

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
PUNO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y  
METALÚRGICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**“GEOLOGÍA Y GEOTECNIA DEL REPRESAMIENTO  
MALCOMAYO – PUNO 2014”**

**TESIS**

**Presentada por:**

**RAMOS QUISPE, FREDY LUCIANO**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO GEÓLOGO**

**PUNO – PERÚ  
2016**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y METALÚRGICA

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

“GEOLOGÍA Y GEOTECNIA DEL REPRESAMIENTO MALCOMAYO – PUNO  
2014”

TESIS

PRESENTADA POR:

FREDY LUCIANO RAMOS QUISPE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO GEÓLOGO

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE DEL JURADO :

  
.....  
Dra. Sofia Benavente Fernández

PRIMER MIEMBRO :

  
.....  
M.Sc. Ariel Aquino Pacheco

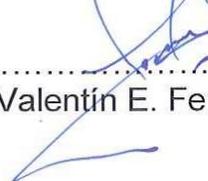
SEGUNDO MIEMBRO :

  
.....  
Ing. Roger Gonzales Aliaga

ASESOR DE TESIS :

  
.....  
M.Sc. Leonel Palomino Ascencio

DIRECTOR DE TESIS :

  
.....  
Ing. Valentín E. Fernández Valdivia

AREA : INGENIERIA GEOTECNICA

TEMA : PRESAS

PUNO – PERÚ  
2016

## DEDICATORIA

A nuestro creador por cada día de nuestras vidas

A mi padre **Rodolfo** y mi madre **Jovita**, los dos tesoros más importantes en mi vida, por el esfuerzo y apoyo incondicional en toda la etapa de mi vida, por enseñarme y guiarme en este camino trazado.

A mi tesoro más grande mi hija **Stefany Mariana** por ser mi motivación para esta etapa de mi vida y mi esposa **Yuliana Anabel** por su comprensión y apoyo incondicional y perseverancia.

A mis hermanas **Juana** y **Nely**, y mis sobrinos Cristian, **Shamai** y **Xiana** por el cariño incondicional ofrecido.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios, nuestro creador, señor de nuestras vidas

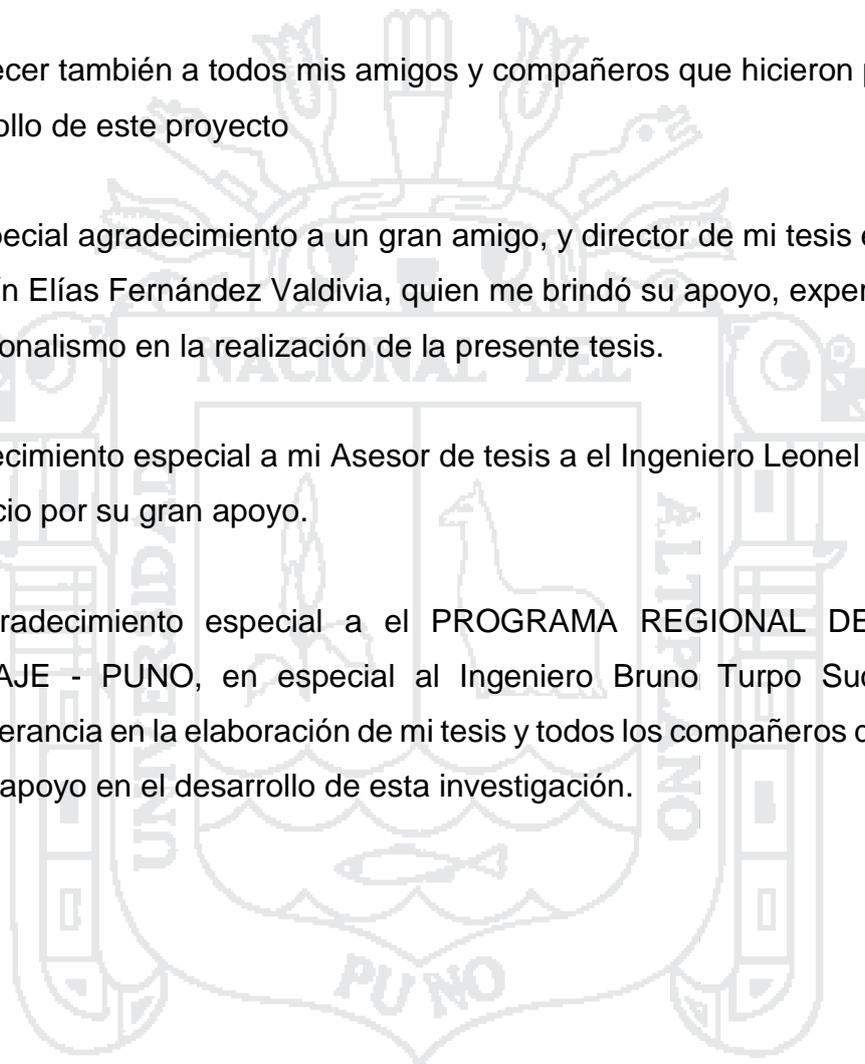
A todos los docentes de mi alma mater de la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, quienes fueron parte especial dentro de mi formación profesional.

Agradecer también a todos mis amigos y compañeros que hicieron posible el desarrollo de este proyecto

Un especial agradecimiento a un gran amigo, y director de mi tesis el Ingeniero Valentín Elías Fernández Valdivia, quien me brindó su apoyo, experiencia y profesionalismo en la realización de la presente tesis.

Agradecimiento especial a mi Asesor de tesis a el Ingeniero Leonel Palomino Ascencio por su gran apoyo.

Un agradecimiento especial a el PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE - PUNO, en especial al Ingeniero Bruno Turpo Sucari, por su perseverancia en la elaboración de mi tesis y todos los compañeros del programa por su apoyo en el desarrollo de esta investigación.



## INDICE

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTOS	II
LISTA DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS	XI
RESUMEN - Palabras Claves	XIII
ABSTRACT - Keywords	XIV

### CAPITULO I

#### INTRODUCCIÓN

1.1	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2	ANTECEDENTES	2
1.3	JUSTIFICACIÓN	3
1.4	HIPÓTESIS	4
1.5	OBJETIVOS	4
1.5.1	Objetivo General	4
1.5.2	Objetivos Específicos	4
1.6	METODOLOGÍA DE ESTUDIO	5
1.6.1	Etapas de la Investigación	5

### CAPITULO II

#### MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1	MARCO TEÓRICO	9
2.1.1	Geología Regional	9
2.1.2	Geomorfología Regional	9
2.1.3	Estratigrafía Regional	10
2.1.4	Tectónica de los Andes	17
2.2	MARCO CONCEPTUAL	21
2.2.1	Geología Estructural	21
2.2.2	Análisis Cinemático de Fallas	22
2.2.3	Análisis Grafico De Fallas	26

2.2.4	Ensayos De Penetración Estándar S.P.T. _____	28
2.2.5	Ensayo con Cono Peck (L.P.T.) _____	30
2.2.6	Mecánica de Suelos _____	31

### CAPITULO III

#### CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

3.1	UBICACIÓN _____	34
3.2	ACCESIBILIDAD _____	35
3.3	GEOLOGIA LOCAL _____	35
3.3.1	Estratigrafía Local _____	36
3.3.2	Geología Estructural _____	41
3.3.3	Geomorfología Local _____	42
3.4	GEOTECNIA _____	48
3.4.1	Investigaciones Geotécnicas Ejecutadas _____	48

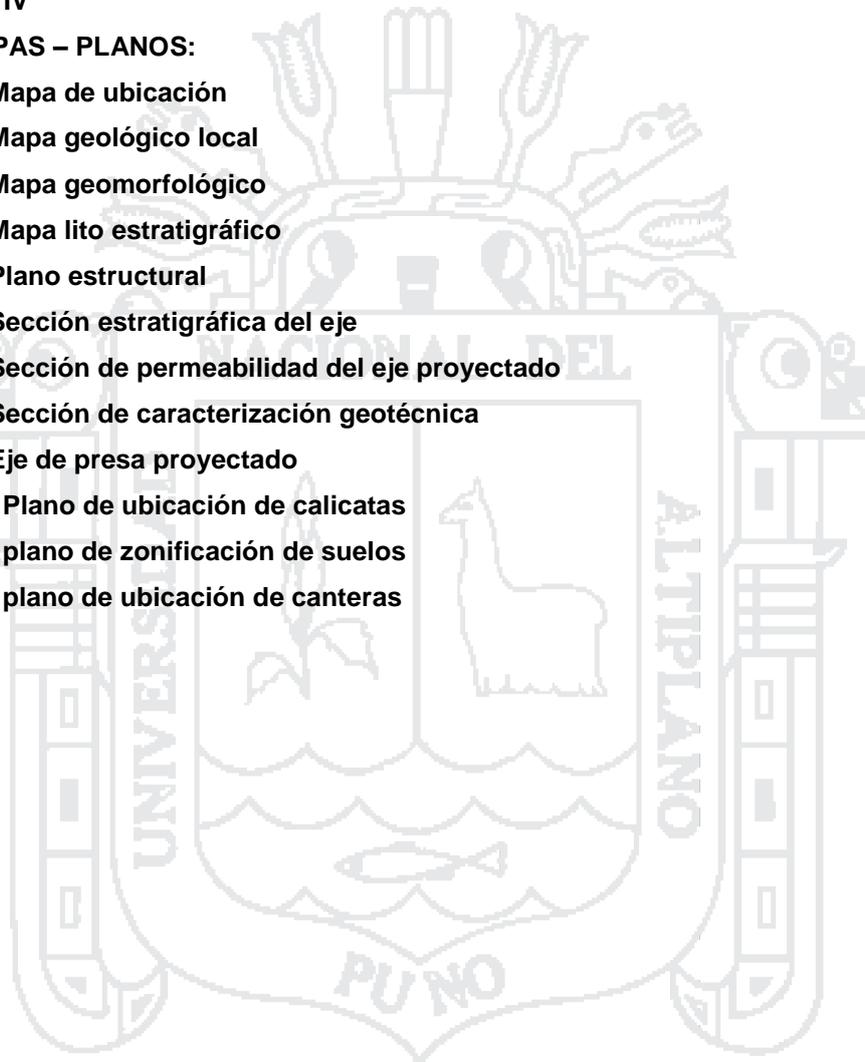
### CAPITULO VI

#### EXPOSICIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1	INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS _____	67
4.1.1	Evaluación Geológica _____	67
4.2	ZONIFICACIÓN COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE SUPERFICIE _____	72
4.2.1	Condiciones Geotécnicas del Represamiento _____	72
4.2.2	Caracterización del eje de Represamiento _____	73
4.2.3	Caracterización del Estribo Izquierdo _____	80
4.2.4	Caracterización del Estribo Derecho _____	86
4.2.5	Características Geotécnicas del Área de Embalse _____	94
4.2.6	Materiales de Préstamos _____	96
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____	106
	BIBLIOGRAFIA _____	109
	ANEXOS: _____	111

**ANEXO I****Formato de logueo geotécnico****ANEXO II****Registros de perforación****ANEXO III****Clasificación RMR****ANEXO IV****MAPAS – PLANOS:**

- 1.- Mapa de ubicación
- 2.- Mapa geológico local
- 3.- Mapa geomorfológico
- 4.- Mapa lito estratigráfico
- 5.- Plano estructural
- 6.- Sección estratigráfica del eje
- 7.- Sección de permeabilidad del eje proyectado
- 8.- Sección de caracterización geotécnica
- 9.- Eje de presa proyectado
- 10.- Plano de ubicación de calicatas
- 11.- plano de zonificación de suelos
- 12.- plano de ubicación de canteras



