

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y
METALURGÍA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLOGICA



**“ESTUDIO GEOTÉCNICO DE LA CARRETERA DESAGUADERO
- KELLUYO DE LA PROVINCIA DE CHUCUITO DEL
DEPARTAMENTO DE PUNO”**

TESIS

PRESENTADA POR:

WILSON MAYTA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

PUNO – PERÚ

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLOGICA Y METALURGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

“ESTUDIO GEOTÉCNICO DE LA CARRETERA DESAGUADERO - KELLUYO
DE LA PROVINCIA DE CHUCUITO DEL DEPARTAMENTO DE PUNO”

TESIS PRESENTADA POR:


WILSON MAYTA MAMANI

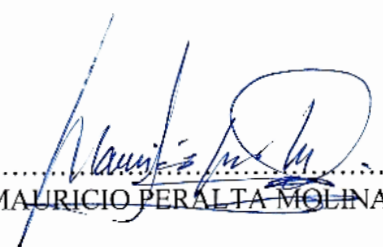
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

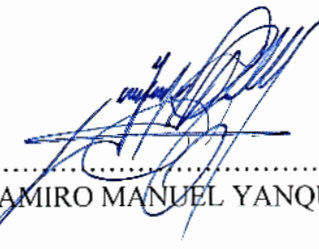
INGENIERO GEÓLOGO

APROBADA POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:



PRESIDENTE : 
Dr. ERASMO GODOFREDO CARNERO CARNERO

PRIMER MIEMBRO : 
Ing. MAURICIO PERALTA MOLINA

SEGUNDO MIEMBRO : 
Ing. RAMIRO MANUEL YANQUI COAQUIRA

DIRECTOR / ASESOR : 
M.Sc. LEONEL PALOMINO ASCENCIO

ÁREA : Geotecnia
TEMA : Evaluación geotécnica de la carretera

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 31 DE DICIEMBRE DEL 2018

DEDICATORIA

A Dios por haberme encaminado bien, y
por el apoyo espiritual que me brinda en
la vida cotidiana.

A mis abuelos Honorio, Rosa, Timoteo y
Gabriela que me aconsejaron en todo
momento, y apoyaron para salir adelante y así
sobrellevar cualquier dificultad de la vida.

A mis padres Silvestre, Emiliana y
hermana Gabriela mi infinita gratitud por
su sacrificio y apoyo incondicional, por
haberme inculcado valores, principios
todo ello con mucho cariño.

A mi pareja Amelia y mi pequeño Jesusadrián
y sobrino Gabiel por comprenderme,
apoyarme moralmente.

AGRADECIMIENTOS

- Primero mi agradecimiento infinito a Dios por estar siempre conmigo, por no dejarme a pesar de mis errores, por cuidar siempre de mí, de mi familia y por todo lo que me ha brindado durante mi vida cotidiana.
- En segundo lugar, a mis padres Silvestre y Emiliana que me han guiado por el camino correcto, sus buenos deseos, apoyo y compañía.
- En tercer lugar, expreso mi agradecimiento a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, y a los que me apoyaron en los momentos más difíciles de la vida como el Dr. Rolando Apaza Campos, M.Sc. Flavio Rosado Linares que verdaderamente aportaron sus enseñanzas durante mi formación profesional.
- En cuarto lugar, mi profundo agradecimientos al Gobierno Regional Puno, en especial al Ing. Henry Ramírez Gamarra por haberme brindado su apoyo y permiso para el presente trabajo de investigación, para obtener el título profesional de ingeniero geólogo y a mi asesor de tesis al M.Sc. Leonel Palomino Ascencio por su gran apoyo incondicional.
- En quinto lugar, deseo expresar mi gratitud a mis compañeros de trabajo por su aliento y apoyo incondicional y a todas las personas que directa o indirectamente contribuyeron de alguna manera para que este trabajo de investigación pudiera ser realizada.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	14
ABSTRACT.....	15
 CAPÍTULO I 	
INTRODUCCIÓN	
1.1. GENERALIDADES	16
1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.4. HIPÓTESIS	18
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.6. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.6.1. Objetivo general	19
1.6.2. Objetivos específicos.....	19
 CAPÍTULO II 	
REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	20
2.2. LA CORDILLERA OCCIDENTAL.....	22
2.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	23
2.3.1. Tectónica	23
2.4. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL	24
2.4.1. Grupo puno (Pp - c).....	24
2.4.2. Formación maure (Nm-vs)	24
2.4.3. Volcánico sencca (N-se).....	24
2.4.4. Formación capillune (N-ca).....	25

2.4.5.	Grupo barroso (N-ba-an)	25
2.4.6.	Depósitos cuaternarios – recientes (Qr-c)	26
2.5.	HIDROLOGIA	27
2.5.1.	Análisis de elementos meteorológicos	27
2.6.	GEOMORFOLOGÍA	30
2.6.1.	Unidades geomorfológicas	30
2.6.1.1.	Sistema antrópico	30
2.6.1.2.	Sistema fluvial	31
2.6.1.3.	Sistema sedimentario	32
2.7.	ESTRATIGRAFÍA DEL AREA DE ESTUDIO	32
2.7.1.	Formación maure (Nm-vc)	32
2.7.2.	Depósitos cuaternarios	32
2.8.	GEODINAMICA DEL AREA DE ESTUDIO	33
2.8.1.	Geodinámica externa	33

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1.	UBICACIÓN	34
3.1.1.	Ubicación coordenadas	34
3.1.2.	Ubicación política	35
3.2.	ESTUDIO GEOTECNICO PARA CARRETERAS	36
3.3.	RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO	36
3.4.	PROGRAMA DE PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA	37
3.5.	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS PARA CARRETERAS	38
3.6.	ENSAYOS DE LABORATORIO PARA CARRETERAS	38
3.6.1.	Contenido de humedad	39
3.6.2.	Análisis granulométrico	40

3.6.3.	Límites de consistencia.....	44
3.6.4.	Próctor	45
3.6.4.1.	Próctor modificado	46
3.6.5.	Relación de soporte de california CBR	47
3.6.6.	Abrasión los ángeles.....	48
3.7.	ESTUDIO DE CANTERAS.....	49
3.7.1.	Características geotécnicas de las canteras.....	50
3.8.	METODOLOGIA DEL ESTUDIO.....	54
3.8.1.	Recopilación de información.....	54
3.8.2.	Recolección de datos del campo.....	54
3.8.3.	Elaboración del informe final.....	55
3.9.	MATERIALES UTILIZADOS.....	55

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	DETERMINACIÓN DE MEJORAMIENTO POR TRAMOS.....	57
4.2.	PROPUESTAS DE SOLUCIÓN EN EL TRATAMIENTO DEL SUELO.....	65
4.3.	CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS Y PROPIEDADES FISICO- MECÁNICAS DE CANTERAS.....	67
4.3.1.	Cantera de material granular	67
4.3.2.	Cantera de roca	71
4.3.3.	Cantera de agregados.....	73
	CONCLUSIONES	77
	RECOMENDACIONES.....	79
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	80
	ANEXOS	83

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Promedio anual de precipitación.....	28
Figura 2: Promedio anual de temperatura.	29
Figura 3: Unidades geomorfológicas.....	31
Figura 4: Mapa de ubicación y trazo del área de estudio.	35
Figura 5: Perfil de calicata tramo 01	57
Figura 6: Perfil de calicata tramo 02	58
Figura 7: Perfil de calicata tramo 03.	59
Figura 8: Perfil de calicata tramo 04	60
Figura 9: Perfil de calicata tramo 05.	61
Figura 10: Perfil de calicata tramo 06.	62
Figura 11: Perfil de calicata tramo 07.....	63
Figura 12: Cantera jichucollo.....	67
Figura 13: Cantera Tiramarca.	69
Figura 14: Cantera Cconahuiri.....	71
Figura 15: Cantera arenales.	73
Figura 16: Cantera collpacotaña.	75

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Columna estratigráfica.	27
Tabla 2: Promedio anual de precipitaciones (mm).	28
Tabla 3: Temperatura promedio mensual (°C).....	29
Tabla 4: Unidades geomorfológicas.....	30
Tabla 5: Unidades geomorfológicas local.....	33
Tabla 6: Coordenadas UTM del área en estudio.....	34
Tabla 7: Vías de acceso.....	35
Tabla 8: Ensayos de laboratorio.....	37
Tabla 9: Clasificación según AASTHO.....	41
Tabla 10: Clasificación más comunes según AASTHO Y SUCS.....	43
Tabla 11: Sistema unificado de clasificación (S.U.C.S).....	43
Tabla 12: Valores de carga unitario CBR.....	47
Tabla 13: Clasificación de suelos para infraestructura de pavimentos.....	48
Tabla 14: Especificaciones para el ensayo de abrasión para rocas.....	49
Tabla 15: Especificaciones geotécnicas.....	50
Tabla 16: Especificaciones generales para la construcción de carreteras.....	51
Tabla 17: Franjas granulométricas.....	51

Tabla 18: Materiales utilizados.	55
Tabla 19: Resumen de terreno de fundación de desvió Desaguadero-Kelluyo	64
Tabla 20: Nomenclatura de reemplazamiento.....	65
Tabla 21: Resultados de cantera jichucollo.....	68
Tabla 22: Resultados de cantera Tiramarca.	70
Tabla 23: Ensayos de índice manual de resistencia de roca en campo (ISRM, 1981).	72
Tabla 24: Resultados de cantera Cconahuiri.....	73
Tabla 25: Resultados de cantera arenales.....	74
Tabla 26: Resultados de cantera Collpacotaña.....	76

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

AASHTO	: American asociación state highway and transportation officials.
ASTM	: American standards and testing materials.
CBR	: California Bearing ratio o Relación de Sopórte de California.
°C	: Grados Centígrados.
cm.	: Centímetro.
C.P.	: Centro Poblado.
CL	: Arcilla inorgánica de baja compresibilidad.
Di	: Densidades individuales.
De	: Próctor Modificado.
E	: Este.
EG – 2013	: Especificaciones Técnicas Generales para construcción.
gr.	: Gramos.
I.P.	: Índice de Plasticidad.
INGEMMET	: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
IVP	: Instituto Vial Provincial.
Kg.	: kilogramos.
Kg.	: kilómetros.
Lb.	: Libras.

L L	: Límite Líquido.
L P	: Límite Plástico.
M	: Metros.
M.S.N.M.	: Metros sobre el nivel del mar.
mm.	: Milímetros.
m²	: Metros cuadrados.
m³	: Metros cúbicos.
MTC	: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
MDS	: Máxima Densidad Seca.
N-ba-an	: Grupo Barroso.
N-ca	: Formación Capillune
NE	: Noreste.
NF	: Nivel Freático.
Nm-vs	: Formación Maure.
N-Se	: Vólcanico Sencca
OL	: Limo inorgánico de baja plasticidad.
Pp – c	: Grupo Puno.
Qh-c	: Cuaternarios.
Qh-al	: Depósitos Aluviales.

SC	: Arena Arcillosa.
SE	: Sur Este.
SUCS	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
SM-SC	: Arena Limosa Arcillosa.
%	: Porcentaje de humedad.
W	: Oeste
WNW	: Oeste Noroeste
GRP	: Gobierno Regional Puno.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el distrito de Desaguadero- Kelluyo de la Provincia de Chucuito, en el departamento de Puno. Se ejecutaron 76 calicatas a una profundidad de 1.50 m y otros hasta 2.60 m. a cada 250 m. de distancia, donde se determinaron las características físicas y mecánicas de los suelos de fundación con fines de cimentación y 6 canteras que podrían ser utilizadas en el proceso de la construcción y ejecución. Identificándose como problema principal “la capacidad de soporte del terreno de fundación, mediante el ensayo del “CBR.”, y como objetivo general es evaluar las características geotécnicas del terreno de fundación y canteras para la carretera Desaguadero–Kelluyo de la provincia de Chucuito del departamento de Puno,” lográndose obtener mediante exploraciones geotécnicas las muestras necesarias, y permitirá realizar los análisis en el laboratorio. Planteándose la siguiente hipótesis “El terreno de fundación de la carretera Desaguadero - Kelluyo requiere reemplazar con material de préstamo o cantera ya que estas tienen características favorables.” En la presente investigación se concluye que los suelos de fundación presentan CBR que varían entre 5%-20% los cuales nos indican que son regulares a buenas en donde se presentan arenas mal graduadas, arenas arcillosas, arcillas de baja compresibilidad, limos con una clasificación **SUCS:** SP, SM, SC, CL y la presencia de nivel freático a 1.50 m. de profundidad.

Palabras clave: Control de Calidad, Geotécnica, Pavimento flexible, Terreno de fundación.

ABSTRACT

This research work was carried out in the Desaguadero-Kelluyo district of the Province of Chucuito, in the department of Puno. 76 calicatas were executed at a depth of 1.50 m and others up to 2.60 m. at every 250 m distance, where the physical and mechanical characteristics of the foundation floors were determined for foundation purposes and 6 quarries that could be used in the construction and execution process. Identifying as the main problem “the support capacity of the foundation land, through the “CBR.” Test, and as a general objective is to evaluate the geotechnical characteristics of the foundation land and quarries for the Desaguadero – Kelluyo highway of the province of Chucuito del department of Puno,” obtaining the necessary samples through geotechnical explorations, and will allow analysis in the laboratory. Posing the following hypothesis “The foundation land of the Desaguadero - Kelluyo highway requires replacing with loan or quarry material since these have favorable characteristics.” In the present investigation it is concluded that the foundation floors have CBR that vary between 5% - 20% which indicate that they are regular to good where poorly graded sands, clay sands, low compressibility clays, silt with a SUCS classification: SP, SM, SC, CL and the presence of a water table at 1.50 m. deep

Keywords: Quality control, Foundation ground, Geotechnics, Flexible Pavemen

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. GENERALIDADES

Los estudios geotécnicos son de suma importancia para la evaluación y identificación del terreno de fundación, la estructura, sus propiedades, la incidencia de la estabilidad del terreno natural, las condiciones hidrológicas y drenaje que permitan adoptar los parámetros adecuados y finalmente para determinar cada uno de estos. El propósito de este proyecto de tesis es de desarrollar la Geotécnia en carreteras, y poder brindar a los interesados las pautas y criterios técnicos apropiados que se tomará para el estudio del terreno de fundación y canteras. La interpretación se dará a conocer una vez obtenida los resultados para dar solución a los problemas que existan y esto permitirá caracterizar los diversos suelos que se presentan en la zona, para el emplazamiento de la carretera en la cual se debe de considerarse: el tipo suelo, clasificación del suelo, posición del nivel freático y materiales de cantera.

Se determinará los suelos típicos disponibles a lo largo del eje del tramo y en las variantes ocasionales, se realizarán calicatas cada 250 m., en zonas estratégicas y/o

variaciones litológicas de diferentes profundidades de los cuales se realizará, la clasificación visual y táctil del suelo, la descripción del registro de calicata que se dará en el campo, de la misma forma serán tomadas las muestras alteradas para los respectivos ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En el camino vecinal Desaguadero- Kelluyo se encuentran afloramientos de suelos limosos, arenosos y otros, así como cobertura de depósitos cuaternarios aluviales, los cuales están fuertemente meteorizados física y químicamente, además presentan procesos de erosión en algunos puntos de la carretera.

El Problema es la falta de estudios geotécnico para su diseño y posterior ejecución en gran parte de las zonas rurales y distritos del país, situación que afecta el desarrollo de los pueblos.

Evidentemente es necesario que el estudio geotécnico este coordinado con otras áreas de la ingeniería.

La inestabilidad se debe a la presencia de abollamientos en suelos, siendo necesario definir las características geomecánicas a lo largo del eje de la carretera, para determinar los mejoramientos de terreno de fundación en los tramos críticos.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Qué características geotécnicas tiene el terreno de fundación y canteras de la carretera Desaguadero-Kelluyo?.

1.4. HIPÓTESIS

El terreno de fundación de la carretera Desaguadero - Kelluyo requiere reemplazar con material de préstamo y existen canteras con características favorables.

1.5. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

En el presente proyecto se permitirá obtener información acerca de las características geotécnicas del terreno de fundación y canteras, que se evaluarán con equipos de laboratorio para conocer las características físico-mecánicas de los diferentes tipos de suelos que se tiene y. para la posterior ejecución del proyecto. Muchas veces no se toman en cuenta la evaluación geotecnia del sector a evaluarse, razón por el cual, en el proceso de construcción, presentan diferentes tipos de problemas, sean por la presencia de aguas subterráneas, ubicación de suelos finos.

