20	0.20	1.00	0.27	0.18
1.20	0.15	0.30	1.20	0.22	0.22	1.20	0.30	0.20
1.60	0.17	0.35	1.60	0.25	0.25	1.60	0.35	0.23
2.00	0.18	0.37	2.00	0.28	0.28	2.00	0.39	0.26
2.40	0.19	0.38	2.40	0.31	0.31	2.40	0.44	0.29
2.80	0.20	0.40	2.80	0.33	0.33	2.80	0.46	0.31
3.20	0.21	0.42	3.20	0.35	0.35	3.20	0.49	0.33
3.60	0.22	0.44	3.60	0.38	0.38	3.60	0.54	0.36
4.00	0.23	0.46	4.00	0.39	0.39	4.00	0.57	0.38
4.40	0.23	0.47	4.40	0.42	0.42	4.40	0.60	0.40
4.80	0.25	0.50	4.80	0.45	0.45	4.80	0.63	0.42
5.20	0.25	0.50	5.20	0.46	0.46	5.20	0.67	0.45
5.60	0.27	0.53	5.60	0.48	0.48	5.60	0.70	0.47
6.00	0.28	0.55	6.00	0.50	0.50	6.00	0.72	0.48
6.40	0.28	0.55	6.40	0.52	0.52	6.40	0.75	0.50
6.80	0.28	0.56	6.80	0.52	0.52	6.80	0.76	0.51
7.20	0.29	0.58	7.20	0.53	0.53	7.20	0.79	0.53
7.60	0.29	0.59	7.60	0.54	0.54	7.60	0.80	0.53
8.00	0.30	0.60	8.00	0.55	0.55	8.00	0.82	0.55
8.40	0.31	0.61	8.40	0.57	0.57	8.40	0.83	0.55
8.80	0.32	0.65	8.80	0.59	0.59	8.80	0.85	0.57
9.20	0.33	0.65	9.20	0.60	0.60	9.20	0.87	0.58
9.60	0.33	0.67	9.60	0.61	0.61	9.60	0.89	0.59
10.00	0.34	0.68	10.00	0.62	0.62	10.00	0.91	0.60
10.40	0.35	0.69	10.40	0.63	0.63	10.40	0.91	0.61
10.80	0.35	0.71	10.80	0.64	0.64	10.80	0.93	0.62
11.20	0.36	0.72	11.20	0.65	0.65	11.20	0.95	0.63
11.60	0.36	0.72	11.60	0.66	0.66	11.60	0.96	0.64
12.00	0.37	0.73	12.00	0.67	0.67	12.00	0.98	0.65
12.40	0.37	0.74	12.40	0.68	0.68	12.40	0.99	0.66
12.80	0.38	0.75	12.80	0.70	0.70	12.80	1.02	0.68
13.20	0.38	0.76	13.20	0.70	0.70	13.20	1.03	0.68
13.60	0.39	0.77	13.60	0.71	0.71	13.60	1.04	0.69
14.00	0.39	0.77	14.00	0.71	0.71	14.00	1.05	0.70

OBSERVACIONES: La muestra fue remoldeada a la densidad de 1.97 gr/cc.

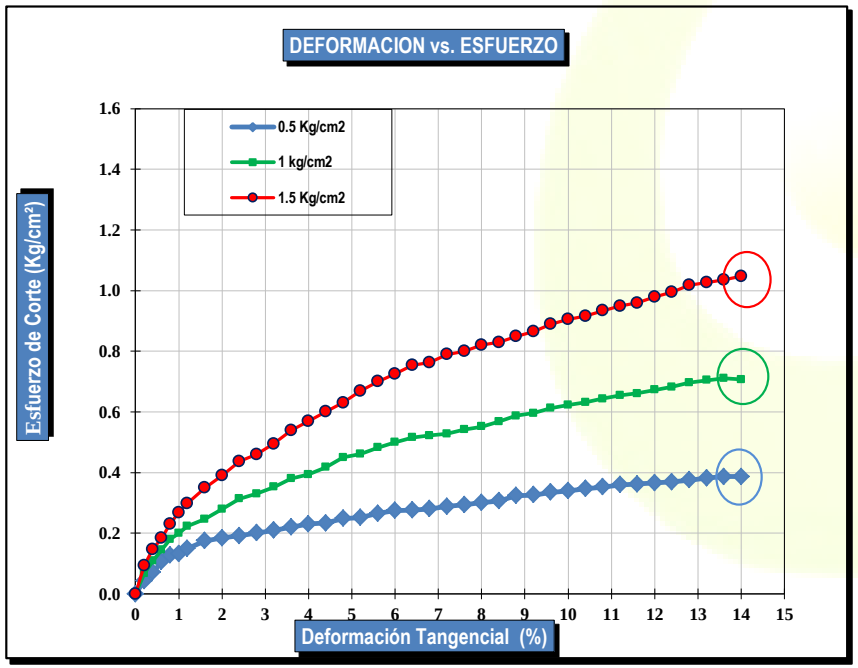
GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