## LISTA DE FIGURAS

Figura N° 1: Grafica de movimientos. Petit (1957).....	21
Figura N° 2: Criterios para la nomenclatura de fallas normales con base en el Angulo Pitch de las estrías. Cox, A. y Bryan H. (1986). ....	23
Figura N° 3: Criterios para la clasificación de fallas inversas con base en el Angulo Pitch de las estrías. Cox, A. y Bryan H. (1986). ....	24
Figura N° 4: Movimientos de deformación de roca. Cox, A. y Bryan H. (1986).25	
Figura N° 5: Esquema de movimientos en una zona transcurrente. Riedel W. (1982).....	27
Figura N° 6: Esquema del ensayo SPT (Automático). Terzaghi K. y Peck R.B. (1948).....	30
Figura N° 7: Vista de afloramientos del Grupo Tacaza en el cierre del represamiento. ....	37
Figura N° 8: Vista de afloramientos del grupo Tacaza, con deposición del grupo Maure.....	38
Figura N° 9: Vista de depósitos cuaternarios dentro del área de embalse.....	40
Figura N° 10: Afloramientos de colinas altas y bajas dentro del área de investigación. ....	44
Figura N° 11: Erosión diferencial dentro del grupo Tacaza, rocas Traquiandesitas.....	47
Figura N° 12: Ejecución de perforación diamantina en el eje del represamiento. ....	51
Figura N° 13: Ejecución de pruebas de permeabilidad dentro del sondaje. ....	53
Figura N° 14: Logueo geotécnico de los sondajes diamantinos.....	57
Figura N° 15: Ámbito de estudio del vaso del represamiento – área de embalse. ....	69
Figura N° 16: Grafica del plano de falla 01 de dirección 13°NE/89°y plano de falla 02 de dirección 324°NE/87°. ....	70
Figura N° 17: Evaluación sistemática de las discontinuidades del estribo izquierdo. ....	71
Figura N° 18: Evaluación sistemática de las discontinuidades del estribo derecho. ....	71
Figura N° 19: Caracterización del eje del represamiento. ....	73

Figura N° 20: Puntos de excavación de calicatas en el eje del represamiento. 73

Figura N° 21: Evaluación geotécnica de los sondajes. .... 80

Figura N° 22: Estribo izquierdo del eje de represamiento. .... 81

Figura N° 23: Evaluación geotécnica del estribo derecho..... 87

Figura N° 24: Estribo derecho del eje del represamiento..... 88

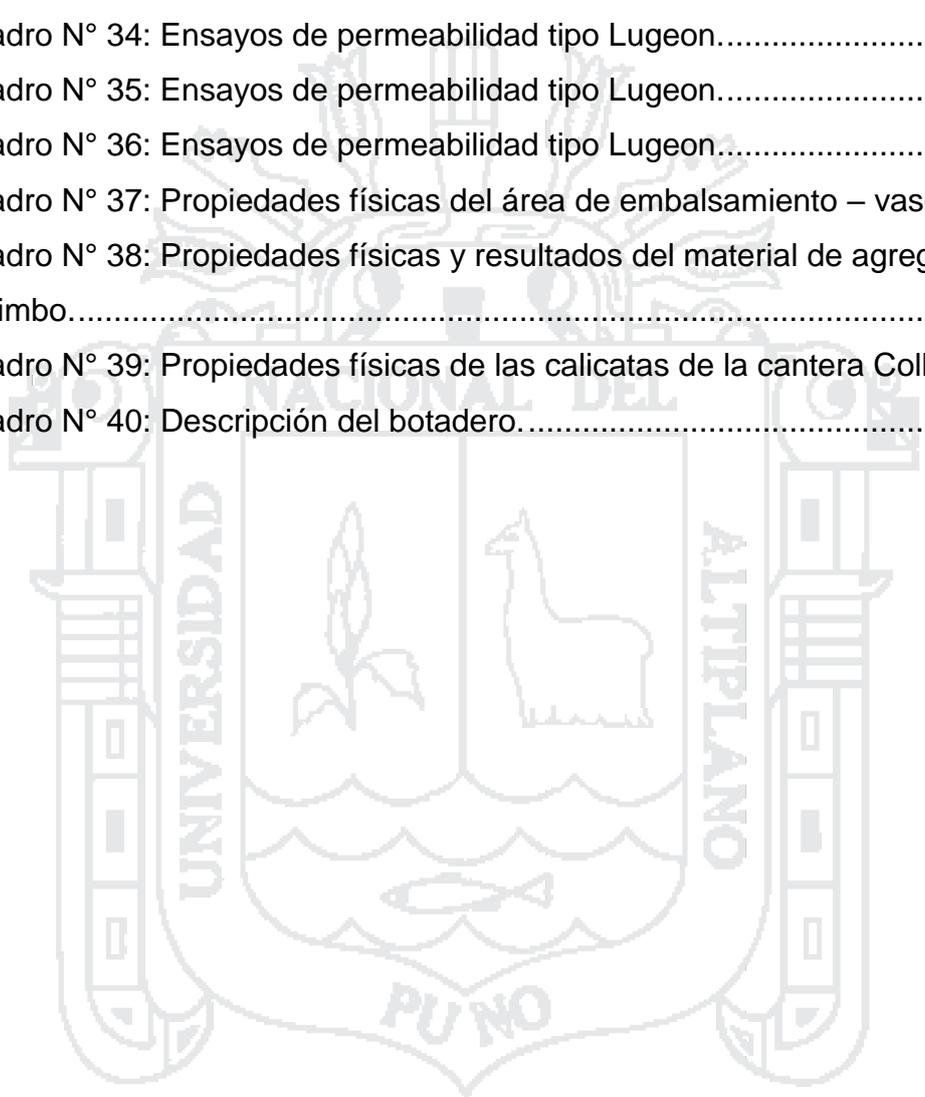
Figura N° 25: Vista panorámica de la cantera Cutimbo- rio Cutimbo..... 96



## LISTA DE CUADROS

Cuadro N° 1: Descripción estratigráfica según sus edades cronológicas. ....	16
Cuadro N° 2: Clasificación del ángulo con respecto a la horizontal de estrías. 22	
Cuadro N° 3: Clasificación de suelos según su tipo. Bañon B. L. (2015). ....	31
Cuadro N° 4: Clasificación de suelos según sus características. Bañon B. L. (2015). ....	32
Cuadro N° 5: Coordenadas del área de investigación. ....	35
Cuadro N° 6: Accesibilidad al ámbito de estudio. PRORRIDRE (2014). ....	35
Cuadro N° 7: Descripción de unidades estratigráficas. ....	45
Cuadro N° 8: Resumen de investigaciones ejecutadas. ....	49
Cuadro N° 9: Ubicación de Sondajes de perforación. ....	50
Cuadro N° 10: Descripción de sondajes perforados. ....	51
Cuadro N° 11: Descripción del ensayo SPT ejecutado en perforación Diamantina. ....	52
Cuadro N° 12: Caracterización de los materiales en los sondajes. ....	56
Cuadro N° 13: Caracterización del material del eje del represamiento. ....	56
Cuadro N° 14: Índice de RQD. ....	58
Cuadro N° 15: Rango de espaciamiento. ....	59
Cuadro N° 16: Normas técnicas ASTM, para ensayos según tipo de material. 64	
Cuadro N° 17: Ubicación de canteras del material de préstamo. ....	66
Cuadro N° 18: Descripción de la calicata C-01. ....	74
Cuadro N° 19: Descripción de la calicata C-02. ....	75
Cuadro N° 20: Descripción de propiedades físicas del eje del represamiento. 76	
Cuadro N° 21: Ensayos de penetración mecánica SPT, Sondaje PP-03. ....	77
Cuadro N° 22: Ensayos de penetración mecánica SPT, sondaje PP-04. ....	77
Cuadro N° 23: Ensayos de penetración mecánica SPT, sondaje PP-05. ....	78
Cuadro N° 24: Ensayo de permeabilidad tipo Lefranc. ....	78
Cuadro N° 25: Ensayos de permeabilidad tipo Lefranc. ....	79
Cuadro N° 26: Muestra de roca del sondaje PP-05. Según tabla de normas técnicas – ASTM. ....	79
Cuadro N° 27: Calculo de capacidad portante del estribo. ....	83
Cuadro N° 28: Ensayos de permeabilidad tipo Lefranc. ....	85

Cuadro N° 29: Ensayos de permeabilidad tipo Lugeon.....	85
Cuadro N° 30: Ensayos de permeabilidad tipo Lugeon.....	85
Cuadro N° 31: Calculo de la capacidad portante del estribo derecho. ....	90
Cuadro N° 32: Ensayos de permeabilidad tipo Lefranc.....	91
Cuadro N° 33: Ensayos de permeabilidad tipo Lefranc.....	92
Cuadro N° 34: Ensayos de permeabilidad tipo Lugeon.....	92
Cuadro N° 35: Ensayos de permeabilidad tipo Lugeon.....	92
Cuadro N° 36: Ensayos de permeabilidad tipo Lugeon.....	92
Cuadro N° 37: Propiedades físicas del área de embalsamiento – vaso.....	95
Cuadro N° 38: Propiedades físicas y resultados del material de agregado Cutimbo.....	97
Cuadro N° 39: Propiedades físicas de las calicatas de la cantera Collacachi.	101
Cuadro N° 40: Descripción del botadero.....	105



**LISTA DE TABLAS**

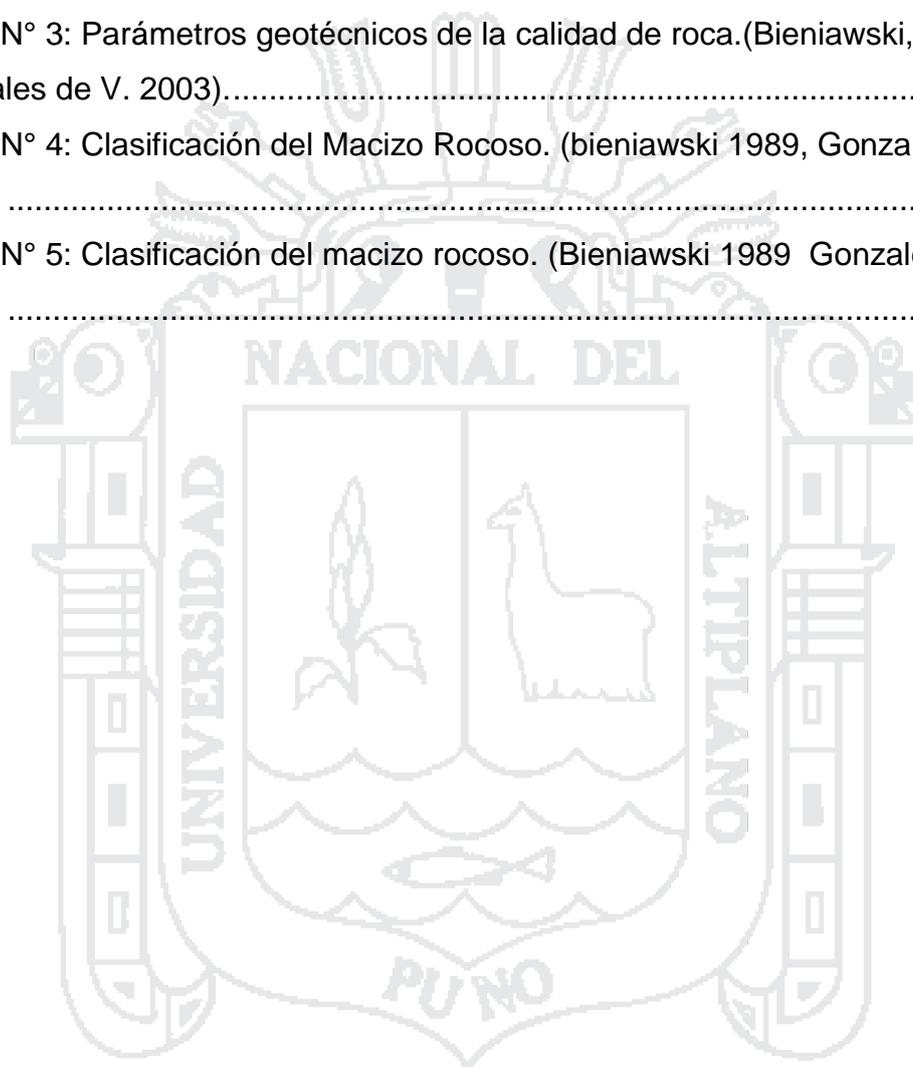
Tabla N° 1: Clasificación Geomecánica RMR. (Bieniawski,1989 en: Gonzales de V. 2003)..... 61