En la actualidad la superficie de rodadura se encuentra deteriorada muestra desniveles, bacheos y empozamiento de aguas pluviales por el mal estado de las cunetas; asimismo algunas alcantarillas y pontones se encuentra colapsadas y con riesgo de caerse; estos daños se presenta, en temporadas de lluvias es muy difícil el tránsito de vehículos menores, mayores para el traslado de la población de Kelluyo y Desaguadero que tiene que tomar vías adyacentes para poder llegar al destino ya que estos pueblos requieren urgente solución, los resultados de las pruebas de laboratorio, se deberá utilizar en el diseño final del pavimento, para estabilizar correctamente, y así evitar problemas posteriores en la carretera.

1.6. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1. Objetivo general

Evaluar las características geotécnicas del terreno de fundación y canteras para la carretera Desaguadero – Kelluyo de la provincia de Chucuito del departamento de Puno.

1.6.2. Objetivos específicos

- Determinar el mejoramiento por Tramos en el Terreno de Fundación.
- Determinar las propuestas de solución en el tratamiento de los suelos.
- Determinar las propiedades físico-mecánicas que tienen los materiales de canteras la carretera Desaguadero-Kelluyo.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

“En el contexto mundial, se puede apreciar que poseen algunos estudios geotécnicos en carreteras, como el de realizar la evaluación del terreno de fundación y sus respectivas canteras ya que de estas depende el buen estado de los caminos, para así de esta manera poder tener un mejor traslado de Personas, productos agrícolas, productos de primera necesidad y también de animales” (Hermoso, 17 de Enero del 2006).

“En el aspecto nacional se realizarán proyectos de estudios de carreteras por empresas nacionales o por el Gobiernos Regionales, dentro de estos se necesita evaluar y conocer las características del terreno de fundación y los materiales de canteras que serán utilizados, ya que hay materiales que no cumplen con las características según las normas del MTC-2013” (Tito, 2016). “En la actualidad se cuenta con poca información del estudio de terreno de fundación y materiales de las canteras que existen en el distrito de Kelluyo. Este estudio somero servirá de referencia para conocer si requiere realizar

un mejoramiento y/o reemplazamiento de material para determinar el uso más adecuado. Al conocer que en nuestra localidad contamos con una gran cantidad de Trochas Carrozables y en la gran mayoría estas se mejoran constantemente, ya que de esta manera estas vías de comunicación permiten poder transportar con mayor facilidad tanto los insumos de primera necesidad, productos agrícolas y otros, que la población requiere para de esta manera poder tener un mejor estilo de vida” (Infraestructura, 2008).

“La intervención que realizó provías descentralizado tuvo deficiencias, por lo que en la actualidad la superficie de rodadura se encuentra deteriorada por lo que muestra desniveles, bacheos y empozamiento de aguas pluviales por el mal estado de las cunetas; asimismo algunas alcantarillas y pontones se encuentra colapsadas y con riesgo de caerse; estos daños presenta la carretera, se ubica en el sur de Puno que se encuentran en un suelo arcilloso, limoso, arenoso, la vegetación (ichu) la temperatura en los meses de junio – agosto son bajas” (Nacional, 2009).

“En cambio en la costa predomina un suelo arenoso, la vegetación es prácticamente inexistente la temperatura es variable durante el año y la pluviosidad es casi nula y la temperatura en la selva es alta, la vegetación es exuberante, se encuentran suelos finos arcillosos y/o limosos, la pluviosidad es abundante durante todo el año ,en la sierra hay diferentes tipos de rocas, materiales aluviales con matriz de suelos finos, la vegetación es escasa, la temperatura variable y la pluviosidad estacional es durante tres meses al año (Senamhi, 2011).

En general se tiene poca información de estudios de terreno de fundación y canteras del área en investigación.

2.2. LA CORDILLERA OCCIDENTAL

“El área que cubre los cuadrángulos objeto del presente estudio, queda ubicada en la parte meridional del país, destacándose en ella, unidades geomorfológicas bien definidas, causantes de una topografía muy variada, reconociéndose sectores de suaves pendientes y superficiales onduladas que contrastan con otros agrestes, caracterizados por ofrecer cerros escarpados de perfiles angulosos, cortados por quebradas profundas de sección transversal en V. Los sectores altos ofrecen planicies de superficies más o menos horizontales, las que son interrumpidas por conos volcánicos o cadenas de cerros, constituídos por rocas volcánicas que forman parte del Arco del Barroso” (Mendivil, 1965).

“Teniendo en consideración estos contrastes morfológicos, en el presente trabajo se consideran tres unidades geomorfológicas fundamentales, para cuya denominación se utiliza los nombres empleados en anteriores trabajos publicados por el Ex-Servicio de Geología y Minería. Estas unidades son las siguientes:

Estribaciones de los Andes Occidentales, Arco del Barroso y el Altiplano” (Randal, 1960).

“La litología de esta unidad se caracteriza por la predominancia de rocas ígneas extrusivas (volcánicas) pertenecientes al Cenozoico, excepto su área marginal NE, donde la erosión ha puesto al descubierto sacar sedimentación, ocasionalmente se encuentran afloramientos de rocas intrusitas, tales como dacitas, microdioritas, etc. Las alturas desde los 4200 hasta los 5420 m.s.n.m.” (Ingemeet, 2012).

2.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL

2.3.1. Tectónica

“En términos regionales se observa que los ejes de algunos pliegues y fallas ocurren generalmente en fajas lineales, las cuales se encuentran cerca de trazas de fracturas mayores. Durante las fases extensionales estas fracturas permitieron el desarrollo de graben. Las estructuras mayores siguen el rumbo andino (NW – SE), pero una estructura mayor de dirección E – W, parte del surco Lagunillas y atraviesa el cuadrángulo de Puno” (Ingemeet, 2012).

a. Deformaciones

“Localmente las deformaciones no son visibles, por lo que las que se describen a continuación son las estructuras en la región del Altiplano entre las fallas Laraqueri y Chupa” (Ingemeet, 2012).

b. Fallas

“El Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico está afectado por sistemas de fallas. Sistema NO – SE: A este sistema pertenecen las fallas Laraqueri, Calapuja y Pusi. Estas fallas de carácter regional son de tipo normal, con sus planos de falla inclinados hacia el NE.” (Ingemeet, 2012).

c. Pliegues

“Hacia el Este en la parte oriental del cuadrángulo de Lagunillas y en el cuadrángulo de Puno, el Grupo Puno presenta pliegues abiertos amplios, con buzamientos menores, de rumbo N 120° E a 95° encontrándose oblicuos al alineamiento Lagunillas” (Ingemeet, 2012).

2.4. ESTRATIGRAFÍA REGIONAL

2.4.1. Grupo puno (Pp - c)

“Regionalmente aflora en el altiplano y la cordillera occidental a lo largo de dos tramos principales, una se extiende con una orientación Noroeste - Sureste a lo largo del margen occidental del Lago Titicaca y la otra ocupa los ejes del Sinclinal Mañazo y la depresión de Lagunillas, definiendo una faja que se ubica al WNW de la ciudad de Puno. En el área del proyecto aflora en el cruce de la carretera binacional en toda esa cadena de pliegues” (Ingemeet, 2012).

2.4.2. Formación maure (Nm-vs)

“Litológicamente está constituida por brechas, conglomerados, areniscas tufos limolitas y arcillas. La brecha es de origen volcánico y de color gris verdoso. Las areniscas son de grano medio, color pardo amarillento a rosado y fácilmente disgregables. Las areniscas conglomeráditas tienen coloración grisácea y matriz tufácea. Los tufos de composición dacítica o riolítica son de naturaleza lítica y presenta una coloración amarillenta a crema, tienen poca consistencia y abundantes inclusiones de pómez y otras rocas e intercalaciones de lechos de arcillas blanquecinas. Tiene una topografía suave” (Ingemeet, 2012).

2.4.3. Volcánico sencca (N-se)

“Esta unidad está constituida por volcánicos de naturaleza piroclástica de composición mayormente riolítica, con variaciones a tobas andesíticas y dacíticas; siendo frecuentes los tufos líticos brechoides poco compactados, livianos y porosos con grandes granos de cuarzo, feldespatos y micas”. “La coloración es variable entre blanco crema y rosado, tomando por alteración un color parduzco. Topográficamente,

constituye formas más o menos planas o ligeramente inclinadas. La potencia total de los tufos del Volcánico Sencca no alcanza los 100 m., siendo en la mayoría de los casos no mayor de 30 m” (Ingemeet, 2012).

2.4.4. Formación capillune (N-ca)

“Esta unidad está constituida por una serie alternante de areniscas arcósicas de grano fino pobremente diagenizadas con colores grises a amarillentos que mayormente se presentan en capas de 30-40 cm; arcillas blanco-amarillentas en capas delgadas; lentes de areniscas conglomeráticas dentro de una matriz tufácea, cuyos elementos son subangulosos a subredondeados; también es frecuente la ocurrencia de limolitas de color amarillento, en capas de 20-25 m; rocas piroclásticas consistentes en tufos líticos, lapilli y pómez, se presentan en bancos de carácter lenticular dentro de la secuencia” (Ingemeet, 2012).

“Topográficamente conforma pequeñas lomadas de cumbres más o menos horizontales, y mamelones esparcidos en la región o conformando tierras bajas que cubren amplias zonas” (Ingemeet, 2012).

2.4.5. Grupo barroso (N-ba-an)

“Las relaciones estratigráficas están bien marcadas por discordancias con las unidades tanto infrayacentes como suprayacentes. Suprayacen a los clásticos de la formación Capillune del Terciario tardío e infrayacen al Cuaternario reciente; además, esta unidad se encuentra afectada por las glaciaciones del Pleistoceno, que han destruido parte de las formas cónicas y cumbres de las cadenas de cerros con la consecuente formación de morrenas y otros depósitos glaciáricos. Estas rocas presentan un buzamiento de alto ángulo (50° y 60°) alrededor de los conos o en las crestas de las

cadena de cerros. Dichos buzamientos van disminuyendo hacia la periferie hasta ponerse horizontales en los lugares más alejados donde, finalmente, se acomodan rellenando la superficie Capillune o superficies más antiguas” (Ingemeet, 2012).

2.4.6. Depósitos cuaternarios – recientes (Qr-c)

En el área de estudio, aflora en el cauce de ríos, donde está constituido por gravas arenosas, donde representadas principalmente por los depósitos aluviales, fluviales y coluviales (Ingemeet, 2012) se ha llegado a diferenciar un nivel de terraza; en el área del proyecto están).

a. Depósitos aluviales (Qr-al)

“Estudiamos bajo éste nombre a todos los depósitos recientes, cuyos materiales han sido arrancados y transportados por el agua y depositados a gran distancia de su lugar de origen. Están conformados por gravas y arenas, rellenando el cauce de los ríos y configurando terrazas, conos aluviales y planicies” (Ingemeet, 2012).

b. Depósitos coluvio-aluvial (Qr-co-al)

Estos depósitos corresponden a acumulaciones intercaladas; de clastos angulosos y subredondeados; según la calidad del macizo rocoso de donde provengan, ubicados en cauces y/o borde de quebradas (Ingemet, 2012).

c. Depósitos coluviales (Qr-co)

Conformados por materiales angulosos fragmentados, provenientes de procesos erosivos puntuales de afloramientos de rocas sedimentarias transportándose a manera de arroyadas difusas, depositándose sobre los macizos rocosos preexistentes (Ingemet, 2012).

Tabla 1: Columna estratigráfica.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD <small>LITOSTRATIGRÁFICA</small>	GROSOR	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósitos aluviales, fluviales		Limos Arcillas, Gravias	Qr-AI
	NEÓGENO	PLIOCENA	Grupo Barroso	2000 m.	Lavas Andesíticas, dacitas Porfírica	N-ba-an
			Formación Capillune	2000 m.	Areniscas Tobáceas, Conglomerados	N-ca
			Formación Sencca	100 m.	Piroclástico, Tobas Andesíticas y Dacíticas	N-se
		MIOCENA	Formación Maure	75 m.	Areniscas Tobáceas, Limonitas y Arcillas.	Nm-vs
	PALEOGENO	OLIGOCENA EOCENA PLIOCENA	Grupo Puno	1000 m.	Areniscas Conglomeráticas Lutitas de color Marrón	Pp-c

FUENTE: Cuadrangulo de 34-y pizacoma (Ingemmet).

2.5. HIDROLOGIA

El superficial es la que se almacena o se agua encuentra fluyendo sobre la superficie de la Tierra. El sistema de agua superficial interactúa continuamente con los sistemas de agua atmosférica y subsuperficial.

2.5.1. Análisis de elementos meteorológicos

a. Precipitaciones pluviales

“La precipitación evaporación son los procesos y la meteorológicos más importantes en hidrología, los cuales actúan muy relacionados con el agua superficial. El estudio de las precipitaciones servirá para averiguar la magnitud o intensidad por unidad de tiempo de duración, que determina el cuidado que se debe tener al carreteras

planteando sistemas de drenaje por debajo de ellas y la frecuencia con que se presenta determinada tormenta bien definidas” (Senamhi, 2013) como se ve en la Tabla 2.

Tabla 2: Promedio anual de precipitaciones (mm).

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGOS	SEP	OCT	NOV	DIC	TOT
2000	6.5	5.0	2.3	0.0	0.0	0.3	0.0	0.1	0.2	1.8	2.1	3.4	21.7
2001	1.0	9.9	4.4	0.6	0.1	0.3	0.5	0.7	1.0	0.9	0.4	3.1	32.8
2002	3.5	7.6	8.6	3.3	0.4	0.7	1.2	0.1	0.1	1.7	2.2	2.2	31.4
2003	5.5	3.7	4.8	0.1	0.4	0.0	0.0	0.2	1.2	0.2	0.8	3.3	20.1
2004	7.2	6.0	1.5	0.3	0.0	0.0	1.6	1.4	0.5	0.0	0.2	2.1	20.9
2005	3.2	7.7	4.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	1.4	2.2	4.5	24.3
2006	9.3	4.4	5.1	1.9	0.0	0.1	0.0	0.0	0.4	1.6	2.6	1.5	26.9
2007	1.1	2.6	8.7	1.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.6	0.3	1.5	1.5	17.8
2008	6.7	2.7	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.8	0.5	4.4	17.4
2009	4.2	8.1	2.9	1.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1	2.0	1.7	3.0	23.1
2010	5.6	5.4	0.3	0.6	0.7	0.0	0.0	0.0	1.1	1.3	0.6	3.5	19.1
2011	4.1	7.6	4.2	1.3	0.3	0.0	0.5	0.0	0.8	0.5	1.9	4.7	25.7
2012	6.3	6.8	4.3	1.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.0	1.7	5.0	26.6
2013	6.8	4.6	2.1	0.0	1.1	1.7	0.0	0.7	0.0	1.7	1.9	4.5	25.1
2014	6.4	4.3	2.2	0.2	1.0	1.3	0.0	1.3	0.0	1.3	1.4	3.7	23.1
2015	6.6	4.2	2.5	0.4	1.1	1.1	0.3	1.4	0.2	1.4	1.3	1.4	21.9
2016	6.1	4.1	2.1	0.6	0.9	1.4	0.4	1.3	1.1	1.2	1.5	1.2	21.9
2017	5.3	3.9	2.2	1.0	1.3	1.2	0.7	1.5	0.8	1.8	1.9	1.1	22.7
2018	5.9	4.3	2.4	1.4	1.5	1.1	1.0	1.2	1.4	1.9	1.5	2.2	25.8
MAX.	11.0	9.9	8.7	3.7	1.5	2.3	1.6	1.9	2.1	2.8	4.2	6.1	55.7
MIN.	1.1	2.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.8	4.9
PROM.	5.6	5.6	3.7	1.1	0.2	0.3	0.2	0.4	0.5	1.0	1.7	3.0	30.3

FUENTE: Senamhi.