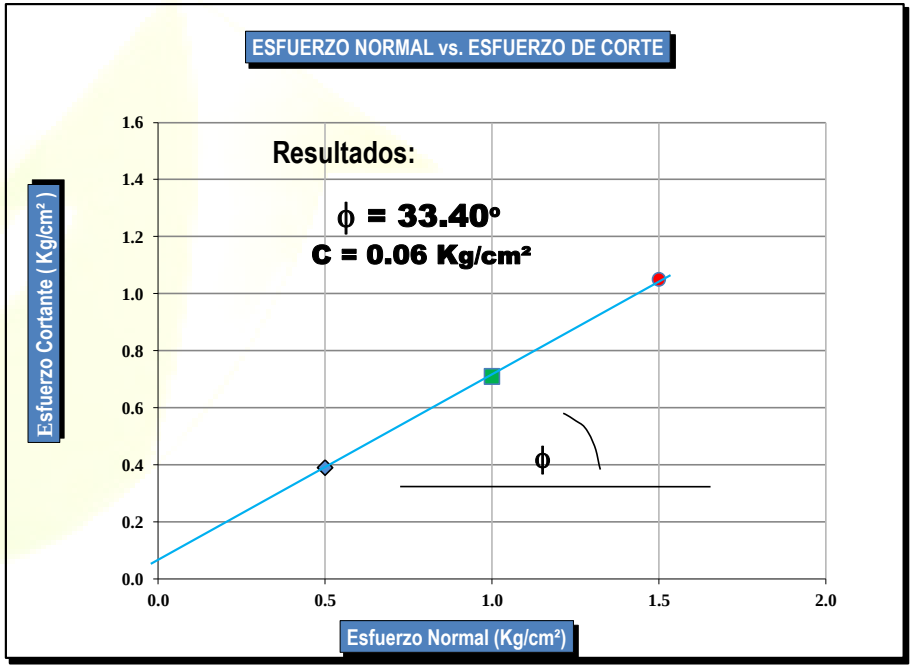
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CLIENTE	:	CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.
PROYECTO	:	ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA
UBICACIÓN	:	(PROG. 0+000 Km - 9+300 Km) PISAQ- CALCA- CUSCO
CLASIFICACION (SUCS)	:	GM
ESTADO	:	REMOLDEADO- SEMI SATURADO
VELOC. DE ENSAYO	:	0.15 mm/min

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339.171-2002

SONDAJE	:	C - 7
MUESTRA	:	M-1
PROFUNDIDAD (m)	:	1.50
FECHA	:	28/04/2025





GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROPIETARIO : CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.

PROYECTO: ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)

UBICACIÓN : PISAQ- CALCA- CUSCO

CLASIFICACION (S.U.C.S.) : ML **COORDENADAS:** 0192734E 8516550S

ESTADO : REMOLDEADO- SEMI SATURADO

VELOC. DE ENSAYO : 0.15 mm/min

ENSAYO DE CORTE DIRECTO NTP 339.171-2002

ENSAYO N°: 026/1000

MUESTRA: : M-1

SONDAJE : C - 12

PROF. (m) : 2.00

FECHA : 28/04/2025

DATOS DEL ESPECIMEN		ESPECIMEN 01		ESPECIMEN 02		ESPECIMEN 03	
		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura (h)	(cm)	2.20	2.18	2.20	2.16	2.20	2.14
Diàmetro (Ø)	(cm)	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Densidad Seca (γ_d)	(g/cm^3)	1.62	1.63	1.62	1.65	1.62	1.66
Humedad (w)	(%)	8.20	20.60	8.20	18.35	8.20	16.27
Esfuerzo Normal	(Kg/cm^2)	0.50		1.00		1.50	