Tabla N° 2: Calidad de Roca.(Bieniawski, 1989 en: Gonzales de V. 2003). ..... 62

Tabla N° 3: Parámetros geotécnicos de la calidad de roca.(Bieniawski, 1989 en: Gonzales de V. 2003)..... 62

Tabla N° 4: Clasificación del Macizo Rocoso. (bieniawski 1989, Gonzales de V. 2003). ..... 82

Tabla N° 5: Clasificación del macizo rocoso. (Bieniawski 1989 Gonzales de V. 2002). ..... 89



## LISTA DE SIMBOLOS Y ABREVIATURAS

<b>CC</b>	: Centro Comunal.
<b>INGEMMET</b>	: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico.
<b>PRORRIDRE</b>	: Programa Regional de Riego y Drenaje.
<b>SAIS</b>	: Sociedades Agrícolas de Interés Social.
<b>P-Pu</b>	: Paleozoico Grupo Puno.
<b>PN-Ta</b>	: Paleógeno Grupo Tacaza.
<b>PN-Si</b>	: Paleógeno Grupo Sillapaca.
<b>Nm-ma/sed</b>	: Neógeno Mioceno del Grupo Maure, sedimentario.
<b>NQ-ba</b>	: Neógeno cuaternario Grupo Barroso.
<b>NQ-um/ba</b>	: Neógeno Cuaternario Complejo Volcánico Barroso.
<b>Ma</b>	: Millones de Años.
<b>m.s.n.m.</b>	: Metros sobre el Nivel del Mar.
<b>Q</b>	: Depósitos Cuaternarios.
<b>Qh-co</b>	: Depósitos cuaternarios coluviales.
<b>Qh-al</b>	: Depósitos Aluviales de Terrazas.
<b>Qh-bo</b>	: Depósitos Cuaternarios Bofedales.
<b>NW</b>	: Nor Oeste.
<b>NE</b>	: Nor Este.
<b>SW</b>	: Sur Oeste.
<b>SE</b>	: Sur Este.
<b>F</b>	: Fuerza.
<b>T</b>	: Extensión.
<b>P</b>	: Acortamiento.
<b>UTM</b>	: Universal Transverse mercator (sistema de coordenadas Universal).
<b>ASTM</b>	: American Society of Testing Materials (Asociación Americana de Ensayos de Materiales).
<b>SUCS</b>	: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.
<b>AASTHO</b>	: American Association of State Highway and Transportation Officials (Asociación Americana de oficiales de Carreteras Estatales y Transportes).

<b>SPT</b>	: Ensayo de Penetración Estándar.
<b>RMR</b>	: Sistema de Clasificación Rock Mass Rating.
<b>RQD</b>	: Rock Quality Designation (Porcentaje de Recuperación de Testigos).
<b>Mpa</b>	: Mega Pascales.
<b>Km</b>	: kilómetros.
<b>m</b>	: Metros.
<b>PP</b>	: Pozo Perforado.
<b>LF</b>	: Ensayo tipo Lefranc.
<b>LUG</b>	: Ensayo tipo Lugeon.
<b>GM</b>	: Gravas con Limos.
<b>SC</b>	: Arenas Arcillosas.
<b>SP</b>	: Arenas mal Graduadas.
<b>SM</b>	: Arenas Limosas.
<b>GW</b>	: Gravas bien Graduadas.
<b>ML</b>	: Limos Inorgánicos ligeramente Plásticos.
<b>CL</b>	: Arcillas Inorgánicas de Baja Plasticidad.
<b>MH</b>	: Limos Inorgánicos más Elásticos.
<b>K</b>	: Coeficiente de permeabilidad.
<b>i</b>	: Gradiente hidráulico.
<b>L</b>	: Longitud de la sección
<b>H</b>	: Altura de la sección
<b>A</b>	: Área de la sección.
<b>Ø</b>	: Angulo de fricción
<b>C</b>	: Cohesión
<b>E</b>	: Modulo de elasticidad
<b>D</b>	: Coeficiente de Poisson

## RESUMEN

El estudio de la Geología y Geotecnia del Represamiento Malcomayo - Puno 2014, está ubicado dentro de la micro cuenca del centro poblado de Collacachi, Provincia de Puno, Departamento de Puno. El estudio está enfocado a determinar la geología local dentro del ámbito de estudio, así como las características geotécnicas del represamiento.

La metodología aplicada en el proyecto de investigación consiste en realizar estudios geológicos y geotécnicos entre el cierre y el vaso, para la construcción de una presa de 145 m. de largo y 28 m., de altura de corona aproximadamente; para este proyecto se realizó 07 sondajes de perforación diamantina entre el cierre de presa y la zona de embalse, con una profundidad máxima de 56 m. en su sondaje más largo, y estudios de prospección mediante calicatas con una profundidad máxima de 03 m., lo que ha permitido realizar ensayos de permeabilidad de tipo Lugeon y Lefranc y logueos geotécnicos para la determinación de la calidad de roca; también ha permitido establecer las diferentes condiciones geotécnicas del sub suelo dentro de los niveles estratigráficos, determinados a lo largo del eje de la presa y la zona de embalsamiento.

El área de estudio presenta afloramientos de rocas volcánicas de composición traquiandesítica y depósitos sedimentarios recientes que van desde el Paleógeno hasta el Cuaternario.

El estudio geotécnico realizado dentro del cierre del represamiento, está caracterizado en ambos estribos, de acuerdo a los estudios mediante la perforación diamantina, se determinó que ambos estribos del represamiento tiene una clasificación Geomecánica RMR de roca tipo II y III, lo que indica que es regular a buena; con una permeabilidad promedio de  $10^{-7}$  a  $10^{-10}$  m/s., su porcentaje de absorción es de 0.86 a 1.87% (Bajo), su intemperismo es de 20 a 30%. Geotécnicamente el comportamiento de ambos estribos es buena para el represamiento planteado.

**Palabras Claves:** Comportamiento Geológico, Condiciones Geotécnicas, Permeabilidad, Caracterización, Niveles Estratigráficos.

## ABSTRACT

The study of the Geology and Geotechnics of the Malcomayo Reservoir - Puno 2014, is located within the microwatershed of the village of Collacachi, Province of Puno, Department of Puno. The study is focused on determining the local geology in the scope of study, as well as the geotechnical characteristics of damming.

The methodology applied in the research project consists of geological and geotechnical studies between the closure and the vessel, by the construction of a dam of 145 m. of approximately length and 28 m. of crest height; for this project has been made 07 diamond drilling drills between the dam closure and the vessel, with a maximum depth of 56 m. in its longest drilling and prospecting studies using pits with a maximum depth of 03 m., which has allowed to realize permeability tests of Lugeon and Lefranc types and, geotechnical drilling for determining the rock quality; also allowed to establish the different geotechnical conditions of subsoil within the stratigraphic levels determined along the shaft of dam and the zone of embanking.

The study area presents outcrops of volcanic rocks of traquiandesitic composition and recent sedimentary deposits that range from the paleogenic until the quaternary.

The geotechnical study realized inside the closure of the dam, is characterized in both stirrups, according to the studies by diamond drilling, it was determined that both stirrups of the dam have a RMR classification of rock type II and III, indicating that is regular to good; with an average permeability of  $10^{-7}$  to  $10^{-10}$  m/s., their absorption percentage is 0.86 to 1.87% (Low), its weathering is 20 to 30%. Geotechnically the behavior of both stirrups is good for the reservoir proposed.

**Keywords:** Geological behavior, geotechnical conditions, permeability, characterization, stratigraphic levels.

## CAPITULO I

### INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación del represamiento Malcomayo, está enfocado en la visión de almacenamiento de los recursos hídricos dentro de la cuenca del mismo nombre, el cual reúne las características físicas geológicas y geotécnicas aceptables para el cierre del represamiento, este proyecto representa de gran vitalidad en el almacenamiento del recurso hídrico de la micro cuenca, para los centros poblados aledaños al proyecto, así como para la mejora del servicio de agua potable de la ciudad de Puno.

Con el proyecto de estudio planteado se pretende preservar la crianza de animales ovinos y vacunos, así como reflotar la agricultura dentro de los centros poblados, por lo que ahora el área de influencia presenta zonas agrestes de poco uso agrícola.

La cuenca del río Malcomayo, cuyas nacientes se encuentran sobre los 4625 m.s.n.m. desde sus nacientes hasta el punto de Interés de eje del represamiento Malcomayo tiene una longitud de 19.97 km. y drena un área de 201.75 km<sup>2</sup>. El 78 % del volumen total anual que produce es descargado en el período de avenidas (diciembre a abril) y el 22 % restante es descargado época de estriaje (mayo a noviembre). Estos cálculos son estimados por los estudios hidrológicos anteriores dentro de la cuenca, Por lo que esta estructura de represamiento planteado preveé determinar un almacenamiento de un volumen útil de 30 millones de m<sup>3</sup>. De agua.

En la actualidad la ubicación del proyecto esta denotado dentro de la Provincia de Puno, dentro del centro poblado de Collacachi, Sector de Malcomayo, su accesibilidad al ámbito del proyecto es mediante una vía asfaltada y parte de trocha carrozable con una distancia de 24.5 km., al SW de la ciudad de Puno con un tiempo aproximado de 45 minutos de accesibilidad hasta el mismo proyecto.

### **1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El presente trabajo corresponde al proyecto de investigación denominado “Geología y Geotecnia del Represamiento Malcomayo”. De acuerdo a la recopilación de información disponible y la demanda de captar recursos hídricos con fines de almacenamiento y mejoramiento de los servicios de las poblaciones aledañas, se visto por conveniente realizar el presente trabajo de investigación estudios basados en las características geológicas y geotécnicas dentro del área del embalsamiento y eje de represamiento el cual ayudara a determinar los aspectos geológicos y geotécnicos de la micro cuenca de Malcomayo.

Debido a la falta de estudios básicos para la construcción de un represamiento se requiere determinar los aspectos geológicos, geomorfológicos, estructurales y geotécnicos de los materiales presentes en el área de estudio esto con el fin de ampliar y determinar la visión geológica dentro del área de estudio.

#### **Preguntas de Investigación**

- ¿Cuáles son las características geológicas y geotécnicas para determinar el represamiento de Malcomayo?

### **1.2 ANTECEDENTES**

Para la ejecución del presente trabajo de investigación se recopiló la información disponible en los centros de acopio de información regional, información que se indica a continuación:

En el periodo de (1982-1986), el INGEMMET, a través del convenio con el Reino Unido desarrolla trabajos geológicos en el sur del Perú generándose como documento final el denominado Estudio Integrado del Sur que entre otros involucra al cuadrángulo 32 V zona en la que se emplaza el área de la presente investigación

El Gobierno Regional de Puno en los años 2013 y 2014, a través de su órgano desconcentrado denominado PRORRIDRE, efectúa diversos estudios con la finalidad de ampliar la frontera agrícola de Puno, en este contexto es que se desarrollan evaluaciones de la micro cuenca hídrica de Malcomayo, planteándose la posibilidad de la construcción de un sistema integrado por represamiento y canales de conducción con la finalidad de que el recurso hídrico sea utilizado para el riego y la posibilidad de incrementar el servicio de agua potable de Puno.

El sector de Collacachi pertenecía al Señor Pedro Muñoz Najar, la reforma agraria al amparo de la Ley N° 17716, transfiere la propiedad a la SAIS Puno Ltda., en el año 1969. La SAIS Puno LTDA N° 27 estaba compuesta por 05 unidades productivas a saber: Viluyo, San Juan, San Miguel, Itapalluni y Central Collacachi, así mismo pertenecían 05 comunidades asociadas CC. Camata, CC. Camacani, CC. Sillamuri Atojja, CC. Chimuy CC. Inchupalla.