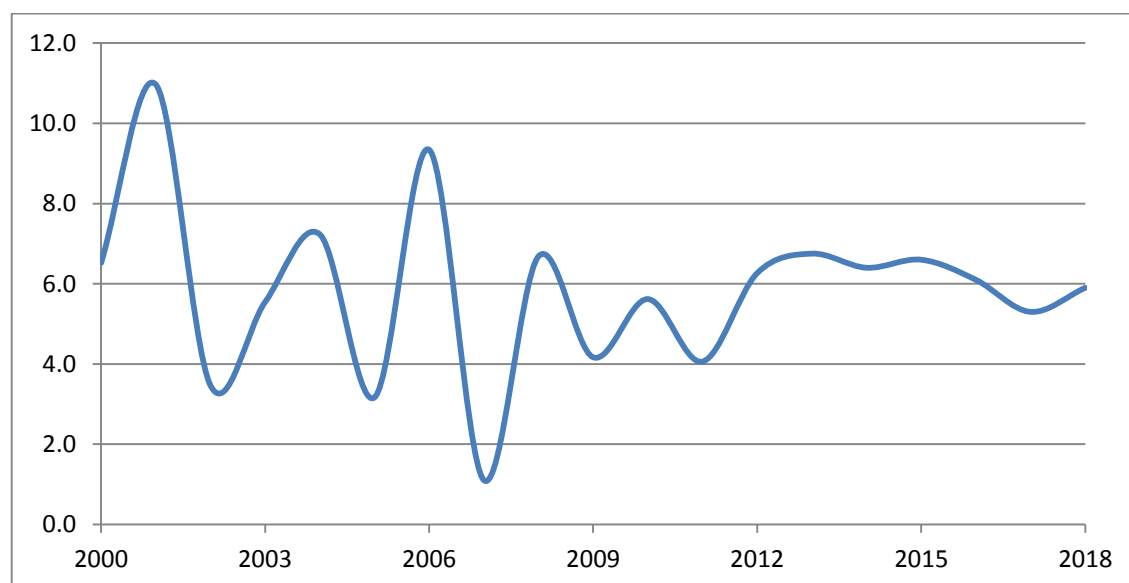


Figura 1: Promedio anual de precipitación.

a. Temperatura

“La temperatura es un factor importante del ciclo hidrológico pues interviene en todas sus etapas. A continuación presentamos los datos de Temperatura Promedia Mensual” (Senamhi, 1990.2013) como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3: Temperatura promedio mensual (°C).

TEMPERATURA PROMEDIA MENSUAL (°C)													
AÑO	ENE.	FEB.	MA.	ABR.	MAY.	JU.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	PROM. ANUAL
2000	9.5	10.1	9.6	8.6	5.6	3.2	1.7	4.6	6.3	8.4	8.4	8.8	8.4
2001	9.0	9.6	9.8	9.3	6.4	5.3	3.4	5.2	7.2	8.3	10.0	9.6	8.7
2002	10.3	10.5	10.1	8.7	7.2	5.4	4.2	5.3	7.3	9.0	9.5	10.2	8.9
2003	10.4	10.5	10.7	9.2	7.5	4.5	4.5	5.0	6.5	8.9	9.5	10.9	9.1
2004	10.3	10.9	10.6	9.5	5.2	4.0	5.2	6.5	8.6	9.1	10.2	11.3	9.3
2005	10.1	9.7	10.6	8.7	5.6	3.9	5.1	4.9	6.8	8.7	9.7	8.6	8.7
2006	9.5	10.3	10.7	9.6	6.5	5.4	4.6	6.4	7.6	9.9	11.0	11.2	9.6
2007	11.0	10.7	10.0	9.6	7.4	6.6	5.1	7.0	8.7	9.7	9.3	10.6	9.4
2008	10.1	10.0	10.0	8.5	5.7	5.2	4.3	5.2	7.2	9.5	11.1	10.4	9.0
2009	10.3	10.5	10.7	9.2	6.6	3.4	5.0	4.8	7.9	10.0	11.7	11.4	9.6
2010	11.2	11.4	11.5	9.6	7.4	6.7	4.9	6.4	8.2	9.4	9.5	11.0	9.4
2011	10.9	10.1	10.2	9.2	7.5	4.3	5.2	6.8	7.9	8.7	10.4	10.3	9.0
2012	10.1	9.9	10.0	9.2	6.8	5.4	5.3	6.0	8.6	9.9	10.8	10.9	9.6
2013	9.9	10.2	10.2	8.6	7.7	5.5	6.4	5.9	7.4	9.2	10.6	10.8	8.9
2014	9.6	10.2	10.0	8.4	6.9	6.0	6.3	4.9	7.1	9.1	9.2	10.3	8.8
2015	10.2	9.9	10.2	9.2	7.2	6.4	5.9	6.1	7.0	9.2	9.3	10.5	9.2
2016	10.1	9.5	9.8	9.4	7.0	6.5	6.3	6.3	8.2	8.8	9.6	9.8	9.1
2017	9.8	10.3	10.2	9.1	5.8	5.8	6.1	5.5	8.4	8.4	10.1	11.0	8.8
2018	9.9	10.1	10.4	8.0	6.9	5.7	6.3	6.3	8.5	8.2	9.7	10.4	8.4
PR.MEN	10.0	10.1	10.0	8.7	6.3	4.3	4.5	5.2	7.2	8.7	9.5	10.3	

FUENTE: SENAMHI

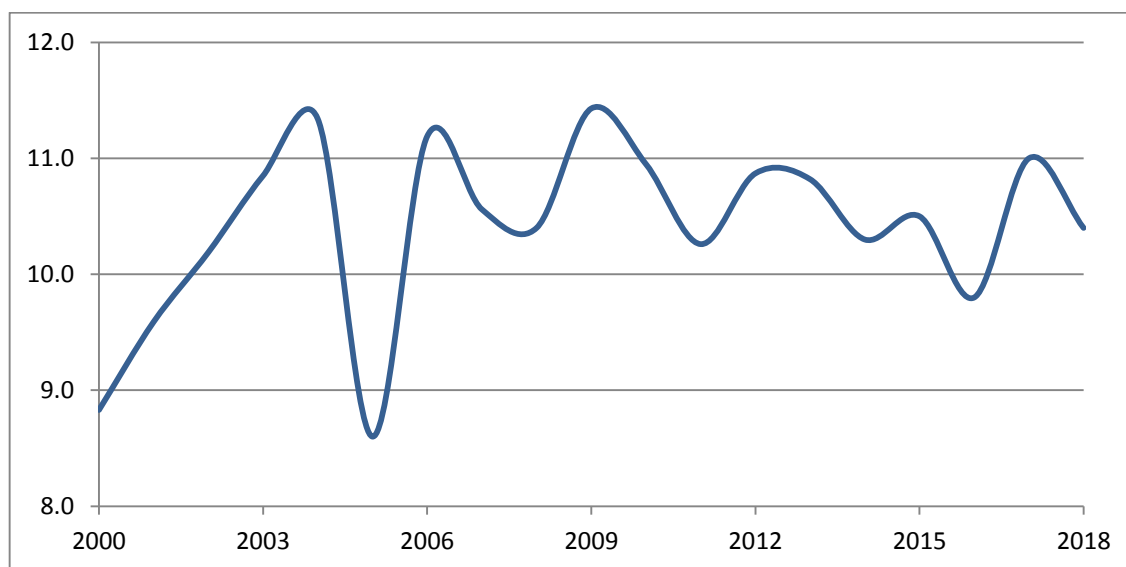


Figura 2: Promedio anual de temperatura.

2.6. GEOMORFOLOGÍA

“El área de estudio se encuentra en la unidad geomorfológica denominada altiplano que se desarrolla hasta los 4,800 m.s.n.m. dentro de estas se localiza la sub unidad denominando depresión central del Lago Titicaca que se desarrolla entre los 3,800 hasta los 4,000 m.s.n.m ” (Ingemeet, 2012).

2.6.1. Unidades geomorfológicas

“La evolución geomorfológica local del área del proyecto, está relacionada con tres sistemas (Antrópico, fluvial y sedimentario) los mismos que contienen 08 unidades geomorfológicas” (Ingemeet, 2012) las que se presentan en la tabla 4.

Tabla 4: Unidades geomorfológicas.

	SISTEMA	UNIDAD
Unidades Geomorfológicas	Antrópico	Edificaciones urbanas, excavaciones, vías de acceso
		Lagos
		Terrazas
	Fluvial	Planicie
		Depósitos aluviales
		Quebradas
	Sedimentario	Colinas altas
		Colinas bajas

FUENTE: Elaboración propia.

2.6.1.1. Sistema antrópico

Está constituido por las construcciones y/o modificaciones efectuadas en la superficie tales como:

- Edificaciones urbanas de las localidades de Ayrihuas y Kelluyo, y vías de acceso.

- Excavaciones para la obtención de materiales de construcción.

2.6.1.2. Sistema fluvial

- Lagunas.** Se localizan en el margen derecho e izquierdo en la progresiva 4+200 a 4+800 y 6+750 a 7+500 del tramo del proyecto en estudio se caracteriza por ser lagunas secas el nivel freático se encuentra a 1.70 m. Estas lagunas solo es por las épocas lluviosas diciembre a abril.
- Terrazas.** “Se localizan en ambas márgenes del tramo. Se caracteriza por presentar un relieve plano con poca inclinación y pendientes subhorizontales (inferior a 13°). Esta sub-unidad geomorfológica se halla limitada hacia sus márgenes laterales por el lado izquierdo hasta la progresiva del 3+000 al 6+500.
- Planicie.** Corresponde a las zonas relacionadas con los depósitos aluviales y lacustrinos, se observa un relieve variable con gradientes entre 1° a 2°” (Ingemeet, 2012).

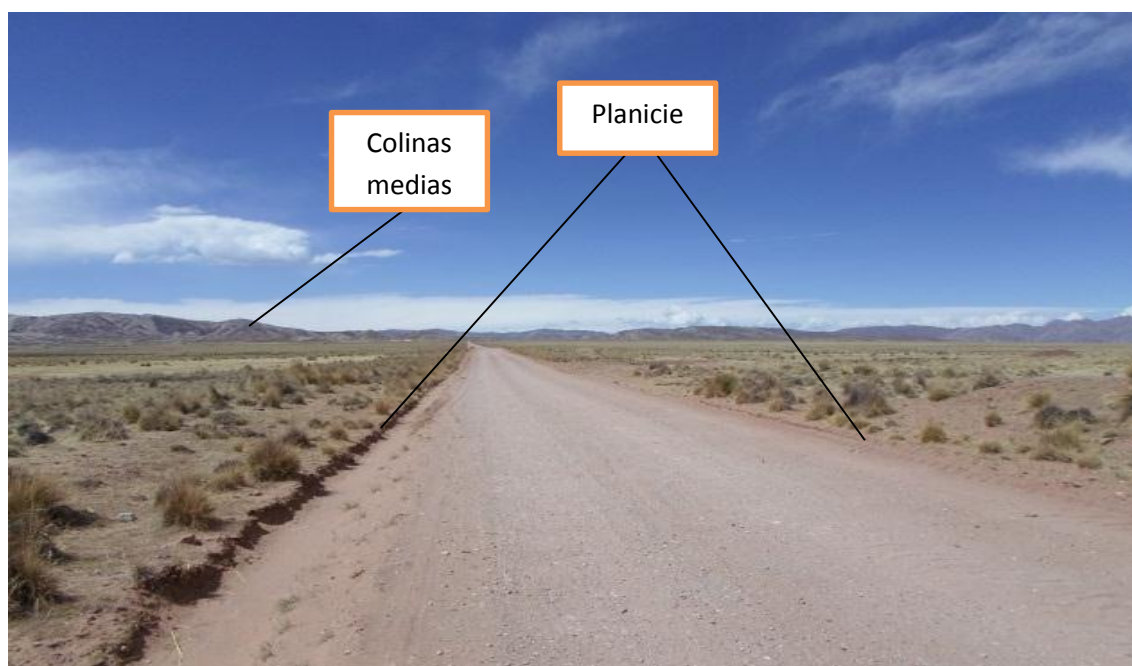


Figura 3: Unidades geomorfológicas.

2.1.6.3. Sistema sedimentario

“Está constituido por geoformas originadas por edificación tectónica y sedimentaria; así como, originadas por denudación muy relacionada con la composición litológica. En conjunto el sistema de colinas presenta contrastes con las planicies, que en conjunción con la zona, es refugio de flora y fauna silvestre. Se pueden distinguir las siguientes unidades:

- a) **Colinas altas.** Se encuentran principalmente en las zonas muy distantes del tramo, por el desgaste lento sobre las rocas sedimentarias de naturaleza calcárea y arenosa principalmente, el modelado es abrupto.
- b) **Colinas bajas.** Se han formado en las partes más bajas, con laderas suaves que gradualmente en las canteras de relleno del tramo (Ingemeet, 2012).

2.7. ESTRATIGRAFÍA DEL AREA DE ESTUDIO

2.7.1. Formación maure (Nm-vc)

En el área de estudio la formación Maure está compuesta mayormente por areniscas de grano medio de color pardo rosado fácilmente disgregables. Las rocas descritas ofrecen una topografía suave, constituyendo pequeñas colinas de laderas con pendientes moderadas. En el área de estudio aflora en la progresiva 5+800 hasta 6+250.

2.7.2. Depósitos cuaternarios

a. Depósitos aluviales (Qh-al)

“Está constituido por depósitos recientes cuyos materiales han sido arrancados y transportados por las aguas de escorrentía, estos materiales se presentan poco consolidados y sus elementos no tienen ninguna selección tratándose al contrario de una

mezcla heterogénea de clastos de diferentes tamaños y formas (angulosas a sub-redondeados) en el área se aprecia en las zonas bajas a faldas del lago” (Ingemeet, 2012).

Tabla 5: Unidades geomorfológicas local.

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	GROSOR	LITOLOGIA	DESCRIPCIÓN
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENA	Depósitos aluviales, fluviales		Limos, Arcillas, Gravas	Qr-AI
	NEÓGENO	MIOCENA	Formación Maure	75 m.	Areniscas Tobáceas, Limonitas y Arcillas.	Nm-vs

FUENTE: Ingemeet.

2.8. GEODINAMICA DEL AREA DE ESTUDIO

2.8.1. Geodinámica externa

“Los fenómenos de geodinámica externa observados en la zona estudiada son de efectos mínimos que se describen a continuación:

a. Erosión de riberas

Este fenómeno ha tenido presencia por acción erosiva en las laderas de la zona, pudiéndose agravar en época de lluvias, debido al incremento de su nivel del lago Titicaca; por cuanto mayor es su volumen y velocidad mayor es su poder erosivo, pudiendo afectar el talud inferior y originando la destrucción parcial de la plataforma.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1. UBICACIÓN

La carretera se emplaza de Sur-Oeste a Sur-Este en la parte Sur-Oeste del Departamento de Puno, geográficamente se encuentra ubicada en las Provincia de Chucuito y Departamento de Puno, con altitudes promedio de 3 850 m.s.n.m.

3.1.1. Ubicación coordenadas

La carretera desaguadero -Kelluyo de 18.976 Km, se encuentra localizado en la zona 19L con coordenadas UTM-WGS-84:

Tabla 6: Coordenadas UTM del área en estudio.

PUNTO	NORTE	ESTE	COTA
1	8163955	469996	3792
2	8163923	492067	3804
3	8147971	492239	3815
4	8147929	470038	3792

FUENTE: Elaboración propia.



Figura 4: Mapa de ubicación y trazo del área de estudio.

3.1.2. Ubicación política

Departamento : PUNO

Provincia : CHUCUITO

Distrito : DESAGUADERO-KELLUYO

El acceso al área se realiza a través de diferentes carreteras, tal como se muestra en la tabla 7.

Tabla 7: Vías de acceso.

	TRAMO	DIST. (Km.)	TIEMPO (min.)	TIPO DE VÍA	VÍA PRINCIPAL
Vías de Acceso	Puno–Desaguadero	160	150	Asfaltada	Puno – Desaguadero
	Desaguadero – Dv. Desaguadero	11	15	Asfaltada	Binacional

FUENTE: Elaboración propia.

3.2. ESTUDIO GEOTECNICO PARA CARRETERAS

“En términos que utiliza métodos científicos generales, la geotecnia rama es la para determinar, evaluar y aplicar las relaciones entre el entorno geológico y las obras de ingeniería. En un contexto práctico, la geotecnia comprende la evaluación, diseño y construcción de obras donde se utilizan el suelo y/o roca y los materiales de cantera. Los pioneros de la ingeniería geotécnica se apoyaron en el "método de observación", para comprender la mecánica de suelos y rocas y el comportamiento de materiales de cantera bajo cargas” (Braja, 2006).

“La magnitud de la diferencia entre el comportamiento de suelos reales bajo condiciones de campo, y el comportamiento pronosticado con base en la teoría, solo puede conocerse mediante la experiencia en el campo (Terzaghi, 1965).

Mediante la geotecnia se podrán identificar riesgos naturales, como son suelos y minerales de roca expansivos, antiguos depósitos de relleno y posibles fallas que tenga el terreno” (Mendoza, 2001).