ESPECIMEN 01			ESPECIMEN 02			ESPECIMEN 03		
Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado	Deform. Tangencial (%)	Esfuerzo de Corte (Kg/cm^2)	Esfuerzo Normalizado
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0.05	0.10	0.20	0.08	0.08	0.20	0.11	0.07
0.40	0.08	0.17	0.40	0.14	0.14	0.40	0.19	0.12
0.60	0.12	0.23	0.60	0.19	0.19	0.60	0.28	0.19
0.80	0.14	0.28	0.80	0.22	0.22	0.80	0.32	0.21
1.00	0.16	0.31	1.00	0.27	0.27	1.00	0.38	0.26
1.20	0.18	0.36	1.20	0.30	0.30	1.20	0.42	0.28
1.60	0.19	0.38	1.60	0.33	0.33	1.60	0.47	0.31
2.00	0.20	0.41	2.00	0.36	0.36	2.00	0.51	0.34
2.40	0.21	0.43	2.40	0.38	0.38	2.40	0.55	0.37
2.80	0.21	0.42	2.80	0.40	0.40	2.80	0.59	0.39
3.20	0.22	0.45	3.20	0.42	0.42	3.20	0.62	0.41
3.60	0.22	0.44	3.60	0.44	0.44	3.60	0.66	0.44
4.00	0.23	0.46	4.00	0.44	0.44	4.00	0.66	0.44
4.40	0.23	0.46	4.40	0.45	0.45	4.40	0.68	0.45
4.80	0.24	0.48	4.80	0.47	0.47	4.80	0.71	0.47
5.20	0.24	0.49	5.20	0.48	0.48	5.20	0.72	0.48
5.60	0.25	0.50	5.60	0.49	0.49	5.60	0.74	0.49
6.00	0.26	0.53	6.00	0.51	0.51	6.00	0.75	0.50
6.40	0.27	0.54	6.40	0.51	0.51	6.40	0.76	0.51
6.80	0.27	0.54	6.80	0.53	0.53	6.80	0.78	0.52
7.20	0.26	0.52	7.20	0.53	0.53	7.20	0.79	0.53
7.60	0.26	0.52	7.60	0.53	0.53	7.60	0.80	0.54
8.00	0.26	0.53	8.00	0.54	0.54	8.00	0.82	0.55
8.40	0.27	0.53	8.40	0.54	0.54	8.40	0.82	0.55
8.80	0.27	0.54	8.80	0.55	0.55	8.80	0.82	0.55
9.20	0.27	0.55	9.20	0.55	0.55	9.20	0.83	0.55
9.60	0.28	0.56	9.60	0.55	0.55	9.60	0.83	0.55
10.00	0.28	0.56	10.00	0.56	0.56	10.00	0.83	0.55
10.40	0.28	0.57	10.40	0.56	0.56	10.40	0.84	0.56
10.80	0.29	0.57	10.80	0.57	0.57	10.80	0.85	0.57
11.20	0.29	0.58	11.20	0.57	0.57	11.20	0.86	0.57
11.60	0.30	0.60	11.60	0.58	0.58	11.60	0.86	0.57
12.00	0.31	0.62	12.00	0.59	0.59	12.00	0.87	0.58
12.40	0.32	0.65	12.40	0.60	0.60	12.40	0.87	0.58
12.80	0.33	0.65	12.80	0.60	0.60	12.80	0.87	0.58
13.20	0.33	0.65	13.20	0.60	0.60	13.20	0.87	0.58
13.60	0.33	0.65	13.60	0.60	0.60	13.60	0.87	0.58
14.00	0.33	0.65	14.00	0.60	0.60	14.00	0.87	0.58

OBSERVACIONES: La muestra fue remoldeada a la densidad de 1.75 gr/cc.

GEOTECNICOS & GEOFISICOS LATINOS
CONSULTORES EN INGENIERIA S.A.C.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CLIENTE	:	CESAR SANTIAGO CHILO CUNO - CARLOS ALFREDO ENRIQUEZ LOZANO.
PROYECTO	:	ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA PISAQ - ANTACHACA (PROG. 0+000 Km - 9+300 Km)
UBICACIÓN	:	PISAQ- CALCA- CUSCO
CLASIFICACION (SUCS)	:	ML
ESTADO	:	REMOLDEADO- SEMI SATURADO
VELOC. DE ENSAYO	:	0.15 mm/min

ENSAYO DE CORTE DIRECTO
NTP 339.171-2002

SONDAJE	:	C - 12
MUESTRA	:	M-1
PROFUNDIDAD (m)	:	2.00
FECHA	:	28/04/20257