En el periodo comprendido entre 1985 y 1990, siendo presidente del Perú el Sr. Alan García Pérez, se dicta la restructuración de tierras en favor de los campesinos, formándose la comunidad campesina de Collacachi, originándose con ello un proceso de parcelación. En el año 2010 la comunidad campesina de Collacachi pasa a ser Centro Poblado de Collacachi, el mismo que continua a la fecha con la misma denominación

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

De los trabajos de campo y del reconocimiento de las condiciones geológicas y geotécnicas y determinando la necesidad de mejorar el suministro del servicio

de agua potable de la ciudad de Puno y de la producción agropecuaria en el centro poblado de Collacachi dentro del ámbito de la irrigación propuesta, se plantea el presente trabajo de investigación que desarrolla el estudio geológico y geotécnico del represamiento Malcomayo, por el cual se proyecta incorporar 750 hectáreas para la actividad agrícola y agropecuaria. El presente proyecto de investigación busca mostrar el comportamiento de las características geológicas y geotécnicas que presenta la zona de estudio con la finalidad de ser utilizado como un reservorio natural a través de la construcción del cierre de presa denominado Malcomayo

#### **1.4 HIPÓTESIS**

Las técnicas de caracterización de las condiciones geológicas y el conocimiento del comportamiento geomecánico de los materiales de fundación del eje y vaso del represamiento Malcomayo, permitirá el diseño y construcción segura de la presa.

#### **1.5 OBJETIVOS**

##### **1.5.1 Objetivo General**

Conocer la geología y determinar las características geotécnicas del área de represamiento Malcomayo, para garantizar la construcción de la presa y estabilidad del embalse.

##### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Conocer las características geológicas de la zona del embalsamiento y eje de la presa Malcomayo.
- Determinar el comportamiento geotécnico de la zona de cimentación y del vaso del represamiento Malcomayo.

## 1.6 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

La presente investigación inicia a mediados del año 2013 con los estudios básicos recopilados mediante la exploración superficial de muestreos geomecánicos de los suelos in situ y la evaluación geotécnica respectiva para una exploración mediante perforaciones diamantinas, que se han ejecutado posteriormente dentro del cierre de la micro cuenca de Malcomayo, todo este proceso con el objetivo de identificar áreas de embalsamiento de agua para épocas de estiaje dentro de toda la región de puno. Esto a cargo de una entidad del Gobierno Regional de Puno mediante el Programa Regional de Riego y Drenaje

Para la identificación del tipo de litología presente en el ámbito de estudio se tuvo que realizar la recolección de datos de campo, como identificación de unidades lito estratigráficas, contactos litológicos e identificación de fallas que puedan afectar el cierre del represamiento Malcomayo.

### 1.6.1 Etapas de la Investigación

- **Recopilación de Información**

El presente estudio de investigación recopilará gran parte de la información geológica descrita del área de estudio, se recopilará información de reportes e informes, mapas geológicos, cartas nacionales, boletines geológicos que describen el área de estudio de forma directa, así mismo los análisis de laboratorio, datos de muestreo de calicatas, logueos geotécnicos, datos de perforación y fotografías de los sondajes. Así mismo la utilización de los mapas geológicos satelitales, Google Earth, cartas nacionales geológicas del INGEMMET.

## ▪ Trabajos de Campo

De los trabajos de campo realizaremos la descripción de los caracteres geológicos estructurales mediante mapeos geológicos, mapeo estructural, toma de datos estructurales utilizando instrumentos como la brújula para determinar las estructuras geológicas mediante los indicadores de fallas propuestos por (Petit 1987), y la utilización de equipos como el GPS para determinar los puntos de las estructuras halladas en campo y luego plasmarlas en un cartografiado del área de estudio, así mismo la utilización de una cámara fotográfica para la toma de fotografías de la zona de estudio.

Para la determinación a profundidad del cierre del represamiento en la microcuenca Malcomayo se propuso realizar sondajes diamantinos enfocados geotécnicamente, esto para determinar su comportamiento geológico y geotécnico a profundidad, para ello mediante el Programa Regional de Riego y Drenaje (PRORRIDRE) se realizó en el cierre del represamiento 07 sondajes enfocados a determinar geotécnicamente la estanqueidad del represamiento, para estos trabajos de campo se utilizó maquinaria pesada especializada en realizar sondajes diamantinos de modelo de UDR 7 – 10 hidráulico, con una línea de perforación HQ con revestimiento HWT, para este trabajo de campo con estos equipos contemplo:

- El reconocimiento de eje del represamiento mediante la perforación y logueo geotécnico y diferentes ensayos de permeabilidad de suelos y rocas (Lugeon y Lefranc) para determinar la permeabilidad del embalsamiento del vaso y eje de presa, trabajo realizado por una contratista
- Se realizó ensayos de penetración – SPT

Como etapa exploratoria del área de embalse se hizo el reconocimiento en campo a todo el largo del eje de la presa y vaso, dentro de la zona de

interés para la ubicación de las trincheras (calicatas) para su respectivo estudio y muestreo, excavación de calicatas en los márgenes del eje de la presa y de acuerdo al muestreo de suelos de las diferentes calicatas se determinó el envío a laboratorio de mecánica de suelos para sus respectivos ensayos (laboratorio de mecánica de suelos y concreto – PRORRIDRE).

La Determinación de los diferentes estratos o capas de sedimentación dentro del área de influencia del embalsamiento de la presa, dependió de los cambios litológicos entre los sedimentos aportados en la microcuenca, también determinado por la distancia distribuida en el vaso del embalsamiento.

En la etapa de evaluación se tuvo diversas visitas de campo, a fin de recabar toda la información necesaria, para englobar toda descripción dentro del área de influencia realizando diferentes trabajos de campo, como se describe líneas abajo:

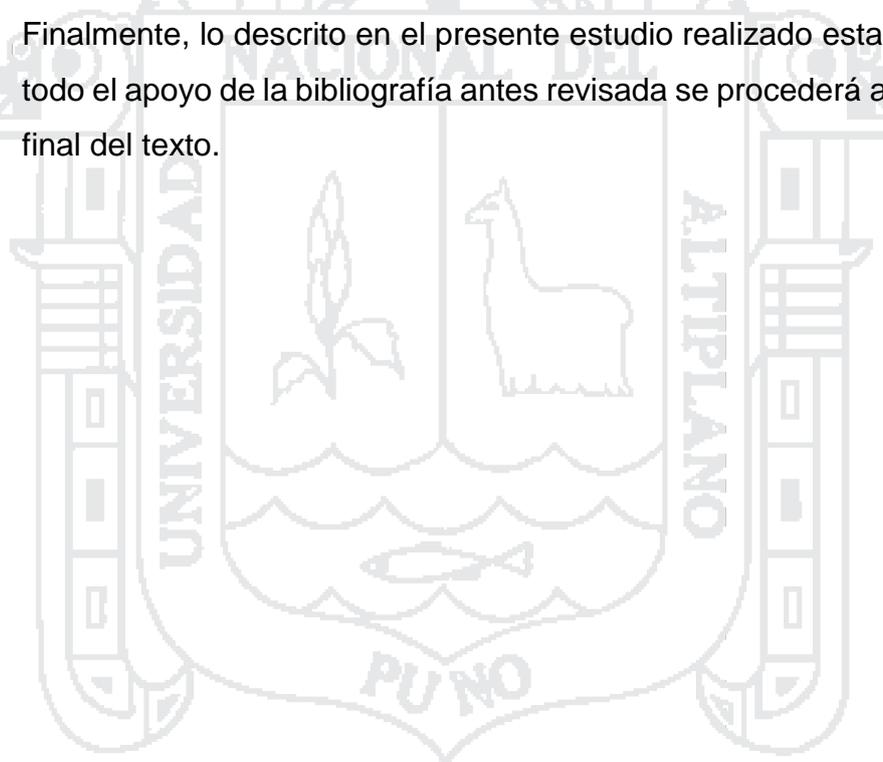
- Levantamiento topográfico de la zona a diferentes escalas (equipo técnico PRORRIDRE – trabajo de equipo externo)
- Mapeo geológico superficial de los diferentes afloramientos que contempla el área de interés.

#### ▪ **Trabajos de Laboratorio**

De las excavaciones de calicata a cielo abierto tomadas en campo, se recopilaron 17 muestras del área de embalse, estos se encuentran resumidas en el cuadro N°3.4 del capítulo III del ítem “investigaciones geotécnicas ejecutadas, este resumen nos permitió realizar los respectivos análisis de la mecánica de suelos de las muestras tomadas en el campo para su análisis y clasificación en el laboratorio del Programa Regional de Riego y Drenaje.

- **Trabajos de Gabinete Final**

Para el procesamiento de la información obtenida durante la etapa de campo, la elaboración, digitalización e interpretación de logeos geotécnicos para su análisis y comportamiento de las rocas dentro de toda el área de investigación, y los diferentes ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos, están enfocados a softwares comunes tales como es el Microsoft Excel resultados calculados mediante tablas elaboradas en este programa, los mapeos y digitalización de los mapeos están realizados mediante el programa de ingeniería denominado Arc gis versión 10.1 así como el programa de AutoCAD Versión 2014. Finalmente, lo descrito en el presente estudio realizado esta descrito con todo el apoyo de la bibliografía antes revisada se procederá a la redacción final del texto.



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

#### 2.1 MARCO TEÓRICO

##### 2.1.1 Geología Regional

El área de investigación está situada en la cordillera occidental del sur peruano, determinado por la tectónica de los andes peruanos y modelado por la geomorfología regional este presenta dentro del ámbito de estudio una litología delimitada por diversas formaciones y grupos con edades que van desde el cenozoico hasta lo más reciente, el sistema estructural está dado por lineamientos estructurales que no presentan movimientos activos dentro del área de investigación.

##### 2.1.2 Geomorfología Regional

El proyecto regionalmente se ubica dentro de la Cordillera Occidental, sobre esta se reconocen diversas unidades geomorfológicas, que son importantes para determinar la relación, morfo – litológico, del área de investigación dado que gran parte de la cadena cordillerana se encuentra conformada por rocas volcánicas, como andesitas, ignimbritas, tufos volcánicos, que por su deposición forman superficies abruptas y heterogéneas.

Las llanuras en el altiplano ocupan grandes extensiones en la región, destacándose las pampas como la meseta del altiplano, que estos son próximos

al área de investigación como son: Collacachi, Viluyo y Cutimbo caracterizándose estas áreas por estar conformados por depósitos fluvioglaciares – glaciares y residuales existiendo sectores de depresión, que son áreas de inundación en temporadas de avenida.

Los procesos geomórficos que han intervenido en la modelación fisiográfica de las actuales formas topográficas han sido los factores de erosión glaciar, procesos de erosión eólica meteorización física y química.

Las unidades geomorfológicas determinadas en la zona de estudio, se ha diferenciado bajo el criterio morfológico estructural y litológico, estas unidades se presentan como:

- Relieve Cordillerano (altas cumbres)
- Colinas Interandinas
- Laderas
- Valle Fluvioglaciar
- Lecho Aluvial.
- Zonas de pampa.

La zona de estudio presenta un relieve moderadamente accidentado, conformado predominantemente por la cadena de montañas y llanuras.

### 2.1.3 Estratigrafía Regional

En el área del Proyecto se emplazan rocas que van desde la Mesozoica (Cretáceo) Cenozoica (Neógeno – Cuaternario) y la secuencia litológica está comprendida por las siguientes unidades estratigráficas: Formación Ayabacas, Grupo Tacaza, Grupo Maure, Formación Sencca y Depósitos Cuaternarios, como lagunares y aluviales. En el presente Ítem se describen, los principales afloramientos rocosos circundantes, en un área de influencia del área de estudio. La descripción se efectúa en base a la información obtenida a partir de los informes y boletines descritos por 12. Carlotto, V. et al (2009). (ver mapa N°04).