3.3. RECONOCIMIENTO GEOTÉCNICO

“Todo estudio geotécnico debe iniciarse con un reconocimiento detallado del terreno a cargo de personal experimentado. El objetivo de este reconocimiento es contar con antecedentes geotécnicos previos para programar la exploración. Mediante la observación de cortes naturales y/o artificiales producto de la erosión o deslizamiento será posible, en general, definir las principales unidades o estratos de suelos superficiales. Especial importancia debe darse en esta etapa a la delimitación de zonas en las cuales los suelos presentan características similares y a la identificación de zonas inestables o poco recomendables para reemplazar la carretera, tales como zonas de

deslizamiento activo, zonas pantanosas difíciles de drenar, etc. Este reconocimiento se puede efectuar por vía terrestre o por vía aérea dependiendo de la transitividad del terreno. El programa de exploración que se elija debe tener suficiente flexibilidad para adaptarse a los imprevistos geotécnicos que se presenten. No existe un método de reconocimiento o exploración que sea de uso universal, para todos los tipos de suelos existentes y para todas las estructuras u obras que se estudian” (Delgado, 1996).

3.4. PROGRAMA DE PROSPECCIÓN GEOTÉCNICA

Se debe realizar un programa de prospección geotécnica que sigue la siguiente secuencia:

a) Exploración de suelos

Mediante Calicatas: se realiza el estudio canteras, carreteras, puentes, presas, represas, edificaciones, etc. Las muestras serán tomadas desde 0,40 m, hasta 2,60 m de profundidad, habiendo quitado previamente una capa de 0.20 m, de espesor o de acuerdo al espesor de la capa vegetal.

b) Ensayos de laboratorio

Tabla 8: Ensayos de laboratorio.

• Ensayo de Humedad	• Ensayos de Compactación
• Análisis Granulométrico	• Ensayo de C.B.R.
• Ensayos de Límites de consistencia	

FUENTE: Mendoza, 2001.

“Para la caracterización geotécnica de la carretera debe de verificarse con el inventario vial, apoyado con el plano clave y formatos del camino, proporcionado por la

entidad, donde se consignará la siguiente información mínima: datos generales, nombre del camino, longitud, ubicación, sector evaluado, ancho de la calzada, estado de la superficie de rodadura, espesor del afirmado, categoría del camino, dimensiones, acceso, características y evaluación de los principales componentes de la carretera” (Mendoza, 2001).

3.5. ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS PARA CARRETERAS

“En todos los estudios geotécnicos, el más relevante es la mecánica de suelos que es muy importante para determinar el grado de estabilidad y comportamiento funcional, que estarán determinados entre otros factores, por el desempeño del material suelto situado dentro de las profundidades de influencia de los esfuerzos que se generan. Si se sobrepasan los límites de la capacidad resistente del suelo o si, aún sin llegar a ellos, las deformaciones son considerables, se pueden producir esfuerzos secundarios en los miembros estructurales, quizás no tomados en consideración en el diseño, el cual producirá deformaciones importantes, fisuras, grietas, que pueden producir, en casos extremos, el colapso de la obra o su inutilización y abandono” (Crespo, 2001).

“En consecuencia, las condiciones del suelo para construcción (en obras superficiales y subterráneas) siempre serán evaluadas , aunque esto se haga en proyectos pequeños fundados sobre suelos normales a la vista de datos estadísticos y experiencias locales, y en proyectos de mediana a gran importancia o en suelos dudososa través de una correcta investigación de mecánica de suelos” (Ordoñez, 1975).

3.6. ENSAYOS DE LABORATORIO PARA CARRETERAS

“Los ensayos realizados en laboratorio de suelos fueron desarrollados con fines de determinar las propiedades físico mecánicas iniciando con la humedad natural

,análisis granulométrico por el método de tamizado, así como la determinación de sus constantes físicas como son los ensayos de determinación de límite líquido y límite plástico, las muestras y estratos extraídos del terreno de fundación sirvieron para la realización del ensayo de (CBR norma MTC E 132 -2013) con fines de diseño según las normas de carreteras” (MTC, 2013).

“En el Laboratorio de Mecánica de Suelos se logra tener los datos definitivos de las características del suelo para el respectivo análisis y conclusión final; en esta etapa primeramente al realizar las pruebas de clasificación de suelos (Método SUCS y AASHTO)” (MTC, 2013).

Y Los ensayos de laboratorio que se deben practicar son:

3.6.1. Contenido de humedad

Se calcula el contenido de humedad natural de los diferentes tipos de suelos con la expresión siguiente:

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100$$

Dónde:

W = Contenido de humedad (%).

M_{cws} = Peso de la tara más el suelo húmedo (gr).

M_{cs} = Peso de la tara más el suelo seco al horno (gr).

M_c = Peso de la tara (gr).

3.6.2. Análisis granulométrico

“El estudio de las propiedades de los suelos, se fundamentó en que las propiedades mecánicas dependen directamente de la distribución de las partículas constituyentes según los tamaños. Este ensayo tiene por objeto determinar la granulometría de los materiales de hasta 90 mm mediante su división y separación con una serie de tamices en fracciones granulométricas de tamaño decreciente” (Huanca, 1996).

“El estudiante por medio de este procedimiento, lograra determinar cuantitativamente la distribución de los tamaños de las partículas de un suelo” (Invias, 2007).

3.6.2.1. Clasificación de suelos

“Dada la múltiple variedad y complejidad que los suelos presentan en la naturaleza, la mecánica de suelos desarrolló sistemas de clasificación que permitan cubrir las necesidades correspondientes, basado en las propiedades mecánicas de los suelos por ser estas preponderantemente cualitativas, puesto que sistemas que incluyan relaciones cuantitativas y detalle respecto a las propiedades mecánicas, resultaría excesivamente complicado y de engorrosa aplicación práctica. Utilizando para la clasificación de suelos por los métodos AASTHO Y SUCS” (Bowles, 1982).

Tabla 9: Clasificación según AASTHO.

Clasific. General	Suelos Granulares ($\leq 35\%$ pasa 0,08 mm)						Suelos Finos ($> 35\%$ Bajo 0,08 mm)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Sub-Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*				A-7-5** A-7-6**
2 mm.	≤ 50										
0,5 mm.	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
0,08 mm.	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35				36			
W_L				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas o Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
	** A-7-5: $IP \leq (W_L - 30)$						A-7-6: $IP > (W_L - 30)$				
	Si el suelo es NP $\Rightarrow IG = 0$; Si $IG < 0 \Rightarrow IG = 0$										

FUENTE: Alfonso montejo fonseca (2002).

- **Sistema de clasificación unificada (S.U.C.S.)**

Este sistema fue propuesto por el profesor Arturo Casagrande, como una modificación y adaptación más general. Divide los suelos en dos grupos: “granulares y finos”.

- **Suelos de grano grueso**

“Estos suelos son de naturaleza de tipo grava (G) y arena(S), cuando al separar por el tamiz N° 4 queden retenidos en este tamiz, más de 50% del peso de su fracción gruesa y pertenece al grupo G. y pertenece al grupo (S) en caso contrario tanto las gravas como las arenas se dividen en cuatro grupos (GW, GP, GM, GC) y (SW, SP, SM, SC). Respectivamente” (Casagrande, 1972).

Dónde:

G = Grava

S = Arena

W = Bien graduada

M = Limo

P = Pobremente graduada o mal graduado.

C = Arcilla.

- **Suelos finos**

“Este sistema considera los suelos divididos en tres grupos: limos inorgánicos (M), Arcilla inorgánica (C) y limos y arcillas orgánicas (O), cada uno de estos suelos se subdividen a su vez según su límite líquido en dos grupos, cuya frontera es LL.= 50%, si el límite líquido del suelo es menor de 50% se le añade el símbolo general la letra L (Baja compresibilidad), si es mayor de 50% se añade la letra H (alta compresibilidad), obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos:

- ML Limos inorgánicos de baja compresibilidad.
- OL Limos y arcillas orgánicas de baja compresibilidad
- CL Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad.
- CH Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad.
- MH Limos orgánicos de alta compresibilidad.
- OH Arcillas y limos orgánicos de alta compresibilidad.
- Pt. Suelos altamente orgánicos, como las turbas

A continuación se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundido, AASHTO y SUCS” (Casagrande, 1972).

Tabla 10: Clasificación más comunes según AASTHO Y SUCS.

CLASIFICACION ASSTHO	CLASIFICAION SUCS
A-1-a	GW,GP,GM,SW,SP,SM
A-1-b	GM,GP,SM,SP
A-2	GM,GC,SM,SP
A-3	SP
A-4	CL,ML
A-5	ML,MH,CH
A-6	CL,CH
A-7	OH,MH,CH

FUENTE: Arturo casagrande, 1972.

Tabla 11: Sistema unificado de clasificación (S.U.C.S).

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	
		ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
			Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.
	Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.	
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.	
		LIMOS Y ARCILLAS:	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.	
			ML	Limos inorgánicos y arenos muy finos, limos limpios, arcillas finas, limosas o arcillosas, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	
			CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.	
Límite líquido menor de 50	OL	Limos orgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.			
Limos y arcillas:	MH				

<5%> GW,GP,SW,SP.

>12%> GM,GC,SM,SC.

5 al 12%> casos límite que requieren usar doble símbolo.

$Cu = D_{60}/D_{10} > 4$

$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3

No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.

Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP < 4.

Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.

Límites de Atterberg sobre la línea A con IP > 7.

$Cu = D_{60}/D_{10} > 6$

$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3

Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.

Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP < 4.

Límites de Atterberg sobre la línea A con IP > 7.

Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan

Ábaco de Casagrande

FUENTE: Alfonso Montejo Fonseca ,2002.

3.6.3. Límites de consistencia

“En la mayoría de suelos existentes, cuando estos se moldean sin romperse hasta cierto límite al alterar el contenido de agua si es necesario, adoptan la consistencia característica denominada plástica” (Bowles, 1982).

“Conocer la plasticidad de los materiales finos del suelo” (Invias, 2007).

$$IP = LL - LP$$

LL=Límite Líquido

LP=Límite Plástico

IP=Índice de Plasticidad

3.6.3.1. Límite líquido (LL)

“El contenido de agua existente en este límite, se define como la humedad necesaria para que el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo, se cierre a lo largo de su fondo en una distancia de 1/2”, cuando se deja caer la cuchara 25 veces desde una altura de 1cm, y a una velocidad de dos golpes por segundo” (Juares, 1996).

3.6.3.2. Límite plástico (LP)

“Determinar el límite plástico de los suelos, el cual se define como el contenido de agua, expresado en porcentaje del peso del suelo seco al horno, cuando el suelo se encuentra en el límite entre los estados plásticos y semisólido. El contenido de agua en este límite, se define como el contenido más bajo de agua al cual el suelo es rolado en hilo de 3.2 mm sin que se rompa en pedazos” (Juares, 1996).

3.6.3.3. Índice de plasticidad (IP)

“Se denomina Índice de Plasticidad, a la diferencia numérica entre el valor obtenido de Límite Líquido y Límite Plástico de una muestra de suelo; es El índice de consistencia más importante, dado que su valor permite conocer cuan plástico es el material” (Juares, 1996).

3.6.4. Próctor

“Por medio de este ensayo se pretende obtener un dato teórico de la relación entre la los suelos humedad y el peso unitario de los suelos compactados en un molde la cual ayudará a obtener en un futuro un grado de compactación siendo ésta relacionada con lo anteriormente dicho respecto al terreno. Para la realización de este ensayo se utilizó material granular el cual posee propiedades que lo hacen óptimo en la construcción de vías o edificaciones, por su alta resistencia al corte cuando es sometido a esfuerzos de compresión. Estas propiedades se hacen mucho más efectivas, en el caso de la compactación del material. Este ensayo trata de simular las condiciones a las que el material está sometido en la vida real, bajo una carga estática y el desarrollo de estos cálculos provee información valiosa para que el ingeniero disponga cuales son las condiciones ideales de compactación del material y cual su humedad óptima.

Se determinará la relación entre la humedad y el peso unitario de los suelos compactados en un molde de un tamaño dado con un martillo de 2.5 kg (5.5 lb.) que cae desde una altura de 305 mm (12").Este método de ensayo se emplea para la determinación rápida del peso unitario máximo y de la humedad óptima de una muestra de suelo empleando una familia de curvas y un punto. El índice que se obtiene, se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub-base y de afirmado” (Huanca, 1996).

3.6.4.1. Próctor modificado

“El término compactación se utiliza en la descripción del proceso de densificación de un material mediante medios mecánicos. El incremento de la densidad se obtiene por medio de la disminución de la cantidad de aire que se encuentra en los espacios vacíos que se encuentra en el material, manteniendo el contenido de humedad relativamente constante. En la vida real, la compactación se realiza sobre materiales que serán utilizados para relleno en la construcción de terraplenes, pero también puede ser empleado el material in situ en proyectos de mejoramiento del terreno. El principal objetivo de la compactación es mejorar las propiedades ingenieriles del material en algunos aspectos y determinar el punto óptimo de humedad al que el material granular llega a su densidad máxima” (Invias, 2007).

“Aumentar la resistencia al corte, y por consiguiente, mejorar la estabilidad, de terraplenes y la capacidad de carga de cimentaciones y pavimentos.

Disminuir la compresibilidad y por consiguiente, reducir los asentamientos.

Disminuir la relación de vacíos y por consiguiente, reducir la permeabilidad.

Reducir el potencial de expansión, contracción o expansión por congelamiento.

Para medir el grado de compactación de material de un suelo o un relleno se debe establecer la densidad seca del material. En la obtención de la densidad seca se debe tener en cuenta los parámetros de la energía utilizada durante la compactación y también depende del contenido de humedad durante el mismo.

Los resultados obtenidos a partir del ensayo proporcionan una curva, en la cual el pico más alto dicta el contenido de humedad óptima a la cual el suelo llega a la densidad seca máxima. Por medio de los ensayos se a podido determinar que por lo

general la compactación es más eficaz en los materiales bien gradados que contienen una cantidad de finos que en los materiales de gradación uniforme que carecen de finos” (Huanca, 1996).

3.6.5. Relación de soporte de california CBR

“Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como C.B.R (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno. Este método de ensayo está proyectado, mas no limitado, para la evaluación de la resistencia de materiales cohesivos que contengan máximos de partículas de menos de 19mm” (Huanca, 1996).

Tabla 12: Valores de carga unitario CBR.

VALORES DE CARGA UNITARIO CBR				
PENTERACIÓN		CARGA UNITARIA PATRÓN		
m.m.	Pulgada	Mpa	kg/cm2	psi
2.54	0.1	6.9	70	1000
5.08	0.2	10.3	105	1500
7.62	0.3	13.1	133	1900
10.16	0.4	15.8	162	2300
12.7	0.5	17.9	183	2600

FUENTE: MTC, 2013.

“Determinar la capacidad portante de suelo” (MTC, 2013).

“Como es bien sabido el ensayo de CBR es empleado para determinar la resistencia de los materiales empleados para subrasante, subbase y base en unas condiciones de humedad y densidad, cabe aclarar que también es empleado para

materiales reciclados para emplearlo en pavimentos de carreteras y pistas de aterrizaje, por esta razón el ensayo de CBR es importante los datos para el diseño de pavimentos flexibles” (MTC, 2013).

Tabla 13: Clasificación de suelos para infraestructura de pavimentos.

CBR	CLASIFICACIÓN GENERAL	USOS	SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	
0 – 3	Muy pobre	Subrasante	OH,CH,MH,OL	A5,A6,A7
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante	OH,CH,MH,OL	A4,A5,A6,A7
7 – 20	Regular	Sub-base	OL,CL,ML,SC,SM,GP	A2,A4,A6,A7
20 – 50	Bueno	Base, sub-base	GM,GC,W,SM,SP,GP	A1b,A2-5,A3,A2-6
	Excelente	base	GW,GM	A1-a,A2-4,A3

FUENTE: MTC-2005.

3.6.6. Abrasión los ángeles

“Los agregados deben ser capaces de resistir el desgaste irreversible y degradación durante la producción, colocación y compactación de las obras de pavimentación, y sobre todo durante la vida del servicio del pavimento.

Debido a las condiciones de esfuerzo-deformación, la carga de la rueda es transmitida a la superficie del pavimento a través de la llanta como una presión vertical aproximadamente uniforme y alta. La estructura del pavimento distribuye los esfuerzos de la carga, de una máxima intensidad en la superficie hasta una mínima de la Subrasante. La cantidad de material a ensayar y el número de esferas a incluir, dependen de la granulometría del agregado grueso. En las tablas 13 se muestra el método a emplear, así como la cantidad de material, número de esferas, número de revoluciones y tiempo de rotación, para cada uno de ellos. La gradación que se use deberá ser representativa de la gradación original de material suministrado para la obra y/o de cantera” (MTC, 2000).

Tabla 14: Especificaciones para el ensayo de abrasión para rocas.

Mallas		Cantidad de material a emplear (gr)		
		métodos		
Pasante	Retenido	1	2	3
3"	2 1/2"	2500+-50		
2 1/2"	2"	2500+-50		
2"	1 1/2"	2500+-50	5000+-50	
1 1/2"	1"		5000+-25	5000+-25
1"	3/4"			5000+-25
Peso total		10000+-100	10000+-100	10000+-100
Numero de esferas		12	12	12
Numero de revoluciones		1000	1000	1000
Tiempo (min)		30	30	30

FUENTE: ASTM C-535.

Calculo

El resultado del ensayo se expresa en porcentaje de desgaste, calculándose la diferencia entre el peso inicial y peso final de la muestra de ensayo con respecto al peso inicial, se calcula con la siguiente expresión:

$$\% \text{ desgaste} = \left(\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \right) \times 100$$

3.7. ESTUDIO DE CANTERAS

“Uno de los factores más importantes que inciden directamente en la calidad de la obra, es el Estudio de Canteras, al evaluar una cantera para su uso como material de relleno y afirmado deberán tenerse en cuenta lo siguiente:

- Es importante determinar la cubicación del material de la cantera, se debe indicar el volumen disponible” (Delgado, 1996).

- “Verificar la libre disponibilidad para la extracción del material de la cantera, se presentara documento que acredite la libre disponibilidad” (Delgado, 1996).
- “Deberá especificarse el método de explotación de la cantera, para lo cual se debe presupuestar el equipo e insumos necesarios para su explotación. En caso que sea necesario el uso de explosivos se deberá hacer usando calambucos, así mismo el zarandeo del material de modo de eliminar material grueso mayor de 2” (Delgado, 1996).
- “Se debe identificar los puntos de agua, los cuales deben tener un volumen suficiente para el riego en el compactado” (Geoconsul, 2012).
- “En caso que el material de cantera no cumpla con los parámetros establecidos, se deberá presentar alternativas de intercambio de material granular y/o ligante de acuerdo al caso, de modo que la graduación de la curva granulométrica este dentro de los rangos recomendados” (Geoconsul, 2012).

3.7.1. Características geotécnicas de las canteras

“Los ensayos de laboratorio que se han efectuado de acuerdo a normas estándar, siguiendo las especificaciones del Método de ensayo, ASTM, AASHTO son los siguiente” (Delgado, 1996).

Tabla 15: Especificaciones geotécnicas.

ENSAYO	METODO DE ENSAYO	ASTM	AASHTO
Contenido de humedad	MIC E108	0-2216	
Granulometría	MTC E 204	C-136	T27
Límites de consistencia	MTC E 111	D 4318	T89
Peso específico	MTC E 206	C-127	T85
Proctor modificado	MTC E 115	0-1557	T180
C.B.R.	MTC E 132	D-1883	T193
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C-131	T96

FUENTE: Elaboración propia.

De acuerdo a las especificaciones generales para la construcción de carreteras (EG-2013) según el MTC, los ensayos fundamentales y sus frecuencias para afirmado.

Tabla 16: Especificaciones generales para la construcción de carreteras.

Material o producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Norma ASTM	Norma AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Afirmado	Granulometría	MTC E 204	C 136	T27	1 cada 750 m ³	Cantera (2) y pista
	Límites de Consistencia	MTC E 111	D 4318	T89	1 cada 750 m ³	Pista
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	T96	1 cada 2.000 m ³	Cantera (2)
	CBR	MTC E 132	D 1883	T193	1 cada 2.000 m ³	Cantera (2)
	Densidad-Humedad	MTC E 115	D 1557	T180	1 cada 750 m ³	Pista
	Densidad-Humedad	MTC E 117 MTC E 124	D 1556 D 2922	T191 T238	1 cada 250 m ³	Pista

FUENTE: MTC-2013.

Los ensayos de laboratorio para determinar las características físicas, químicas y mecánicas de los materiales de cantera; se efectuaran de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras el MTC -2013.

Tabla 17: Franjas granulométricas.

Tamiz		
	A-1	A-2
50 mm (2")	100	—
37,5 mm (1½")	100	—
25 mm (1")	90-100	100
19 mm (¾")	65-100	80-100
9,5 mm (¾")	45-80	65-100
4,75 mm (N.º 4)	30-65	50-85
2,0 mm (N.º 10)	22-52	33-67
425 µm (N.º 40)	15-35	20-45
75 µm (N.º 200)	5-20	5-20

FUENTE: AASHTO M-147.

Además deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste Los Ángeles: 50% máx. (MTC E 207)
- Límite Líquido: 35% máx. (MTC E 110)
- Índice de Plasticidad: 4-9% (MTC E 111)
- CBR (1): 40% mín. (MTC E 132)

3.7.2. Exploración

“La exploración de las canteras o fuentes de materiales debe cubrir un área que asegure un volumen de material útil explotable del orden de 1.5 veces las necesidades del proyecto” (Geoconsul, 2012).

“El número mínimo de calicatas será de 6 de 3.0 m de profundidad o alternativamente 12 calicatas de 1.5 m de profundidad por hectárea por medio de sondeos, calicatas y/o trincheras. Las muestras representativas de los materiales de cada cantera serán sometidas a los ensayos estándar, mínimo 06 pruebas por tipo de ensayo a fin de determinar sus características y aptitudes para los diversos usos que sean necesarios (rellenos, afirmados, concreto, etc)” (Geoconsul, 2012).

- **Muestreo de canteras**

“Es necesario ubicar materiales aparentes para su empleo en diferentes capas del pavimento y obras de arte, observándose todos los lugares donde existen materiales sedimentarios en el sub-suelo y en zonas que geológicamente pudieran ser fuentes de rocas en descomposición o de materiales granulares aparentes para la construcción del pavimento y de las obras definidas en un estudio” (Herrera, 1999).

- **Explotación de canteras**

“Es fuente de aprovisionamiento de suelo, rocas y agua es necesarias para la construcción de la carretera, se procedió a efectuar el reconocimiento de los depósitos existente para ver la calidad de las cantera, conocer si cumplirá con las condiciones de las especificaciones del material que se busca, asimismo se deberá conocer la suficiente potencia rendimiento del mismo, el estado de los accesos y su situación legal” (Lahee, 1979).

“Las canteras serán evaluadas y seleccionadas por su calidad y cantidad (potencia), así como por su menor distancia a la obra. Las prospecciones que se realizarán en las canteras se efectuarán en base a calicatas de las que se obtendrán las muestras necesarias para los análisis y ensayos de laboratorio” (Lambe, 1989).

a. **Tipos de cantera**

- **Cantera de suelos.** “Estas canteras serán evaluadas y seleccionadas por su calidad y cantidad (potencia).Las prospecciones que se realizarán en las canteras se efectuarán en base a calicatas, sondeos y/o trincheras de las que se obtendrán las muestras necesarias para los análisis y ensayos de laboratorio” (Judd, 1972).

- **Cantera de roca.** “Las características del afloramiento rocoso como fracturamiento, volumen, dimensionamiento de los bloques y la metodología del procesamiento de explotación (método de voladura, chancado, etc)” (Radnor, 2005).

3.8. METODOLOGIA DEL ESTUDIO

El estudio ha realizado en las siguientes etapas:

- 1° Etapa inicio, título del proyecto, recopilación de información.
- 2° Etapa Reconocimiento de campo, Recolección de muestras (calicateo), Procesamiento (Ensayos de Laboratorio) y Análisis de datos de campo.
- 3° Etapa conclusiones, recomendaciones y redacción de informe en gabinete.

3.8.1. Recopilación de información

La metodología de estudio es de tipo correlacional, descriptivo y experimental para realizar el estudio de geotécnico

- a.- Es correlacional porque el resultado de las actividades de estudio de canteras son adecuado.
- b.- Es descriptivo porque describe la realidad, sin alterarla.
- c.- Es experimental porque se estudia el problema y se analiza mediante los estudios realizados

3.8.2. Recolección de datos del campo

En esta etapa de campo se ha recolectado toda la información geológica de la carretera para determinar el estudio geotécnico, para el diseño de la carretera y las actividades que se realizarán en el mantenimiento y/o construcción realizando calicatas, ensayos de laboratorio del terreno de fundación y canteras para tener un registro detallado.

3.8.3. Elaboración del informe final

Toda la información obtenida de campo y laboratorio se ha plasmado en la elaboración de este proyecto en gabinete para observar los resultados obtenidos y se utilizarán alguno software como AutoCAD, ARCGIS 10.0 y otros.

3.9. MATERIALES UTILIZADOS

Tabla 18: Materiales utilizados.

EQUIPOS	HERAMIENTAS
- GPS	- Pico
- Wincha	- Pala
- Cincel	- Barreta
- Libreta de Campo	
- Bolsas de muestreo	
- Laboratorio de Suelos	

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- **TRAMO 01 (km. 00+000 al 3+750)** presenta humedades naturales entre 2,8% a 28,0%, estas se encuentran por debajo del límite líquido, con un grado de expansibilidad bajo. Los valores de CBR de las, arenas limosas (SM), de mediana plasticidad se encuentran entre 6,0% a 9,0% al 95% (Regular). Y las arcillas orgánicas (CL) con una moderada plasticidad se encuentran el CBR entre 4% a 7% al 95% (pobre-regular).
- **TRAMO 02 (km. 4+000-5+000)** son zonas inundables, y por presentar materiales finos como es un suelo A-7-5 (4) limos de moderada plasticidad con un CBR de 8% a 12% (pobre a regular).
- **TRAMO 03 (km. 5+250-7+250)** presenta suelos homogéneos gruesos y finos como arenas y limos en su mayoría y el valor de soporte relativo se encuentra 8,0% a 11,0% al 95% (pobre-regular).

- **TRAMO 04 (km. 7+500-10+700)** presenta suelos homogéneos gruesos y finos como arenas y limos en su mayoría y el valor de soporte relativo se encuentra 8,0% a 11,0% al 95% (pobre-regular).
- **TRAMO 05 (km. 10+750-14+000)** presenta suelos homogéneos finos como arenas y limos en su mayoría y el valor de soporte relativo se encuentra 8,0% a 11,0% al 95% (pobre-regular).
- **TRAMO 06 (km. 14+250-15+750)** presenta suelos homogéneos finos como arenas y limos en su mayoría teniendo humedades altas, con índice plasticidad bajas a medias ,el valor de soporte relativo se encuentra 8,0% a 11,0% al 95% (pobre-regular).
- **TRAMO 07 (km. 16+000-18+976)** se presenta materiales finos de color gris oscuro (ML, CL Y SC) arenas arcillosas, limos y arcillas las humedades se encuentran 13,3% a 40.0% y los CBR de 7% a 11%.(pobre-regular).

4.1. DETERMINACIÓN DE MEJORAMIENTO POR TRAMOS

- **Tramo 01 (km. 00+000 a 3+750)**

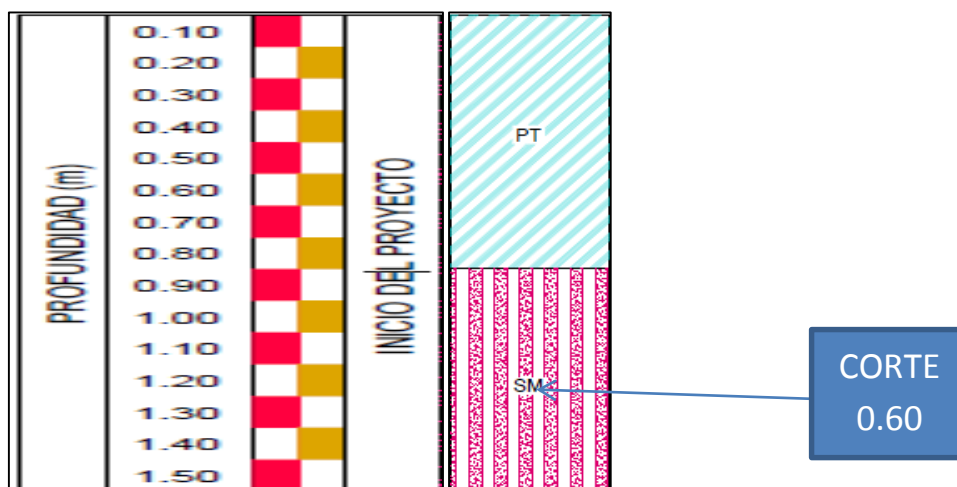


Figura 5: Perfil de calicata tramo 01.

En el perfil de calicata se puede apreciar dos capas, la primera es la turba (PT) que tiene un espesor de 0.80m., la siguiente capa es una Arena Limosa (SM) que tiene un espesor 0.70m, se tendrá que reforzar la segunda capa siendo un suelo con características mecánicas regulares lo cual tendrá que realizarse un corte o desbroce de 0.60 m de profundidad.

- **Tramo 02 (km. 4+000 a 5+000)**

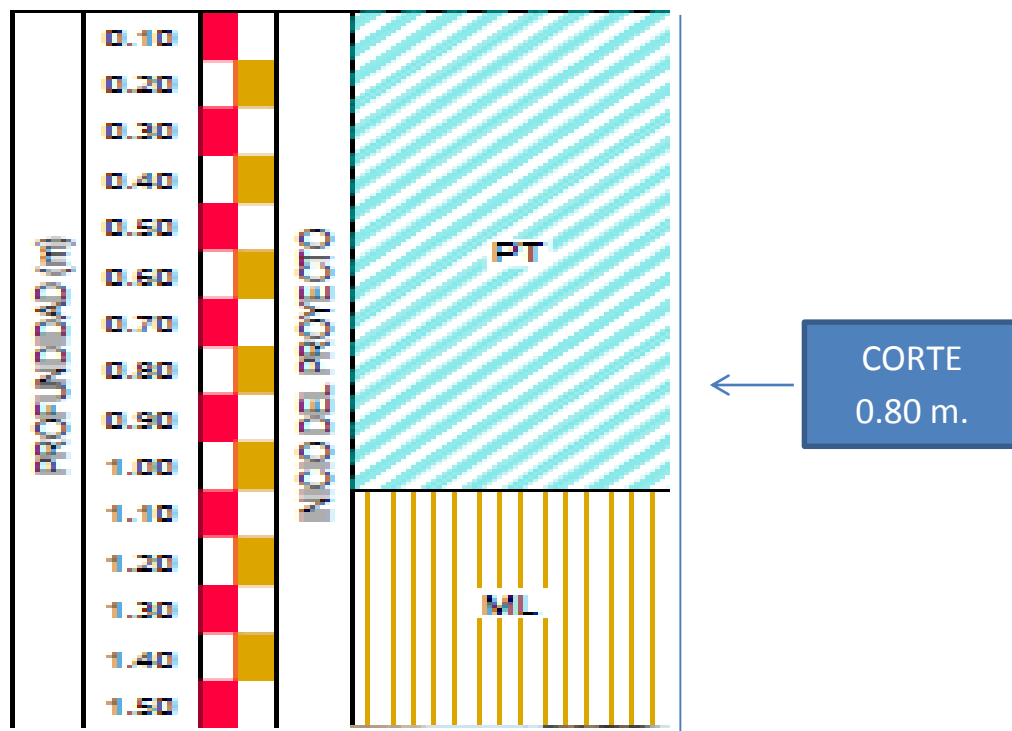


Figura 6: Perfil de calicata tramo 02.

En el perfil de calicata se puede apreciar dos capas, la primera es la turba (PT) que tiene un espesor de 1.00m., la siguiente capa es Limo inorgánico (ML) que tiene un espesor 0.50m, se tendrá que reemplazar la segunda capa siendo suelos con características mecánicas malas realizando un corte o desbroce de 0.80 m de profundidad.