## A. MESOZOICO

### ▪ Formación Ayabacas (Kis-ay)

El nombre viene de la localidad de Ayabacas en el cuadrángulo de Juliaca, en la Carretera Juliaca - Taraco y constituye una secuencia de calizas y capas rojas de fangolitas. En su sección típica muestra calizas masivas, gris, con orificios tabulares, intemperizadas, con una superficie áspera; las areniscas de grano fino, color rojo ladrillo, oscuro se presenta con irregularidad. Sempere (2000)

## B. CENOZOICO

### ▪ Grupo Puno (P-Pu)

Las rocas que componen este Grupo, son de origen continental deltaico y constituyen una secuencia alternada de estratos de arenisca arcoscas, arenisca feldespáticas y mantos de conglomerados mal clasificados, todas de color pardo rojizo a pardo grisáceo, estos sedimentos fueron mapeados ampliamente por Newell (1949) quien le dio a la unidad la categoría del Grupo, este aflora en el altiplano y la cordillera occidental a lo largo de dos tramos principales, una se extiende con una orientación NO – SE a lo largo del margen occidental del lago Titicaca y otra ocupa los ejes del sinclinal Mañazo y la depresión de lagunillas, definiendo una faja ubicada al NO de la ciudad de Puno. Cabrera la rosa y Petersen – (1936)

### ▪ Grupo Tacaza (PN-ta)

Regionalmente es un grupo diverso con rocas volcánicas andesíticas, fue empleado por primera vez por Jenks (1946), describiendo este grupo por una gruesa acumulación de rocas volcánicas en las proximidades de la mina Tacaza en el cuadrángulo de lagunillas. El grupo Tacaza ocupa una

gran extensión principalmente en los cuadrángulos de Chivay, Condorama, Ocuvi, Lagunillas y Pichacani, descansa casi siempre en discordancia sobre rocas del Mesozoico o del grupo Puno. Regionalmente es un grupo diverso con rocas volcánicas andesíticas teniendo en gran parte hasta un 50 % de sedimentos terrestres, las lavas son de olivino y/o augita porfirítica.

Este grupo se compone de una secuencia de lavas de composición basáltica a basaltos andesíticas, muestran laderas escarpadas con tonos medios y estratificación delgada. El grupo Tacaza está datado radiométricamente de 30 a 22 Ma. (Oligoceno), en el reconocimiento geológico del grupo Tacaza en la zona de Santa Bárbara. Se concluye que el grupo Tacaza presenta un dominio volcánico mafico del Oligoceno y un dominio volcánico félsico del Mioceno temprano, lo que representa a un Tacaza inferior (30 – 22 Ma) y un Tacaza superior (22 – 17 Ma), en sus estudios en la zona de Santa lucia, menciona intrusivos datados de 32 a 24 Ma, lo cual consideran como sin genéticos al Grupo Tacaza. Por esta razón el Grupo Tacaza es considerado una principal provincia de plutonismo del sur del Perú. Clark (1990)

- **Grupo Sillapaca (PN-Si)**

El termino se ha derivado de la cordillera Sillapaca al NO del cuadrángulo de lagunillas, nominado por Jenks y Newell (1949), usando el nombre de volcánicos Sillapaca y “Grupo Sillapaca”, posteriormente PORTUGAL (1984) introduce el término de Formación Sillapaca a lo largo de los volcánicos de la cordillera. La secuencia está dominada por lavas formando riscos, principalmente de composición dacítica a traquiandesitas. Principalmente se muestran como cordilleras cubiertas de nieve con picos por encima de los 5000 m.s.n.m.; siendo característicamente peñascos como resultado de la presión de congelamiento del agua en las grietas de las rocas. Jenks – Newell (1949).

- **Grupo Maure (Nm-ma/sed)**

El termino de formación Maure fue introducido por primera vez por Palacio M.O. et al, Esta unidad está datada en el Neógeno – Miocena, está constituido por una secuencia de sedimentos y piroclastos Pre - Grupo Barroso de sedimentos lacustres y piroclastos en el sur del Perú, constituido también por areniscas tobaceas, limolitas, arcillitas y conglomerados presenta una coloración de tonos rojizos a gris verdosos. En un ámbito regional, estos se caracterizan por presentar una interestratificación (ignimbritas, tobas, andesitas basálticas) conjuntamente con sedimentos lacustres. Las rocas se hallan acumuladas, diaclasadas, fracturados por causas de esfuerzos tensionales al consolidarse el magma. Por acción de los fenómenos de meteorismo (bruscos cambios de temperatura) las rocas sufren la alteración y disgregación de sus minerales constituyentes. El grupo aflora a lo largo de un trecho principal con orientación NW- NE, hasta de 35 km. De ancho en el área de Pichacani y algo más estrecha hacia el NW. García (1978).

- **Grupo Barroso (NQ-ba)**

J. Wilson (1962) dio el nombre de formación Barroso a una serie de rocas volcánicas que constituyen la Cordillera del Barroso. Megard. F (1978) elevó dicha formación a la categoría de Grupo definiéndola como una secuencia que comprende todas las rocas volcánicas posteriores a la formación Capillune.

En el cuadrángulo de Pichacani y siempre en se secuencia horizontal las lavas y piroclásticas del grupo Barroso suprayacen a la formación Maure y forman una cadena de piso nevados con altitudes hasta de 5348 m. se desconoce la exacta localización de las chimeneas o chimeneas principales de los cuales se han derivado los volcánicos.

A corta distancia hacia el NNE del área de San Miguel entre el villorrio de San Antonio de Esquilache y Pichacani, lavas piroclásticas del Grupo Barroso, forman una cadena de pisos nevados con altitudes hasta de 5181 m. sobre yaciendo a sedimentos de la formación Maure y a volcánicos del Grupo Barroso. J. Wilson (1962).

### C. DEPÓSITOS CUATERNARIOS (Q)

Es un conjunto de materiales residuales que se han formado por acción directa del intemperismo, erosión y de la deposición a partir de los glaciares y flujos de agua de diverso caudal, dentro del área de investigación.

#### ▪ Depósitos Coluviales Residuales (Qh-co)

Se encuentra sobre yaciendo a los depósitos aluviales de terraza, especialmente en el margen izquierdo del cauce del río, aguas abajo de la micro cuenca Malcomayo, en forma de una secuencia de arenas limosas de baja plasticidad y arcillas arenosas ligeramente plásticas.

#### ▪ Depósitos Aluviales de Terrazas (Qh-al)

Estos depósitos se emplazan en forma masiva en el margen derecho del río Malcomayo, mayormente en el área de riego dentro de las comunidades aledañas que se encuentran en las partes bajas de la micro cuenca Malcomayo, su composición comprende arcillas y limos de poco espesor (menor a 1m) y debajo arenas y gravas no consolidadas, depositadas por las corrientes de ríos, flujo de agua y corrientes laminares, se incluyen a los depósitos fluviales.

En forma general, los sedimentos están conformados por los depósitos transportados por el curso del agua, estos materiales están compuestos por gravas, arenas con una matriz limosa de color beige, sin estructura

estratificada, estos suelos son permeables a impermeables, desarrollándose estos en ambos márgenes del río Malcomayo y Cutimbo. Es importante mencionar que sobre estos depósitos se emplaza gran parte del canal principal y los laterales artesanales existentes, habiendo zonas intermedias materiales finos de formación, tipo lagunar, por la presencia de suelos finos, en ambiente tranquilo (Depósitos aluviales-lagunares).

- **Depósitos Aluviales de Cause (Qh-al)**

Estos depósitos son asociados al cauce actual del río donde existen grandes acumulaciones de arenas, gravas y guijarros todos ellos transportados que superficialmente presentan cantos y bolones de diversos tamaños.

Estos materiales prácticamente no presentan finos en su composición, por lo que constituyen materiales friables de textura granular gruesa, con un mayor porcentaje de gravas con relación a las arenas, estos depósitos están considerados como canteras de agregado.

- **Bofedales (Qh-bo)**

Los depósitos Bofedales se encuentran distribuidos en paralelo al río Malcomayo, e indistintamente en las áreas de baja pendiente, básicamente donde se establecieron los drenes superficiales.

Estos depósitos se caracterizan por la presencia de suelos con humedades permanentes, para el proceso constructivo serán reemplazados hasta los estratos convenientes.

Esta unidad estratigráfica se ubica con claridad en los canales laterales en ambos márgenes tal como se observa en el mapa geomorfológico N°03.

**D. COMPLEJO VOLCANICO (NQ-um/ba)**

En el sur del Perú existe una marcada variación a través del arco, al alejarse de la fosa, especialmente en la zona frontal entre Arequipa y la cordillera del barroso, en el estudio se reconocieron cuatro fases principales, a diferencia de estudios anteriores, el barroso es más joven y el grupo Ampato son considerados como unidades separadas. El complejo es considerado una mofo estructura datada en el Sistema Neógeno, constituido por materiales de origen intrusivo como son las lavas andesíticas basálticas, presentan una coloración gris oscura de textura fina y masiva, esta unidad lito estratigráfica se ubican en el cerro Tomaquepata, en este complejo volcánico se ubica la cantera de roca denominado San Miguel.

Cuadro N° 1: Descripción estratigráfica según sus edades cronológicas.

ERA	SISTEMA	SIMBOLO	LITOLOGIA	UNIDAD ESTRATIGRAFICA	DESCRIPCION
CENOZOICO	CUATERNARIO	Qh-al		DESPOSITOS FLUVIALES Y ALUVIALES	Bloques con matriz areno limosa con arcilla
		MQ-um/ba		GRUPO BARROSO	Lavas andesíticas basálticas
		Mn-ma/sed		GRUPO MAURE	Limo arcillitas, areniscas conglomerados, calizas lacustrinas de color marrón
		PN-si		GRUPO SILLAPACA	Tobas Brechas volcánicas, lavas, tobas riolíticos riolodacíticas.
		PN-ta		GRUPO TACAZA	Andesitas, traquiandesitas basálticas brechas.
	PALEOGENO	P-Pu		GRUPO PUNO	Conglomerado y areniscas de grano grueso, limolitas.
	CRETASICO	Kis-ay		FM. AYABACAS	Calizas dolomías grises

#### 2.1.4 Tectónica de los Andes

La tectónica de placas es el paradigma que precedentemente gobierna a gran escala nuestra comprensión de la tierra. Pero los paradigmas orientan la investigación científica a todas las escalas.

En los andes centrales, la mayoría de los estudios llevados a cabo desde más de 20 años, han admitido que el engrosamiento cortical resulta ante todo del acortamiento tectónico del margen sudamericano, y entonces que las adiciones magmáticas a la corteza han representado solo una contribución menor al engrosamiento cortical.

Desde entonces, muchos investigadores en los andes centrales han privilegiado estudios e interpretaciones favoreciendo el acortamiento tectónico; sin embargo, el espesor de la corteza no se puede explicarse por las estimaciones disponibles del acortamiento, especialmente en el arco y ante arco. Schimtz (1994) James & Sacks, (1999), Sempere (2008)

Cabe recordar que, aparte de la interacción tectónica, es decir la mecánica, de las placas convergentes, la característica de la zona de subducción es la producción de un abundante magmatismo de arco.

La simple lógica implica que los procesos tectónicos y magmáticos tendrán entonces que considerarse como dos aspectos relacionados de un mismo sistema

La creencia que los andes centrales se originaron principalmente por acortamiento ha frecuentemente sesgado la cartografía geológica, imponiendo por ejemplo que las fallas de alto ángulo o mal expuestas se mapeen sistemáticamente como fallas inversas o cabalgamientos por estas razones ciertas áreas fueron mapeadas en formas profundamente diferentes por geólogos que favorecían modelos distintos. Sempere (2000) y wörner & Seyfried (2001).

Desde entonces se ha emprendido en la revisión de la estructura geológica del sur y centro del Perú con la meta de entender mejor cual es la anatomía detallada de este segmento de los andes centrales.