- Tramo 03 (km. 5+250 a 7+250)

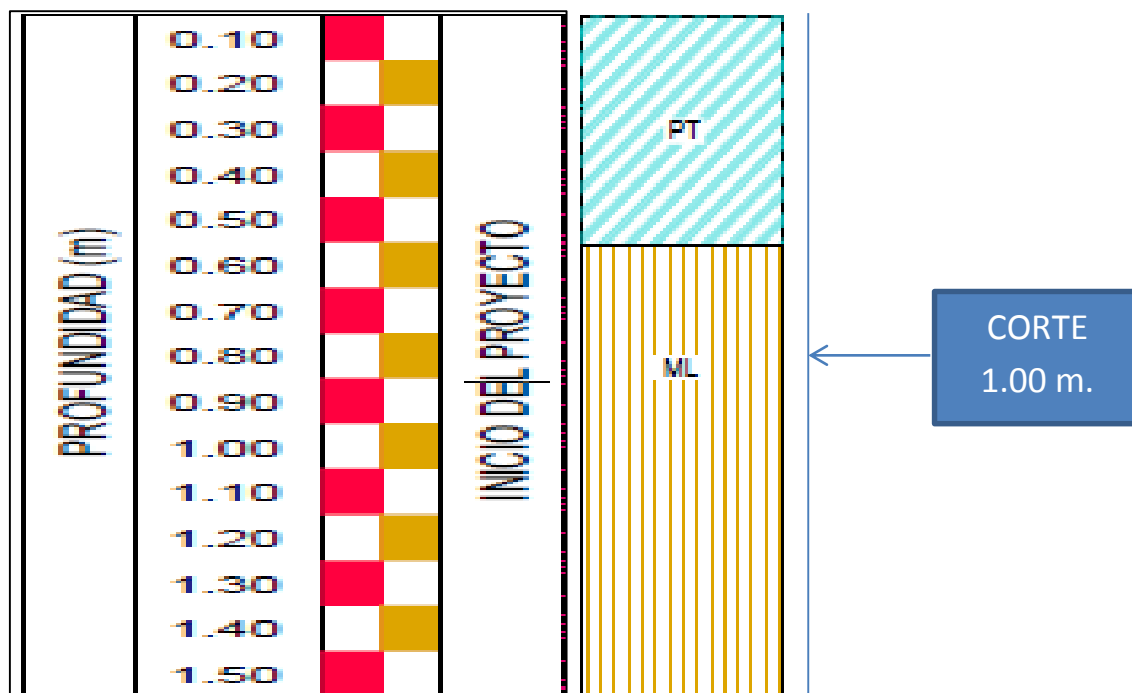


Figura 7: Perfil de calicata tramo 03.

En el perfil de calicata se puede apreciar dos capas, la primera es la turba (PT) que tiene un espesor de 0.50m., la siguiente capa es Limo Inorgánico (ML) que tiene un espesor 1.00m, se tendrá que reemplazar la primera y segunda capa siendo suelos con características mecánicas malas realizando un corte o desbroce de 1.00 m de profundidad.

- **Tramo 04 (En el km. 7+500 a 10+700)**

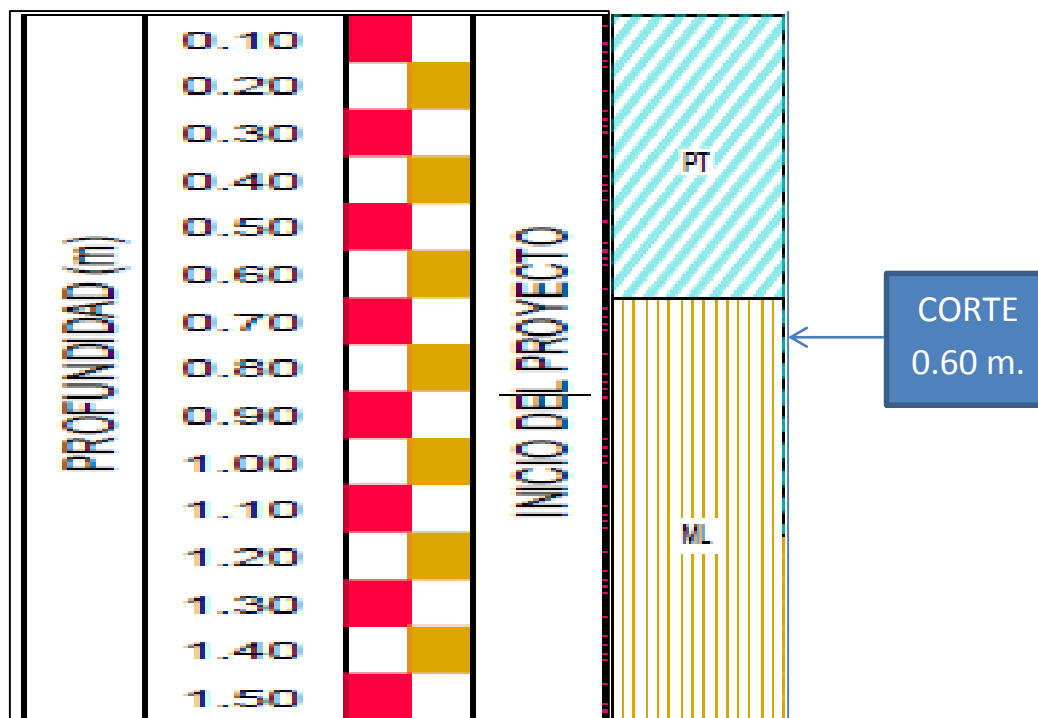


Figura 8: Perfil de calicata tramo 04.

En el perfil de calicata se puede apreciar dos capas, la primera es la turba (PT) que tiene un espesor de 0.60m., la siguiente capa es Limo Inorgánico (LM) que tiene un espesor 0.90m, se tendrá que reemplazar la primera y segunda capa siendo suelos con características mecánicas malas realizando un corte o desbroce de 0.60 m de profundidad.

- **Tramo 05 (En el km. 10+750 a 14+000)**

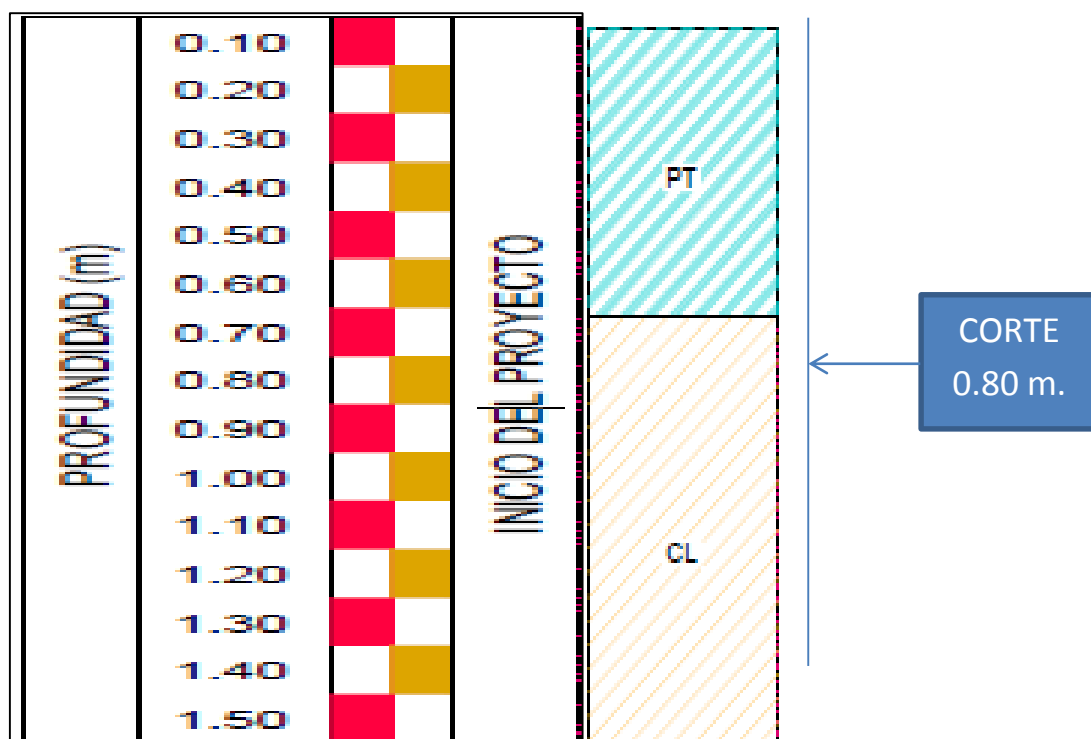


Figura 9: Perfil de calicata tramo 05.

En el perfil de calicata se puede apreciar dos capas, la primera es la turba (PT) que tiene un espesor de 0.60m., la siguiente capa es Arcilla Orgánico (CL) que tiene un espesor 0.90m, se tendrá que reemplazar la primera y segunda capa siendo suelos con características mecánicas malas realizando un corte o desbroce de 0.80 m de profundidad.

- Tramo 06 (En el km. 14+250 a 15+750)

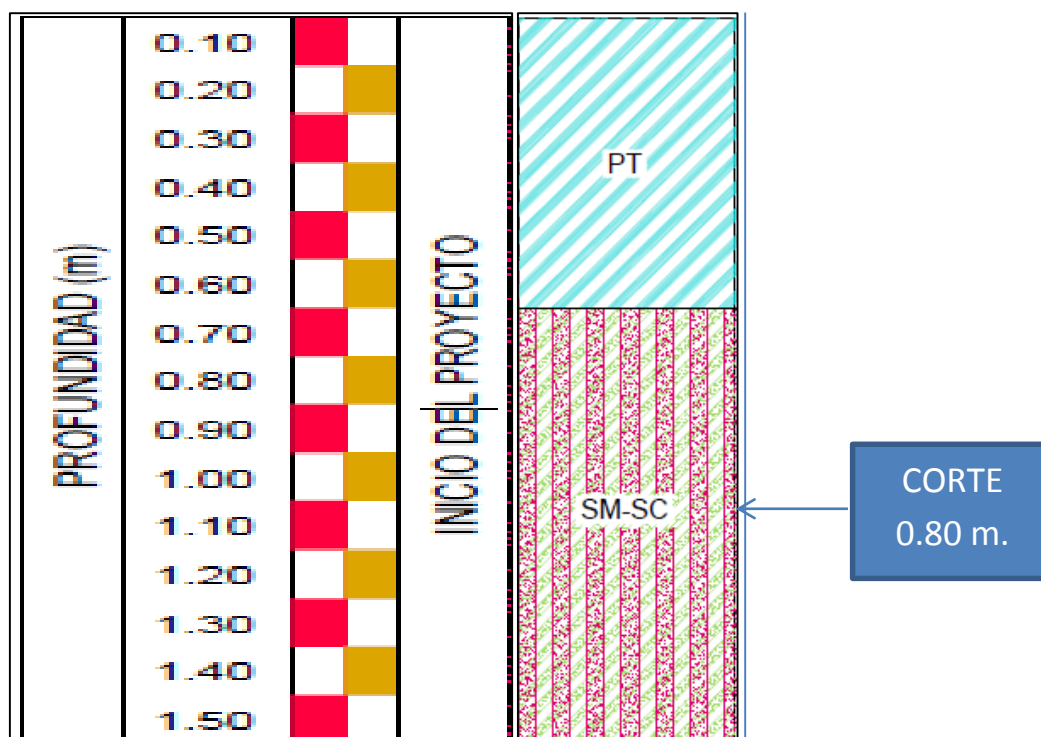


Figura 10: Perfil de calicata tramo 06.

En el perfil de calicata se puede apreciar dos capas, la primera es la turba (PT) que tiene un espesor de 0.60m., la siguiente capa es Arena Limosa y Arcillosa (SM-SC) que tiene un espesor 0.90m, se tendrá que reemplazar la segunda capa teniendo propiedades mecánicas regulares realizando un corte o desbroce de 0.80 m de profundidad.

- **Tramo 07 (En el km. 16+000 a 18+976)**

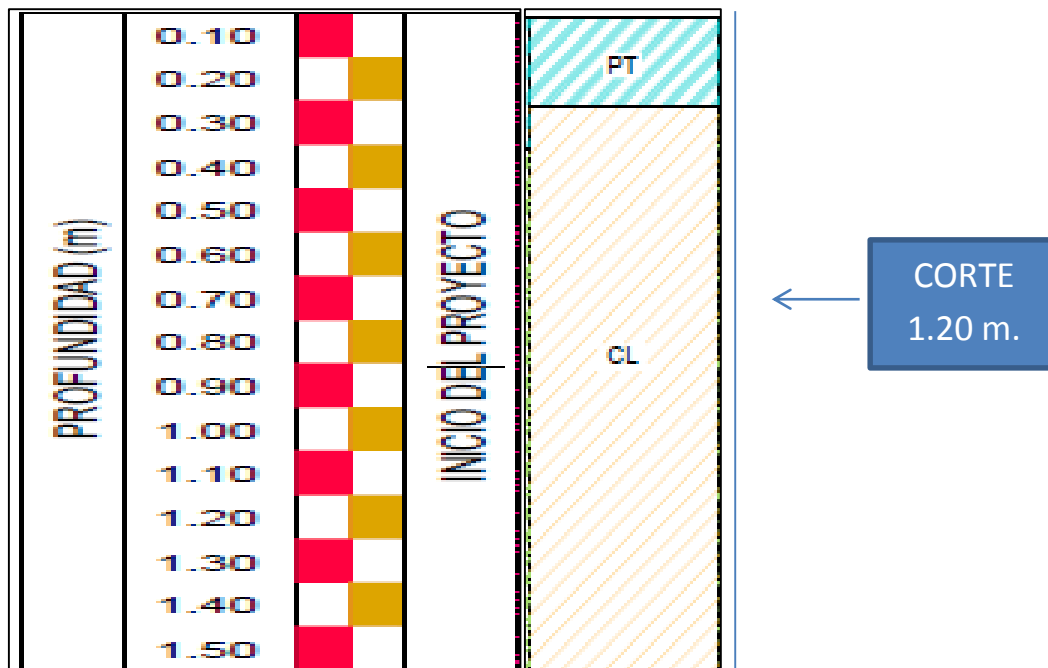


Figura 11: Perfil de calicata tramo 07.

En el perfil de calicata se puede apreciar dos capas, la primera es la turba (PT) que tiene un espesor de 0.20m., la siguiente capa es Arcilla Orgánico (CL) que tiene un espesor 1.30m, se tendrá que reemplazar la primera y segunda capa siendo suelos con características mecánicas malas realizando un corte o desbroce de 1.20 m de profundidad .

Tabla 19: Resumen de terreno de fundación de desvío Desaguadero-Kelluyo.

PTO. MUESTREO	CAPA	TRAMO DE PRUEBA	PROFUNDIDAD	HUMEDAD NATURAL	Límites		Clasificación		Proctor		CBR 1"	
					L.L	I.P	SUCS	AASHTO	M.D.S	O.C.H	95%	100%
C-1	M-1	Km. 0+000 LI	0,00 - 1,50 m.	2.8	17.3	3.77	SM	A-2-4 (0)	1.77	6.50	7	9
C-2	M-1	Km. 0+250 LD	0,00 - 1,50 m.	13.1	16.5	2.66	SM	A-2-4 (0)	1.78	6.80	8	10
C-3	M-1	Km. 0+250 LD	0,00 - 1,50 m.	14.6	19.1	0.77	SM	A-2-4 (0)	1.76	7.00	9	12
C-4	M-1	Km. 0+750 LD	0,00 - 1,50 m.	2.0	N.P.	N.P.	SM	A-2-4 (0)	1.76	7.00	8	11
C-5	M-1	Km. 1+000 LI	0,00 - 1,50 m.	3.7	17.3	N.P.	SM	A-3 (0)	1.74	7.20	7	10
C-6	M-2	Km. 1+250 LD	0,20 - 0,40 m.	4.9	15.7	2.42	SM	A-2-4 (0)	1.78	7.20	7	10
C-7	M-1	Km. 1+500 LI	0,00 - 1,50 m.	13.6	16.8	2.30	SM	A-2-4 (0)	1.78	7.40	8	11
C-8	M-2	Km. 1+750 LD	0,80 - 1,50 m.	6.8	N.P	N.P.	SM	A-2-4 (0)	1.77	7.00	8	12
C-9	M-2	Km. 2+000 LI	0,10 - 0,47 m.	13.6	24.8	7.48	CL	A-4 (6)	1.67	14.50	4	6
C-9	M-2	Km. 2+000 LI	0,47 - 1,50 m.	8.5	15.7	N.P.	SM	A-2-4 (0)	1.75	7.20	7	10
C-10	M-2	Km. 2+250 LD	0,10 - 1,50 m.	16.4	19.1	1.53	SM	A-2-4 (0)	1.77	7.60	8	11
C-11	M-2	Km. 2+500 LI	0,20 - 0,50 m.	25.0	27.3	8.26	CL	A-4 (7)	1.67	14.70	5	7
	M-3	Km. 2+500 LI	0,50 - 1,50 m.	15.9	14.1	1.62	SM	A-2-4 (0)	1.78	7.70	8	12
C-12	M-2	Km. 2+750 LD	0,20 - 1,50 m.	12.9	26.9	9.65	CL	A-4 (5)	1.58	12.70	5	7
C-13	M-2	Km. 3+000 LI	0,20 - 1,50 m.	25.0	26.8	9.06	CL	A-4 (6)	1.57	13.00	4	6
C-14	M-2	Km. 3+250 LD	0,20 - 1,50 m.	15.7	27.3	8.93	CL	A-4 (5)	1.58	12.80	4	7
C-15	M-2	Km. 3+500 LI	0,20 - 1,50 m.	10.2	27.5	7.23	SC	A-2-4 (0)	1.56	13.20	6	9