EL INGEMMET mediante los estudios realizados de los dominios geotectónicos y metalogenéticos del Perú, por Carlotto.V. et al (2009), la evolución tectónica regional, está basado en los movimientos compresionales y distensionales, que han dado un modelamiento cortical mediante las manifestaciones estructurales que se denotan en el ámbito de estudio

### **A. Evolución Tectónica y Estructural Regional**

La región de Puno, tiene una historia con varias fases tectónicas. La primera fase extensional consiste en la incursión marina durante el Cretácico – Jurásico como se demuestra con la formación Ayabacas.

Esta fase está seguida por varios periodos de deformación compresiva a partir del cretácico Superior que se traduce en el levantamiento y desarrollo de la cordillera de los andes, arcos magmáticos durante el Mesozoico y Cenozoico en el sur del Perú ( $16^{\circ}$  S –  $18^{\circ}$  S),(Acosta J. (2009). Relación del volcanismo Mio – plioceno con los depósitos epitermales de Au y Ag en la cordillera occidental del sur del Perú (Arequipa, - Ayacucho – Huancavelica).

Las rocas del jurásico – Cretácico con la formación de Ayabacas, Formación del grupo Tacaza, Formación Maure y la formación Sencca, son las que afloran en el área de estudio. Es muy probable que estas se superpongan a un viejo basamento Paleozoico originados por la deposición de las formaciones emplazadas en el área de estudio.

## B. Fase Tectónica Peruana

Durante el cretáceo superior, se registró varias transgresiones marinas y fases tectónicas compresivas, interpretadas como “Fase Peruana”. Jenks (1946) – Newell (1949).

La secuencia sedimentaria de Mesozoica se vio afectada principalmente por la fase tectónica peruana compresiva, lo que condujo a la formación de pliegues con rumbo Andino, y levantamiento posterior durante el cretácico Superior. Esto fue acompañado por el emplazamiento del batolito de la costa hacia el Oeste en el Cretácico Superior. Megard (1984).

En las áreas de Laraqueri y Pichacani, esta primera fase de deformación se dio lugar mediante plegamientos de la formación Maure y la formación Sencca que son formaciones de deposición. Las cuales cubren gran parte del área de estudio más al NW – SW teniendo un contacto con la formación Tacaza presente en el cierre y parte del represamiento Malcomayo.

## C. Fases Tectónicas Incaicas

**La Fase Inca I.-** ocurrió alrededor de 59-55 Ma. Noble et al., 1985. Consiste en un evento NE – SW de compresión que principalmente reactiva las fallas de tendencia NW. De la primera fase peruana. En esta etapa los levantamientos relacionados con este evento de compresión dieron lugar a altos índices de erosión y deposición de la secuencia del grupo Puno, que consiste en capas rocas continentales (Paleógeno) en la región del altiplano.

**La Fase Inca II.-** Ocurrió alrededor de 43 – 42 Ma. Consiste en un evento compresivo NE-SW, que generó pliegues, en las secuencias sedimentarias. El Grupo Tacaza con una edad de 41 – 17 Ma. Sobre yace en grupo Puno con discordancia. El Grupo Tacaza se caracteriza principalmente por la generación de centros volcánicos que permitieron la

deposición de tobas del Eogeno tardío, erupción de lavas básicas a intermedias de afinidad alcalina.

El evento de levantamiento en el Oligoceno, producto de la Fase Inca III o Aymara, ocurrió alrededor de 27 Ma. En la segunda fase extensional, genera desplazamientos normales con un volcanismo de menor intensidad, en las partes inferiores u superiores del grupo Tacaza.

#### **D. Fase Tectónica Quechua**

La Orogenia Quechua (Neógeno) se subdivide en tres fases, que tuvo lugar en torno al 17, 8, 5 y 2.5 Ma. Respectivamente.

Fase comprensiva Quechua I (17-18 Ma.); Marca el final de la actividad volcánica del Tacaza y fue seguida por un levantamiento y activación de fallas normales. El movimiento diferencial resulto en bloques de falla concurrendo a la formación de cuencas cerradas que posteriormente se rellenaron con sedimentos lacustres del grupo Puno. Durante esta fase, el grupo Maure se acumuló en las cuencas extensionales que se desarrollaron en cada lado del basamento. Esta fase fue acompañada por el volcanismo del grupo Sillapaca presente el en área de estudio (16 a 8 Ma.), que incluye dentro de esta la secuencia lacustre del grupo Maure el cual se formó de sedimentos volcanoclasticos. Klink (1986).

La fase compresiva quechua II. Condujo a la deformación de las rocas sedimentarias del grupo Maure y el cese de la actividad volcánica del grupo Sillapaca. Después de un breve Hiato en la actividad volcánica está se reanudo con el volcanismo riolitico y dacitico del Grupo Barroso Inferior.

La fase compresiva quechua III, está asociado a una interrupción de la actividad volcánica entre el Grupo Barroso Superior e Inferior. El Grupo Barroso Superior se caracteriza principalmente por lavas andesíticas.

**2.2 MARCO CONCEPTUAL**

**2.2.1 Geología Estructural**

**2.2.1.1 Indicadores Cinemáticos de Fallas**

Como fundamento estructural, un conjunto de fallas generadas bajo un mismo estado de esfuerzo (falla maestra o principal y fallas secundarias de una estación estructural o región) Muñoz, A & De Vicente, G. (2006), deben reunir las relaciones angulares (Figura N°1). En tal circunstancia se dice que las fallas tienen compatibilidad cinemática, estos serían interpretados como fallas generadas bajo un estado de esfuerzos distintos o bien por rotación de las estructuras, según la figura se describe en: a) relaciones angulares entre las fallas maestra, secundarias y grietas de tensión. b) clivaje de falla desarrollado entre dos planos de falla. c), d), e), f) criterios de indicadores cinemáticos. Petit (1987).

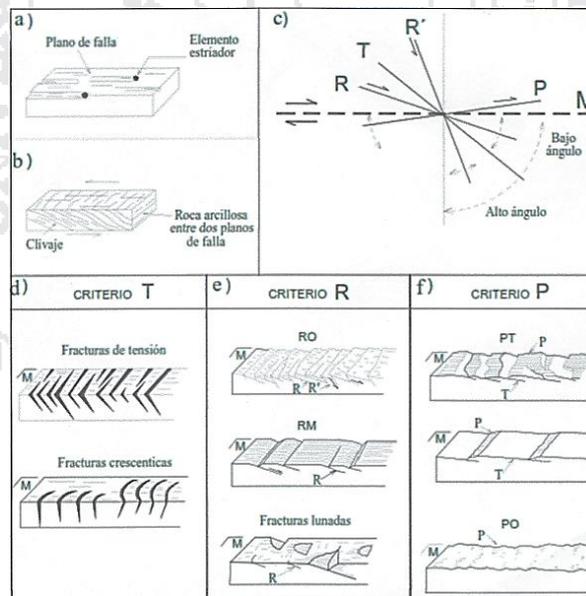


Figura N° 1: Grafica de movimientos. Petit (1957).

Se tiene tres criterios principales para la interpretación de fallas:

**El criterio T**, se emplea en fracturas de tensión, probablemente generadas por intemperismo mecánico y más antiguas que una falla Maestra, estas fracturas buzcan en dirección del movimiento de la falla maestra.

**El criterio R**, se aplica en fallas estriadas R y R' se observan sobre el plano de falla principal formando contrarios a la dirección de movimiento del bloque faltante (**criterio RO**), estos escalones que encaran al movimiento del bloque opuesto se denomina incongruentes.

**El Criterio P**, comúnmente se emplea en combinación con grietas de tensión no estriadas y se da por la alternancia de planos, uno estriado y uno sin estrías, que generan escalones incongruentes estriados o congruentes

### 2.2.2 Análisis Cinemático de Fallas

La nomenclatura utilizada para clasificar las fallas se basa en el ángulo Pich que tiene las estrías sobre el plano de falla de acuerdo a la clasificación. Oyarzún R. & Doblas M. (2004). de esta forma se define en el cuadro N°2.

**Pitch.** - es el ángulo formado entre la horizontal y la dirección de estría. Lo que permite clasificar el sentido de fallas conjugadas respecto al ángulo.

Cuadro N° 2: Clasificación del ángulo con respecto a la horizontal de estrías.

MOVIMIENTO	PICH
Movimiento lateral	$>10^{\circ}$
Lateral con componente normal	$10^{\circ}$ a $45^{\circ}$
Normal con componente lateral	$45^{\circ}$ a $80^{\circ}$
Normal	$>80^{\circ}$
Lateral con componente inverso	$10^{\circ}$ a $45^{\circ}$
Inverso con componente lateral	$45^{\circ}$ a $85^{\circ}$
Inversa	$>80^{\circ}$

Los datos de los planos de falla y los Pich, se determinan mediante el método Fault Kim de Alimendingeer, dicho método consiste en un análisis cinemático de

una población de fallas que genera graficas de P&T (presión – tensión), con un principio similar a las gráficas de mecanismo focal utilizados en sismología. El nombre de la gráfica P&T alude a los términos de esfuerzo, sin embargo la construcción de la gráfica de mecanismo focal, se realiza con base en criterios de deformación, infinidad de pruebas de laboratorio con especímenes de roca sometidas a prueba de compresión con una fuerza aplicada en dirección vertical (figura N° 2), han demostrado la deformación de la roca mediante acortamiento en sentido vertical y alargamiento en el sentido horizontal, sobre todo considerando un circulo dentro del espécimen que se deforma a elipse durante la prueba; el progreso de la prueba hasta provocar el rompimiento de la roca evidencio la formación sistemática de micro fallas a un ángulo de 30° a 45° con respecto a la aplicación de la fuerza (F). Suarez B, L.O. (2016),

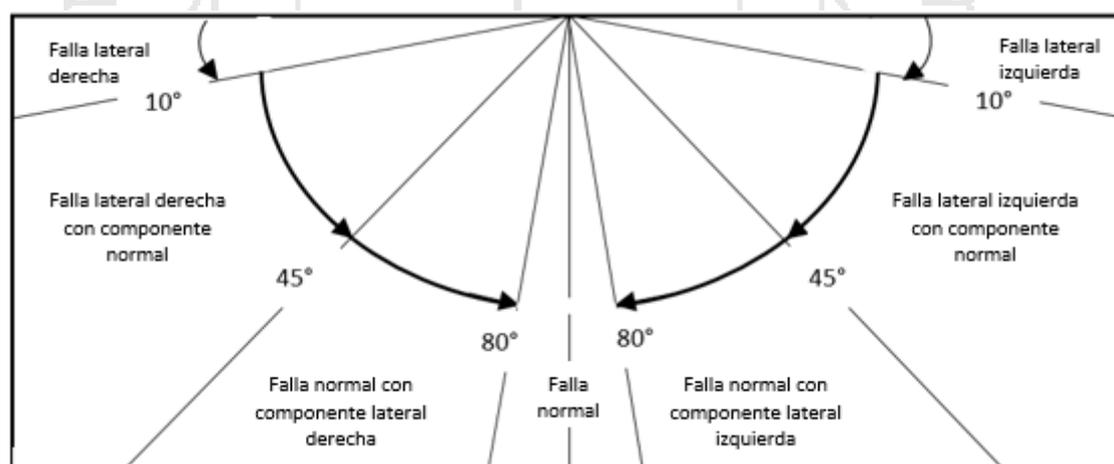


Figura N° 2: Criterios para la nomenclatura de fallas normales con base en el Angulo Pitch de las estrías. Cox, A. y Bryan H. (1986).

- **Falla normal.** - también llamada directa o de gravedad. Se caracteriza porque el plano de falla buza hacia el labio hundido. Se genera como respuesta a esfuerzos distensivos (ver figura N°2).

Los bloques que se desplazan reciben el nombre del bloque o labio levantado y bloque o labio hundido inclinado el sentido relativo del movimiento de un bloque respecto al otro.

La superficie a largo de la cual se produce el movimiento es la superficie o plano de falla y el valor total del desplazamiento medido sobre el plano es el salto de falla, que puede tener componentes en varias direcciones del espacio. Si el salto se manifiesta en la superficie topográfica hablamos de escarpe, cuya magnitud puede diferir del salto por efecto de la erosión.

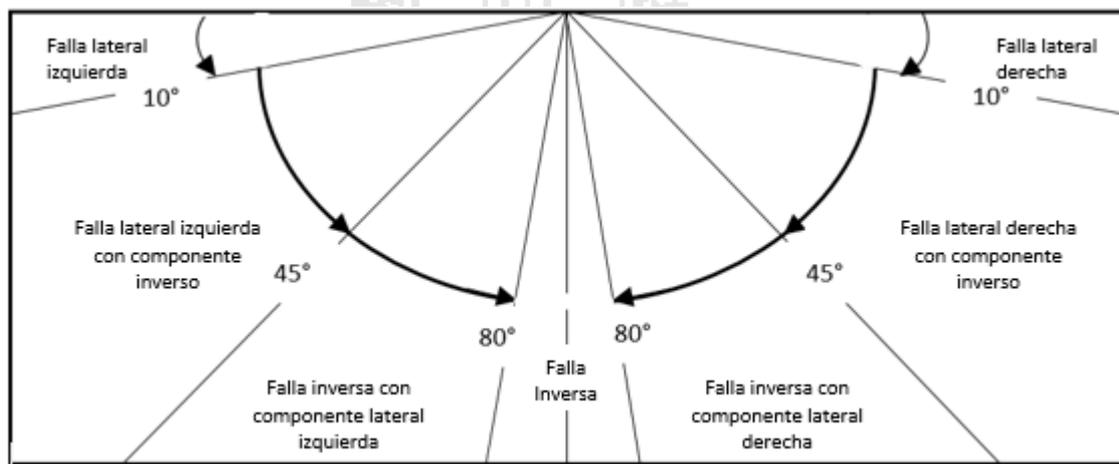


Figura N° 3: Criterios para la clasificación de fallas inversas con base en el Angulo Pitch de las estrías. Cox, A. y Bryan H. (1986).

- **Falla inversa.** - en este caso el plano de falla buza el labio levantado. Ocurre como consecuencia de esfuerzos compresivos (ver figura N°3).

La superficie de falla suele presentar un buzamiento elevado o ser prácticamente vertical, en las fallas inversas ese plano suele ser muy tendido, con buzamiento bajo. Por debajo de  $45^\circ$  se habla de cabalgamientos y si el buzamiento no alcanza los  $10^\circ$  reciben el nombre de mantos de corrimientos, en los que el desplazamiento suele además ser de gran magnitud, la deformación de una muestra de roca, indicando ejes de extensión y acortamiento la posterior formación de un plano de falla constituye un Angulo de  $45^\circ$  con respecto a la fuerza  $F$ . Constituye el plano nodal  $1^\circ$  a  $90^\circ$  estos movimientos se grafica un plano auxiliar que constituye el segundo plano nodal, los planos nodales definen como campos de extensión (T) y acortamiento (P).

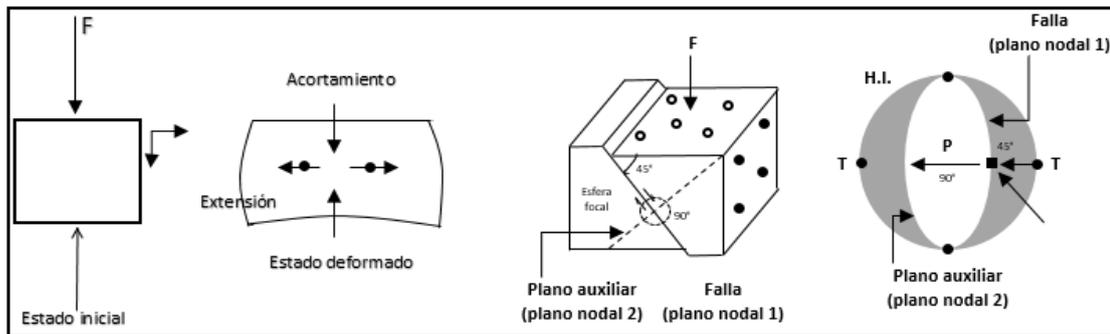


Figura N° 4: Movimientos de deformación de roca. Cox, A. y Bryan H. (1986).

La aplicación del modelo de mecanismo focal a una falla como las observadas en el área de estudio, requiere conocer los planos nodales y el plano de movimiento de la falla (ver figura N°4), sobre el que se debieron llevar a cabo las direcciones de máximo acortamiento y extensión, el plano de la falla constituye el primer plano nodal y el segundo plano nodal se genera tomando a la estría del plano de falla, representada por el Pitch, como el polo dicho plano nodal. La estría constituye el indicador cinemático del desplazamiento de la falla por lo que se utiliza para generar el plano de movimiento junto con el polo del plano de falla.

Las direcciones del máximo acortamiento y extensión se localizan sobre el plano de movimiento de la falla a  $45^\circ$  de los planos nodales ( $0$  a  $45^\circ$  a ambos lados de la estría), con ayuda de una esfera focal conceptual ubicada en la intersección de los planos nodales y las direcciones de desplazamiento de la falla, se definen los cuadrantes donde operan la extensión (T) y el acortamiento (P) (figura N° 4). Construida así la gráfica, los ejes P y T son equivalentes a los vectores de desplazamiento de esa falla por lo que dichos ejes son fundamentalmente de naturaleza cinemática y representan los ejes principales del tensor de deformación incremental de la falla. Es importante destacar que este método se basa en el indicador cinemático que constituye la estría y el plano de falla que la contiene, de tal forma que el proceso de estos elementos estructurales que constituyen una deformación no debería proporcionar un resultado en términos de esfuerzo. Con base en esta conclusión se toma como adecuado el método de Alimendingeer para el análisis estructural de las fallas identificadas en la región que proporcionan resultados en términos de deformación.

La metodología de Marret y Alimendingeer, para obtener las direcciones principales de distorsión consiste en trazar en la red estereográfica la ciclo gráfica del plano de la falla (figura N° 4), también se grafican el polo y la estría el ciclo grafica que une estos dos elementos define el plano de movimiento de la falla. Para el caso de una falla normal, sobre el plano de movimiento entre el polo de la falla y la estría (a 45° de ambos), se ubica en posición del eje P o dirección de acortamiento y a 45° del polo, en el otro cuadrante, el eje T o dirección de extensión. La posición de los ejes de acortamiento P y extensión T, se invierten en el caso de una falla inversa (figura N° 3).

### **2.2.3 Análisis Grafico De Fallas**

#### **2.2.3.1 Relación Grafica De Fallas En El Modelo De Cizallamiento**

Los modelos de cizallamiento han sido obtenidos desde Riedel W. (1982), a partir de múltiples observaciones de ensayos en el laboratorio de mecánica de rocas o en zonas de cizallas naturales. Estos autores determinaron 2 tipos de fallas a las que denominaron R1 y R2, posteriormente fueron denominadas como falla sintética y antitética, .en la figura N° 5, se muestra (A) Deformación asociada con el cizallamiento simple en una zona transcurrentes, (B) Modificación del (A) por la continuación de cizalla simple, las fallas del (B) en color gris, adquieren movimientos transcurrentes (negro), (C) incremento mayor del cizallamiento conduce a la inversión (negro) de las anteriores fallas normales (color gris). Las estructuras originadas por los movimientos transcurrentes (Figura N° 5) son:

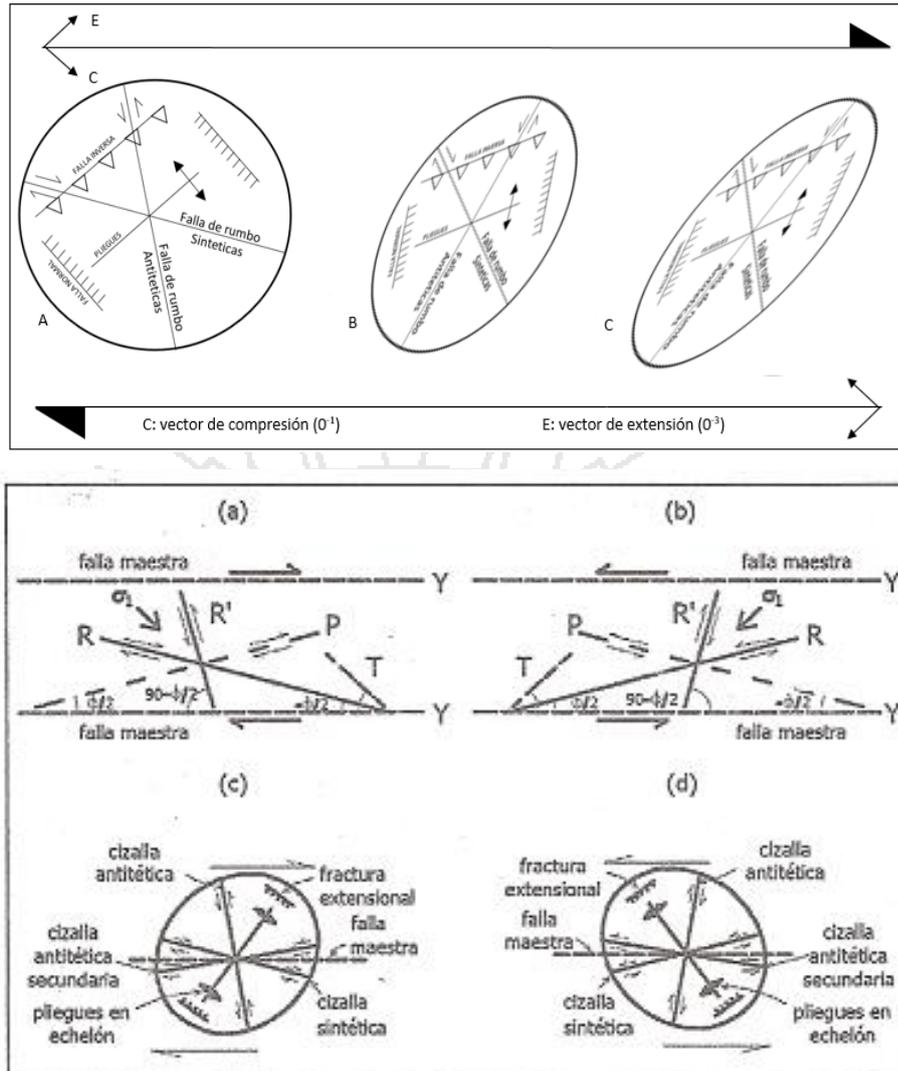


Figura N° 5: Esquema de movimientos en una zona transcurrente. Riedel W. (1982).

- **Fallas sintéticas**, se forman a unos  $12^\circ$  a  $18^\circ$  con el límite de los bloques o de la dirección de movimientos del sistema transcurrente y tienen el mismo sentido de desplazamiento del dicho sistema.
- **Fallas antitéticas** se forman a unos  $72^\circ$  a  $78^\circ$  con respecto a la dirección de los bloques, su movimiento es al contrario de las fallas sintéticas.
- **Fallas normales e inversas**, se presentan en forma oblicua al sistema de fallas mayor, las fallas inversas son perpendiculares a la dirección del esfuerzo principal y las fallas normales paralelas (figura N° 5). al seguir el cizallamiento, una falla inversa cambia de orientación y adquiere un

movimiento inverso con componente de transcurrente (figura N° 5). Si sigue el cizallamiento, la falla inversa rota y se convierte en falla transcurrente puro con su desplazamiento en el mismo sentido que el desplazamiento del sistema mayor, o sea pasa a ser una falla sintética. En cambio, una falla normal pasa a ser antitética.

- **Los pliegues** se encuentran paralelos a las fallas inversas debido a un acomodo del componente de acortamiento es una deformación dúctil asociada a fallas inversas.
- **Lineamientos** es una expresión de rasgos estructurales subyacentes que pueden comprender, vales controlados por formaciones de fallas o de diaclasas, frentes de cadenas montañosas, cadenas de colinas, zonas de falla, zonas de fractura, fisuras de erupción volcánica, estos se localizan por un estudio detallado.