PTO. MUESTREO	CAPA	TRAMO DE PRUEBA	PROFUNDIDAD	HUMEDAD NATURAL	Límites		Clasificación		Proctor		CBR 1"	
					L.L	I.P	SUCS	AASHTO	M.D.S	O.C.H	95%	100%
C-16	M-2	Km. 3+750 LD	0,20 - 1,50 m.	13.2	27.1	8.47	SC	A-2-4 (0)	1.56	13.20	6	9
C-17	M-2	Km. 4+000 LI	1,00 - 1,50 m.	13.0	33.4	6.63	ML	A-4 (4)	1.66	13.60	4	7
C-18	M-2	Km. 4+250 LD	0,50 - 1,50 m.	50.0	55.6	16.09	MH	A-7-5 (14)	1.55	20.50	3	5
C-19	M-2	Km. 4+500 LI	1,30 - 2,20 m.	53.3	55.6	16.09	MH	A-7-5 (9)	1.55	20.40	3	5
	M-3	Km. 4+500 LI	2,20 - 2,50 m.	14.2	N.P	N.P.	SW	A-1-b (0)	1.98	6.50	22	30
C-20	M-2	Km. 4+750 LD	0,60 - 1,50 m.	12.5	24.3	5.63	SM-SC	A-2-4 (0)	1.82	12.30	10	12
C-21	M-2	Km. 5+000 LI	0,20 - 1,50 m.	20.0	17.8	1.92	SM	A-4 (1)	1.7	7.80	8	11
C-22	M-2	Km. 5+250 LD	0,50 - 1,50 m.	43.9	38.4	7.48	ML	A-4 (5)	1.68	13.00	7	10
C-23	M-2	Km. 5+500 LI	0,30 - 1,50 m.	45.7	45.2	9.85	ML	A-5 (8)	1.67	12.80	6	9
C-24	M-2	Km. 5+750 LD	0,20 - 1,50 m.	26.7	26.8	7.39	SC	A-2-4 (0)	1.80	13.00	7	10
C-25	M-1	Km. 6+000 LI	0,00 - 1,50 m.	3.7	23.8	4.10	SM-SC	A-2-4 (0)	1.81	6.80	16	22
C-26	M-1	Km. 6+250 LD	0,00 - 1,50 m.	44.6	48.4	18.83	ML	A-7-6 (13)	1.55	12.80	4	7
C-27	M-2	Km. 6+500 LI	0,60 - 1,50 m.	14.0	19.1	4.26	SM-SC	A-4 (1)	1.67	12.90	9	11
C-28	M-2	Km. 6+750 LD	0,20 - 1,50 m.	14.0	18.7	2.13	SM	A-4 (1)	1.60	11.60	8	11
C-29	M-2	Km. 7+000 LI	0,20 - 1,50 m.	10.0	26.1	6.86	SM-SC	A-2-4 (0)	1.82	7.90	12	14
C-30	M-2	Km. 7+250 LD	2,00 - 2,60 m.	68.1	54.2	14.09	MH	A-7-5 (12)	1.53	13.50	5	7
C-31	M-2	Km. 7+500 LI	0,60 - 1,50 m.	30.4	37.7	12.63	ML	A-6 (6)	1.52	10.20	4	6
C-32	M-2	Km. 7+750 LD	1,10 - 1,60 m.	28.8	22.6	4.01	ML-CL	A-4 (4)	1.58	13.20	6	9
C-33	M-2	Km. 8+000 LI	0,60 - 0,90 m.	7.5	NP	N.P.	SM	A-2-4 (0)	1.8	8.40	11	13
C-34	M-2	Km. 8+250 LD	0,70 - 1,60 m.	18.8	24.1	3.25	SM	A-4 (1)	1.81	8.50	10	12
C-35	M-2	Km. 8+500 LI	0,60 - 1,50 m.	20.8	21.3	2.42	ML	A-4 (5)	1.8	9.10	9	11
C-36	M-2	Km. 8+750 LD	0,80 - 1,50 m.	27.0	28.6	9.83	CL	A-4 (4)	1.74	10.50	6	9
C-37	M-2	Km. 9+000 LI	0,80 - 1,50 m.	30.0	29.0	7.03	CL	A-4 (6)	1.73	10.70	6	9
C-38	M-2	Km. 9+250 LD	0,60 - 1,50 m.	19.7	28.0	5.26	SM	A-2-4 (0)	1.77	9.80	9	11
C-39	M-2	Km. 9+500 LI	0,80 - 1,50 m.	24.1	38.8	12.86	SM	A-2-6 (0)	1.81	10.50	9	12
C-40	M-2	Km. 9+750 LD	0,50 - 1,50 m.	23.3	39.8	14.03	SM	A-2-6 (0)	1.80	10.40	10	12
C-41	M-2	Km. 10+000 LI	0,70 - 1,50 m.	14.3	22.1	1.83	SM	A-1-b (0)	1.92	8.70	12	14
C-42	M-2	Km. 10+250 LD	0,50 - 1,50 m.	13.9	22.3	3.98	SM	A-1-b (0)	1.94	10.40	13	16
C-43	M-2	Km. 10+500 LI	0,40 - 1,50 m.	8.3	22.7	3.41	SM	A-1-b (0)	1.9	10.50	13	16
C-44	M-2	Km. 10+750 LD	0,60 - 1,50 m.	32.8	24.1	7.68	CL	A-4 (8)	1.65	12.00	9	12
C-45	M-2	Km. 11+250 LD	0,60 - 1,50 m.	23.1	28.4	5.20	SM	A-4 (1)	1.82	10.30	10	13
C-46	M-1	Km. 11+500 LI	0,00 - 0,70 m.	6.1	NP	N.P.	SM	A-1-b (0)	1.97	9.80	15	18
	M-2	Km. 11+500 LI	0,70 - 1,50 m.	30.6	35.3	13.43	SC	A-6 (3)	1.66	12.50	6	9
C-47	M-2	Km. 11+750 LD	0,60 - 1,50 m.	23.0	27.2	7.53	SC	A-4 (2)	1.7	11.40	7	11
C-48	M-2	Km. 12+000 LI	1,00 - 1,50 m.	20.3	38.8	13.91	SC	A-2-6 (0)	1.72	10.50	8	11
C-49	M-2	Km. 12+250 LD	0,60 - 1,50 m.	21.9	34.4	11.73	SC	A-2-6 (0)	1.72	10.50	8	11

PTO. MUESTREO	CAPA	TRAMO DE PRUEBA	PROFUNDIDAD	HUMEDAD NATURAL	Límites		Clasificación		Proctor		CBR 1"	
					L.L	I.P	SUCS	AASHTO	M.D.S	O.C.H	95%	100%
C-50	M-2	Km. 12+500 LI	0,60 - 1,50 m.	14.9	18.6	1.54	SM	A-2-4 (0)	1.71	9.80	10	13
C-51	M-2	Km. 12+750 LD	0,60 - 1,50 m.	23.0	25.8	5.67	SM-SC	A-4 (3)	1.77	13.50	7	9
C-52	M-2	Km. 13+000 LI	0,50 - 1,50 m.	23.3	22.9	3.69	ML	A-4 (7)	1.76	13.40	6	9
C-53	M-2	Km. 13+250 LD	0,60 - 1,50 m.	29.4	22.7	6.52	SM-SC	A-4 (1)	1.75	12.80	7	10
C-54	M-2	Km. 13+500 LI	0,60 - 1,50 m.	23.0	23.5	7.02	SC	A-4 (1)	1.78	12.50	8	10
C-55	M-2	Km. 13+750 LD	0,60 - 1,50 m.	14.1	18.9	2.17	SM	A-2-4 (0)	1.8	10.30	11	13
C-56	M-2	Km. 14+000 LI	0,60 - 1,50 m.	23.5	29.7	8.32	CL	A-4 (5)	1.65	14.00	6	9
C-57	M-2	Km. 14+250 LD	0,50 - 1,50 m.	25.6	28.2	7.59	CL	A-4 (8)	1.66	14.50	7	9
C-58	M-2	Km. 14+500 LI	0,60 - 1,50 m.	34.6	44.7	15.23	ML	A-7-6 (10)	1.55	17.10	4	6
C-59	M-2	Km. 14+750 LD	0,50 - 1,50 m.	16.2	44.7	N.P.	SM	A-1-b (0)	1.95	8.70	15	19
C-60	M-2	Km. 15+000 LI	0,60 - 1,50 m.	24.7	21.8	4.63	SM-SC	A-2-4 (0)	1.81	11.10	9	11
C-61	M-2	Km. 15+250 LI	0,60 - 1,50 m.	19.5	16.2	0.73	SM	A-2-4 (0)	1.74	10.30	7	9
C-62	M-2	Km. 15+500 LI	0,50 - 1,50 m.	21.4	19.2	4.21	SM-SC	A-2-4 (0)	1.78	9.70	9	11
C-63	M-2	Km. 15+750 LD	0,50 - 1,50 m.	16.2	17.4	2.51	SM	A-2-4 (0)	1.8	10.00	10	13
C-64	M-2	Km. 16+000 LI	0,50 - 1,50 m.	38.7	35.2	9.54	SM	A-2-4 (0)	1.72	11.20	7	10
C-65	M-2	Km. 16+250 LD	0,50 - 1,50 m.	17.6	18.7	1.96	SM	A-1-b (0)	1.91	10.00	12	15
C-66	M-2	Km. 16+500 LI	0,60 - 1,50 m.	19.0	23.9	3.62	SM	A-2-4 (0)	1.88	11.30	10	12
C-67	M-2	Km. 16+750 LD	0,60 - 1,50 m.	29.2	22.9	4.40	SM-SC	A-2-4 (0)	1.8	11.30	9	11
C-68	M-2	Km. 17+000 LI	0,60 - 1,50 m.	29.6	25.3	4.11	SM-SC	A-2-4 (0)	1.82	11.00	9	11
C-69	M-2	Km. 17+250 LD	0,50 - 1,50 m.	22.8	24.5	4.61	SM-SC	A-4 (3)	1.73	12.50	8	10
C-70	M-2	Km. 17+500 LI	0,60 - 1,50 m.	40.3	40.5	13.14	SM	A-2-7 (1)	1.8	12.80	8	12
C-71	M-2	Km. 17+750 LD	0,50 - 1,50 m.	31.5	35.0	10.81	ML	A-6 (6)	1.61	13.50	5	7
C-72	M-2	Km. 18+000 LI	0,00 - 0,70 m.	16.3	24.2	5.42	SM-SC	A-1-b (0)	1.9	10.00	17	20
C-72	M-2	Km. 18+000 LI	0,70 - 1,50 m.	26.2	34.2	10.36	ML	A-6 (8)	1.61	13.40	4	7
C-73	M-2	Km. 18+250 LD	0,00 - 0,20 m.	5.7	32.4	7.77	SM	A-2-4 (0)	1.78	12.70	11	13
C-73	M-2	Km. 18+250 LD	0,20 - 1,50 m.	40.0	49.3	18.09	ML	A-7-5 (13)	1.52	16.70	3	5
C-74	M-2	Km. 18+500 LI	0,30 - 1,50 m.	13.3	44.4	20.28	SC	A-7-6 (4)	1.6	15.50	3	5
C-75	M-2	Km. 18+750 LD	0,20 - 1,50 m.	23.4	31.9	10.63	CL	A-6 (7)	1.58	12.40	4	7
C-76	M-2	Km. 18+970 LI	0,20 - 1,50 m.	20.8	29.7	9.15	SC	A-4 (3)	1.62	12.20	6	10

FUENTE: Laboratorio de suelos de GRP.

4.2. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN EN EL TRATAMIENTO DEL SUELO

Para ello se tiene las siguientes propuestas:

Tabla 20: Nomenclatura de reemplazamiento.

MATERIAL	NOMENCLATURA
ENROCADO	A
TERRAPLEN (RELLENO)	B
ARENA	C

FUENTE: Laboratorio de suelos de GRP.

- En el km. 00+000 al 3+750 se tendrá que reemplazar con material “A” con un espesor de 0.60 m., seguidamente material “B” con un espesor de 0.80 m. para poder elevar la subrasante.
- En el km. 4+000 a 5+000 se tendrá que reemplazar con material “A” con un espesor de 0.60 m., seguidamente el material “C” con un espesor de 0.20 m., y finalmente el material “B” con tres capas de 0,20 m este es la zona más crítica es el río.
- En el km. 5+250 a 7+250 se tendrá que reemplazar con material “A” con un espesor de 0.60m. y el material “B” con tres capas de 0.20m.
- En el km. 7+500 a 10+000 se tendrá que reemplazar con material “A” con un espesor de 0.60 m, seguidamente el material “C” con un espesor de 0.20 m., finalmente el material “B” con tres capas de 0,20m.
- En el km. 10+250 a 14+000 se tendrá que reemplazar con material “A” con un espesor de 0.60 m, seguidamente el material “C” con un espesor de 0.20 m., finalmente el material “B” con tres capas de 0,20m.
- En el km. 14+250 a 15+750 se tendrá que reemplazar con material “A” con un espesor de 0.60 m, seguidamente el material “C” con un espesor de 0.20 m., finalmente el material “B” con tres capas de 0,20m.
- En el km. 17+750 a 18+976 se tendrá que reemplazar con material “A” con un espesor de 0.60 m, seguidamente el material “C” con un espesor de 0.20 m., se tendrá que utilizar el material “B” con tres capas de 0.20m.

4.3. CARACTERÍSTICAS GEOTECNICAS Y PROPIEDADES FISICO-MECÁNICAS DE CANTERAS

4.3.1. Cantera de material granular

a. Cantera Jichucollo

Ubicación : Km. 3+320 en la margen izquierda de la vía.

Acceso : 10 m. hay camino para extracción.



Figura 12: Cantera jichucollo.

Principales características

Potencia	:	Volumen total	=	20 000 m ³
		Rendimiento	=	100% (para mezcla)

Volumen Útil = 20 000 m³

Usos : Material para mezcla.

Propiedades : Según los resultados de los ensayos de laboratorio, el material de la cantera presenta las siguientes propiedades:

Tabla 21: Resultados de cantera jichucollo.

ENSAYOS	CANTERA JICHUCOLLO		
	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN	OBS.
GRANULOMETRÍA	A-2-4(0)	A-1-a(0),A-1-b,A-2-4,A-2-6,A-3.	CUMPLE
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	4.43	<10%	CUMPLE
ABRASIÓN (%)	63.4	60%	CUMPLE

FUENTE: Laboratorio de suelos de GRP.

Evaluación. Material uniforme conformado por capas de material granular conformado de gravas y arenas y limos de origen coluvial, en estado semisuelto que se utilizara como material para mezcla de rellenos.

Su clasificación en el sistema AASHTO es A-2-4 (0) y en sistema SUCS es SM a SC (arena limosa a arcillosa). Se trata de una arena limosa a arcillosa con grava de 36% y arena 54% y arcilla del 10% se encuentra dentro del Uso Granulométrico. Por otro lado, el material cuenta con plasticidad que permitirá la cohesión de los elementos, encontrándose este cercano al límite inferior en la especificación técnica. Pero no la resistencia de las partículas a la prueba del desgaste está en un 63% no cumple este parámetro para que pueda ser usada como relleno por lo tanto necesita ser mezclada con otro material más resistente.

Procesamiento. Mediante la extracción se tendrá que realizar un 0.30 m. de desbroce por contener material orgánico y luego se acumulara con tractor y cargador frontal, luego zarandeo y carguío con cargador frontal a volquetes.

Explotación: El periodo de explotación es durante todo el año.

b. Cantera tiramarca

Ubicación : Km. 9+575 km. en la margen derecha de la vía.

Acceso : a 13.00 Km. mejorar el camino de extracción.



Figura 13: Cantera Tiramarca.

Principales características

Potencia :

Volumen total : 30 000 m³

- Rendimiento** : 90% (Base Granular)
- Volumen útil** : 27 000 m³
- Usos** : Material para relleno, Sub base, base.
- Propiedades** : Según los resultados de los ensayos de laboratorio, el material de la cantera presenta las siguientes propiedades:

Tabla 22: Resultados de cantera Tiramarca.

ENSAYOS	CANTERA TIRAMARCA		
	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN	OBSER.
GRANULOMETRIA	A-1-a (0)	A-1-a(0),A-1-b, A-2-4,A-2-6,A-3	CUMPLE
LIMITE LIQUIDO (%)	29.85	35% máx.	CUMPE
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	5.17	4-9%	CUMPLE
ABRASIÓN (%)	28.5	50% máx.	CUMPLE

FUENTE: Laboratorio de suelos de GRP.

Evaluación. Depósito Coluvio-aluvial conformado por una mezcla de gravas, arenas y arcillas depositadas en la margen derecha en una Ladera.

- Los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras indican que el material corresponde a un GW, una grava bien graduada con equivalente a 59.2% de grava, arena 27.5 % y arcilla 13.3%, con IP de 5.17% como corresponde a material de buena resistencia con presencia de partículas semiangulosas a semi redondeadas.
- Su clasificación en el sistema AASHTO es A-1-a (0) y el sistema SUCS es GW, es decir se trata de una grava bien gradada, es decir tiene una grava y arena cuyo uso se encuentran dentro de la especificación, Por lo tanto según sus parámetros

de cumplimiento se le dará el uso para relleno de la sub rasante y mezcla para Sub Base Granular.

Procesamiento. Mediante la extracción y acumulación con tractor y cargador frontal, y carguío con cargador frontal a volquetes. Para este fin se realizara el zarandeo para separar el material extra dimensional y desbrozar un espesor de 0.30m. Y mezclar con la cantera arenales para la sub base granular según el diseño.

Explotación. El periodo de explotación es durante todo el periodo del año.

4.3.2. Cantera de roca

c. Cantera de roca cconahuiiri

Ubicación : Km. 4+930 km. en la margen izquierda.

Acceso : a 4.00 Km. mejorar el camino de extracción



Figura 14: Cantera Cconahuiiri.

Tabla 23: Ensayos de índice manual de resistencia de roca en campo (ISRM, 1981).

Clase	Descripción	Identificación del campo	Valor aproximado de la resistencia a compresión simple	
			Mpa	Kg/cm ²
R ₀	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña	0.25 – 1.0	2.5 - 10
R ₁	Roca muy blanda	Deleznable bajo golpes del martillo de geólogo, puede rayarse con una navaja. Se talla fácilmente con una navaja	1.0-5.0	10-50
R ₂	Roca blanda	Puede rayarse con dificultad con la navaja, se pueden hacer marcas poco profundas golpeando fuertemente con la punta del martillo	5.0-25	50-250
R ₃	Roca moderadamente dura	No se puede rayar con una navaja la muestra en mano, se puede romper con un golpe firme del martillo de geólogo, al impacto la punta del martillo indenta hasta 5 mm.	25-50	250-500
R ₄	Roca dura	Se necesita más de un golpe con el martillo de geólogo para romper la muestra, especímenes sostenidos en la mano se rompe con un simple golpe de martillo	50-100	500-1000
R ₅	Roca muy dura	Se necesita muchos golpes con el martillo de geólogo para romper la muestra.	100-250	1000-2500
R ₆	Roca extremadamente dura	El martillo produce solamente descarrillado de la muestra, sonido metálico de golpe. Solo saltan esquirlas de roca.	> 250	> 2500

Principales características

Potencia : Volumen total= 10 500 m³
 Rendimiento = 100% (Enrocado)
 Volumen Útil = 10 500 m³

Usos : Enrocado

Propiedades. Según los resultados de los ensayos de laboratorio, el material de la cantera presenta las siguientes propiedades

Tabla 24: Resultados de cantera Cconahuirí.

CANTERA DE ROCA CCONAHUIRI			
ENSAYO	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN	OBSERVACIÓN
Abrasión (%)	30.1%	30%	Cumple

FUENTE: Laboratorio de suelos de GRP.

Procesamiento. Mediante la extracción con excavadora y acumulación cargador frontal, y carguío con cargador frontal a volquetes. Para este fin se realizara voladura.

Explotación- El periodo de explotación es durante el periodo de estiaje, siendo mínimo en la temporada de lluvias.

4.3.3. Cantera de agregados

d. Cantera arenales

Ubicación : Km. 5+520 km.en la margen derecha del tramo II.

Acceso : 5 km. LI y LD.



Figura 15: Cantera arenales.

Principales características

Potencia	=	30 000 m ³
Volumen total	=	25 000 m ³
Rendimiento	=	80% (mezcla)
Volumen útil	=	25 000 m ³

Tabla 25: Resultados de cantera arenales.

ENSAYOS	CANTERA ARENALES		
	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN	OBSER.
GRANULOMETRIA	A-1-a (0)	A-1-a(0),A-1-b, A-2-4,A-2-6,A-3	CUMPLE

FUENTE: Laboratorio de suelos de GRP.

Usos. Se prevé para las obras de Base Granular, concreto, de $f_c=140, 175$ y 210 Kg/cm^2 previo chancado y zarandeo en cancha y mezcla.

Evaluación. Depósito fluvio-aluvial conformado por una mezcla de arena y grava depositada en la margen derecha e izquierda del Rio Arenaless.

Los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras indican que el material corresponde a un GP, agregado arenoso con material granular equivalente a 97.4% de grava y arena, como corresponde a material de río de estas altitudes, la presencia de cantos rodados es regular proporción y el agregado fino es no plástico.

El agregado mineral grueso es de forma redondeada y los agregados pétreos satisfacen los requisitos de calidad para su empleo en concreto, siendo una de las canteras de mayor uso en toda la zona. Las dosificaciones se encuentran en el diseño de mezcla de concreto.

Procesamiento. Mediante la extracción y acumulación con tractor y cargador frontal, y zarandeo de los elementos, luego carguío con cargador frontal a volquetes. Para este fin se preparan canchas en las riberas del río.

Explotación. El periodo de explotación es durante el periodo de estiaje, siendo mínimo en la temporada de lluvias.

e. **Cantera collpacotaña**

Ubicación : Km. 4+930 km. en la margen izquierda.

Acceso : 5 km. LI .

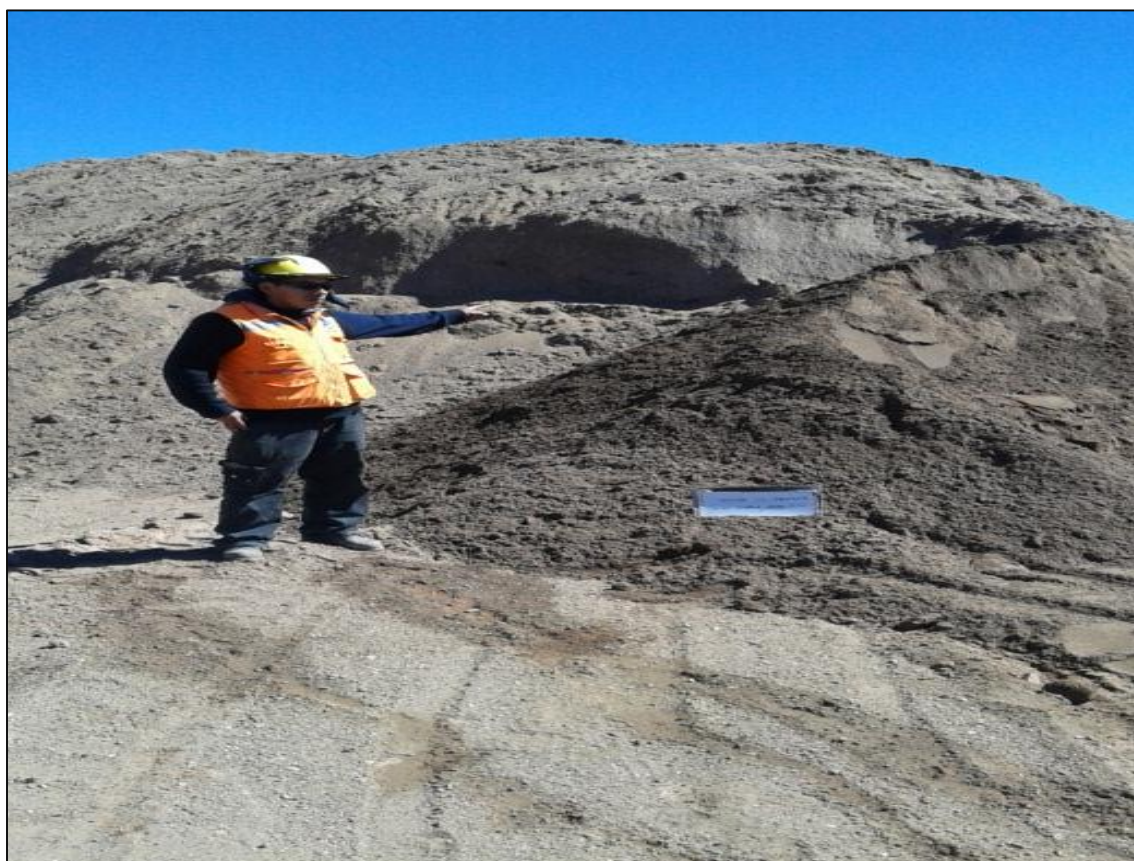


Figura 16: Cantera collpacotaña.

Principales características**Potencia** :**Volumen total** = 30.000 m³**Rendimiento** = 30% (mezcla)**Volumen útil** = 10:000 m³**Tabla 26:** Resultados de cantera Collpacotaña.

ENSAYOS	CANTERA COLLPACOTAÑA		
	RESULTADOS	ESPECIFICACIÓN	OBSER.
GRANULOMETRIA	A-1-b (0)	A-1-a(0),A-1-b, A-2-4,A-2-6,A-3	CUMPLE

FUENTE: Laboratorio de suelos de GRP.

Usos: Se utilizará para la capa de subrasante con un 30%.

Evaluación. Los resultados de los ensayos de laboratorio de las muestras indican que el material corresponde a un GP-GM, grava mal gradada y limosa, granular equivalente a 97.4% de grava y limo, como corresponde a material de río de estas altitudes, la presencia de poco cantos rodados es regular proporción y el agregado fino es no plástico.

Procesamiento. Mediante la extracción y acumulación con tractor, cargador frontal y excavadora, luego carguío con cargador frontal a volquetes. Para este fin se preparan canchas en las riberas del río.

Explotación. El periodo de explotación es durante el periodo de estiaje, siendo mínimo en la temporada de lluvias.

CONCLUSIONES

PRIMERA: Las características geotécnicas del terreno de fundación y canteras permite identificar y clasificar los suelos por una serie de estudios de laboratorio y de campo–in situ, el cual se dividió por tramos. **TRAMO 01**, se tiene una (SM) y los CBR varían entre, 0% a 9,0% al 95% (Regular), **TRAMO 02**, presentan materiales finos como es un suelo (ML, SC, MH, SW) y según AASTHO A-7-5 (4), A-2-4, A-7-5(14), A-1-b(0), con un CBR de 8% a 12% (pobre a regular). **TRAMO 03**, presenta suelos (ML, SC, SM, CL) y según AASTHO A-4(1), A-2-4(0), A-1-b(0) con un CBR de 8,0% a 11,0% al 95% (pobre-regular). **TRAMO 04**, presenta suelos (ML, SC, SM, CL) y según AASTHO es A-4(1), A-2-4(0), A-1-b(0), A-2-6(0) y con un CBR de 8,0% a 11,0% al 95% (pobre-regular). **TRAMO 05**, presenta suelos (ML, SC, SM, CL) y según AASTHO es A-4(1), A-2-4(0), A-1-b(0), A-4(5), A-4(2) con un CBR de 8,0% a 11,0% al 95% (pobre-regular). **TRAMO 06**, presenta suelos (ML, SC, SM, CL) y según AASTHO es A-4(1), A-2-4(0), A-1-b(0), A-4(5), A-4(2) en su mayoría teniendo humedades altas, con índice plasticidad bajas a medias, con un CBR de 8,0% a 11,0% al 95% (pobre-regular). **TRAMO 07** se presenta materiales finos de color gris oscuro (ML, CL Y SC) con un CBR de 7% a 11%.(pobre-regular).

SEGUNDA: Los mejoramientos se realizarán por tramos teniendo un promedio de corte de 0.80 cm

TERCERA: Las propuestas de solución será con enrocado (A), terraplén (B) y arena (C).

CUARTA: Las canteras de material granular son **JICHUCCOLLO** tiene la clasificación en el sistema AASHTO es A-2-4 (0) y en sistema SUCS es SM a SC, **TIRAMARCA** corresponde a un GW, con IP de 5.17%. La cantera de roca **CCONAHUIRI** los resultados de abrasión es de 30,1%. La cantera de agregados **ARENALES**. Tiene la clasificación en el sistema AASHTO GP, **COLLPACOTAÑA** tiene la clasificación en el sistema AASHTO GP-GM, y estas cumplen los requisitos según normas del MTC-2013.

RECOMENDACIONES

PRIMERA: Se tendrá que realizar más pruebas in situ como la de la viga bekellman para determinar la deflectometría por tramos y así identificar las zonas críticas para realizar el reemplazamiento de material.

SEGUNDA: Se recomienda realizar el ensayo de compresibilidad para conocer el comportamiento de los suelos, especialmente los suelos blandos, los arcillosos que pueden contener más agua, en relación al esfuerzo y la deformación.

TERCERA: Se necesita explorar más canteras ya que estas pueden variar en el proceso de desarrollo y/o mantenimiento de la carretera.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Bowles, E. (1982). *Manual de suelos Ing. Civil*. Colombia: Bogota.
- Casagrande, A. (1972). *Estudio de suelos y cimientos en carreteras*.
- Crespo, C. (2001). *Mecanica de suelos y cimentaciones*. Mexico: Limusa Noriega.
- Delgado, M. (1996). *Ingeniería de Cimentaciones*. México: Alfa- Omega.
- Fernandez, L. (1979). *Geología aplicada*. (5ta edición). Barcelona - España 498p:
Omega S.A.
- Geoconsul. (2012). *Estudio de terreno de fundación y canteras*. Lima
- Henri, C. (1990). *Reconocimiento de suelos y interpretación de suelos*.
- Hermoso, G. (2006). *Estudios Geotécnicos*.
- Herrera, R. (1999). *Estudio y exploración de canteras*.
- Huanca, R. (1996). *Estudio de las propiedades de suelos*.
- Infraestructura, D. (2008). *Manual para la revisión de estudios geotécnicos*. Managua,
Nicaragua.
- Ingemeet. (2012). *Geología regional del cuadrangulo de pisacoma 34Y*. (INGEMEET)
Puno, Puno, Peru.
- Invias. (2007). *Ensayos de laboratorio de suelos*. Bogota.
- Juares, E. (1996). *Mecánica de suelos*. México: Limusa.
- Judd, P. (1972). *Principios de geología y geotecnia para ingenieros*. (3^{ra} edición)
Barcelona, España 828p.

- Lambe, T. (1989). *Mecánica de suelos*. México: Limusa.
- Das braja, M. (2006). *Estudios geotecnicos de carreteras*.
- Mantilla, R. (2005). *Geología general*.(2^{da} Edicion). Lima
- Mendivil, R. (1965). *Estudio del cuadrangulo 34-Y Pizacoma*. Lima.
- Mendoza, V. (2001). *Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica*.
Lima: San Marcos.
- MTC. (2000). *Ensayos de Laboratorio de Suelos*. Lima.
- MTC. (2013). *Ensayos de laboratorio de suelos*. Lima.
- Nacional, P. (2009). *Estudio de las Carreteras del Sur*. Puno.
- Ordoñez, P. (1975). *Manual de laboratorio de suelos*. UNI. Lima-Peru.
- Radnor, P. (1996). *Ingeniería de carreteras*. (5ta. Edición): Limusa.
- Radnor, P. (2005). *Ingeniería de carreteras*. (5ta. Edición). Editorial Limusa.
- Randal, J. (1960). *Estudio del Cuadrangulo de Pizacoma 34-Y*.
- Senamhi. (1990). *Estudio Hidrologico del Altiplano*. Puno.
- Senamhi. (1990.2013). *Temperaturas del sur de puno*. Puno.
- Senamhi. (2000). *Estudio de precipitaciones de Desaguadero*. Puno.
- Senamhi. (2000). *Estudio hidrologico de Desaguadero*. Puno.
- Senamhi. (2011). *Estudios de tiempos del Sur de Puno*. Puno.
- Senamhi. (2013). *Estudio pluviometricas de la Región Puno*. Puno.

Terzaghi, K. y Valle, R. (1965). *La Magnitud de la diferencia de Suelos*.

Terzaghi, K. y Valle, R. (1965). *Mecanica de Suelos*.

Tito, C. (2016). *Evaluación Geológica - Geotécnica para el proceso constructivo de la Av. Jallihuaya-Puno*. PUNO.

Willian, P. (1972). *Principios de geología y Geotecnia para Ingenieros*. (3ra Edición)
Barcelona, España 828p.

ANEXOS

ANEXO 01

**CERTIFICADOS DE LABORATORIO DE SUELOS
(TERRENO DE FUNDACIÓN)**

ANEXO 02

PERFIL DE TERRENO DE FUNDACIÓN

ANEXO 03

CERTIFICADOS DE LABORATORIO DE SUELOS

(CANTERAS)

ANEXO 04

PLANOS

ANEXO 05

PANEL FOTOGRAFICO