#### 2.2.4 Ensayos De Penetración Estándar S.P.T.

El ensayo está dado por la norma ASTM D1586, ensayo de penetración estándar S.P.T. El equipo empleado ha contado con un sistema que, al deslizar el martillo y el equipo de izado, este llega a una altura efectiva necesaria que suelta todo el cuerpo de la masa de acero de manera efectiva y rápida. El sistema de extracción y colocación de las barras de SPT se ha efectuado a través de un sistema de sobredimensionamiento de acoples entre tubos.

Los ensayos de penetración estándar se realizan exclusivamente en suelos finos, en suelos granulares finos con un contenido de grava de hasta 5%, lo que garantiza la confiabilidad de los resultados de resistencia a la compresión simple obtenidos, no es conveniente hacerlo en suelos gravosos o en suelos granulares finos con contenido de gravas gruesas.

La prueba consiste en hincar el penetrometro estándar 45 cm empleando una masa de golpe de 63.5 Kg(martillo), con una caída libre de 75 cm, contando el

número de golpes para 3 intervalos de tramos de 15 cm cada uno, se define la resistencia a la penetración como el número  $N$  de golpes en los últimos 2 tramos (30 cm), no se considera los primeros 15 cm por considerarse una zona de alteración por perforación y por lo tanto no representativa.

El número  $N$  de golpes es corregido cuando los ensayos son realizados por debajo del nivel freático, en arenas limpias y arenas limosas. Asimismo, es recomendable hacer estos ensayos en sondeos de diámetro no menores a 75.6 mm ni a perforaciones mayores a 20 m salvo que se cambie el diámetro de la tubería de ensayo (ver figura N° 6).

Una vez extraída la muestra representativa del suelo del SPT y la medida de dicho suelo, mediante el muestreador de tubo partido, así como todas las muestras de suelos obtenidas de la perforación han sido clasificadas de acuerdo con el criterio de campo del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), esta clasificación está sujeta a modificaciones cuando se determinen las características de plasticidad en el Laboratorio.

La correlación empírica entre  $N$  y la consistencia de suelos cohesivos (de muy blanda a durísima) define la posible resistencia a la compresión simple, asimismo  $N$  esta correlacionada a la compacidad de suelos granulares (de suelta a muy densa).

La variabilidad de los valores de  $N$  producidos por diferentes equipos de perforación y operadores, puede evaluarse midiendo la parte de energía del martillo liberada sobre la tubería de perforación del muestreador, y ajustando el valor de  $N$  sobre la base de energías comparativas.

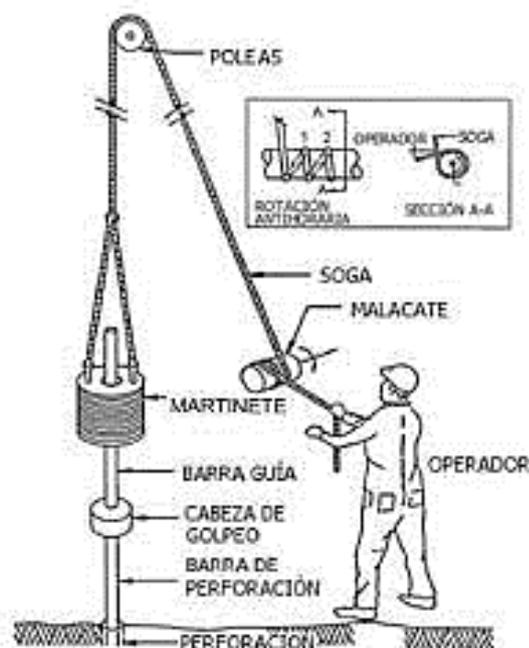


Figura N° 6: Esquema del ensayo SPT (Automático). Terzaghi K. y Peck R.B. (1948).

### 2.2.5 Ensayo con Cono Peck (L.P.T.)

Según norma ASTM D 1586 (1967). Relación entre  $N$  de SPT y “ $c$ ” de cono de Peck, para arenas y gravas  $N=0.5c$ , (en ambos casos se mide el número de golpes por 15 cm de penetración)

Equipo de penetración estática:

- Tubería de acero de 1 m y barras solidas interiores concéntricas.
- Punta cónica (de 3.6 cm y 3.57 cm de diámetro y 10 cm<sup>2</sup> de área).

Se transmite la fuerza a través de las barras interiores y está al cono midiendo cada 15 cm la resistencia por punta y/o fricción.

Se encuentra montada en el extremo inferior de una funda deslizante de 9.9 cm de longitud, el cono penetra debido a la fuerza axial y se mide la presión que transmite en la punta.

**2.2.6 Mecánica de Suelos**

Los métodos para la investigación de suelos y rocas según Bowles, E. (1982), con base en procedimientos normados, adecuados al muestreo nos permitirá la determinación de las condiciones del suelo y roca de acuerdo a la correlación de sus respectivos datos de sus propiedades del suelo, como plasticidad, permeabilidad, peso unitario compresibilidad resistencia a la gradación; y de la roca como resistencia, estratigrafía, estructura y morfología.

El estudio de la mecánica de suelos, permite determinar aspectos básicos de la geotecnia para estimar parámetros de cálculo que nos permita interpretar los tipos de suelos, de acuerdo a los horizontes que se tiene en el sub suelo mediante normas técnicas internacionales y de acuerdo a la clasificación SUCS que es un método normado (ver cuadro N° 3).

- **Clasificación de Tipos de Suelos**

La clasificación de tipos suelos de acuerdo a su composición y sus propiedades físicas se clasifican en:

Cuadro N° 3: Clasificación de suelos según su tipo. Bañón B. L. (2015).

TIPO DE SUELO	PREFIJO	SUB GRUPO	SUFIJO
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Limite liquido alto(>50)	L
Turba	Pt	Limite liquido bajo (<50)	H

En función de los símbolos, se pueden establecerse diferentes combinaciones definen uno y otro tipo de suelo:

Cuadro N° 4: Clasificación de suelos según sus características. Bañon B. L. (2015).

SIMBOLO	CARACTERISTICAS GENERALES		
GW	GRAVAS (	LIMPIAS(Finos<5% )	Bien graduadas
GP			Pobremente graduadas
GM		CON FINOS (Finos >12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW	ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (finos<5%)	Bien graduadas
SP			Pobremente graduadas
SM		Con finos (finos>12%)	Componente limoso
SC			Componente arcilloso
ML	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50)	
MH		Alta plasticidad (LL>50)	
CL	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50)	
CH		Alta plasticidad (LL>50)	
OL	SUELOS ORGANICOS	Baja plasticidad (LL<50)	
OH		Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

▪ **Ensayos de Laboratorio**

De los muestreos obtenidos de campo se determina mediante un muestreo sistemático los tipos de horizontes, dentro de las calicatas o trincheras. Los cuales se determinarán mediante los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos su tipo de clasificación de horizonte a horizonte, esto según a las normas técnicas internacional establecidas para la mecánica de suelos, según sus características mostradas en el cuadro N° 4.

Los ensayos requeridos para la evaluación del tipo de suelos que se tiene dentro del represamiento de Malcomayo son los siguientes:

- Análisis granulométrico SUCS (ASTM – D422)
- Humedad –natural (ASTM – D216)
- Limite liquido (ASTM – D423)
- Limite plástico (ASTM – D424)
- Corte directo (ASTM – D3080)
- Proctor modificado (ASTM – D698)
- Durabilidad con Sulfato de Magnesio (Agregado grueso y fino) (ASTM-C-88)
- Ensayo Triaxial (ASTM – D2850)



## CAPITULO III

### CARACTERIZACION DEL AREA DE ESTUDIO

#### 3.1 UBICACIÓN

El proyecto de investigación Políticamente está Ubicado en:

- Región : Puno
- Departamento : Puno
- Provincia : Puno
- Distrito : Puno
- Comunidad : Collacachi
- Paraje : Malcomayo

El ámbito de estudio geográficamente está ubicado en la micro cuenca de Malcomayo, que pertenecen a la provincia de Puno; ocupa parte de la meseta altioplánica según el siguiente detalle:

- **Cuenca** : Rio Malcomayo
- **Sub Cuenca** : Rio Malcomayo
- **Sistema Integral Hídrico** : Rio Malcomayo
- **Región Natural** : Sierra (Altiplano de Puno)

El proyecto presenta las coordenadas geográficas siguientes:

- 15°58'51.90" Latitud Sur
- 70°02'24.69" Latitud Oeste

Ubicada dentro de las coordenadas UTM según cuadro N°5:

Cuadro N° 5: Coordenadas del área de investigación.

DETALLE	VERTICES			
	N°	ESTE	NORTE	COTA
COORDENADAS UTM	1	389293	8233135	3986
	2	388041	8232236	3957
	3	389251	8234852	4228
	4	383112	8236527	4038
DATUM WGS84/UTM – Z-19				

### 3.2 ACCESIBILIDAD

Desde la ciudad de Puno, la vía para llegar a la zona del proyecto es por la carretera asfaltada hacia el departamento de Moquegua en el Km 17, hasta el puente del río Malcomayo y luego por una trocha Carrozable hasta el eje de la presa, donde también empieza el área de riego y del mismo canal principal existente. Ver el siguiente cuadro N° 6:

Cuadro N° 6: Accesibilidad al ámbito de estudio. PRORRIDRE (2014).

N°	TRAMO	DISTANCIA (Km.)	TIPO DE VEHICULO	TIEMPO (min.)	TIPO DE VIA	VIA PRINCIPAL
1	Puno-Malcomayo	17	Camioneta	20	Asfaltada	Puno – Moquegua
2	Malcomayo-Eje de Presa	2.5	Camioneta	7	Trocha Carrozable	Camino Vecinal
3	Malcomayo-C.P. Collacachi	5	Camioneta	10	Trocha Carrozable	Camino Vecinal
	<b>TOTAL</b>	24.5 Km.	Camioneta	47 min.		

### 3.3 GEOLOGIA LOCAL

La zona del proyecto presenta unidades lito estratigráficas bien definidas, también presenta 10 unidades geomorfológicas divididas en tres sistemas siendo la mayor importancia el sistema fluvial por el área donde se emplazarán el vaso y el cierre del represamiento Malcomayo (ver mapa N°02).

Los afloramientos rocosos en el área corresponden a rocas traquiandesitas del grupo Tacaza (PN- Ta) de edad paleógeno, lavas andesíticas del grupo Barroso (NQ – Ba) de edad Neógeno, y la formación Maure (Nm-ma/sed), correspondiente de la edad del cenozoico su composición está conformado por sedimentos lacustrinos.

El material cuaternario depositado en la micro cuenca, es de origen fluvial cubierto en algunas áreas por material eluvial, compuesto por sedimentos heterogéneos.

La geología estructural dentro del ámbito de estudio, está conformado por dos fracturas locales que cruzan el eje del represamiento, estos son originados por el tectonismo regional que originaron el modelamiento actual del área de estudio, teniendo como resultado

### **3.3.1 Estratigrafía Local**

La estratigrafía presente en el ámbito de estudio está compuesta por rocas de edad Paleógeno – Neógeno, los cuales se han determinado formaciones del Cenozoico (Neógeno – Cuaternario). La secuencia litológica local comprende las siguientes unidades estratigráficas: Grupo Tacaza, Grupo Maure, Grupo Barroso y Depósitos Cuaternarios, como depósitos coluviales, depósitos aluviales, depósitos aluviales de cause. (Ver plano N° 04).

#### **A. CENOZOICO**

##### **▪ Grupo Tacaza (PN-ta)**

El Grupo Tacaza está representado por un potente paquete de roca volcánica, correspondiente al Oligoceno Superior – Mioceno inferior es al fase Cenozoica más antigua, este grupo descansa en discordancia angular con los conglomerados del grupo Puno, se constituye generalmente en las zonas altas con topografía suave, a veces

interrumpida por escarpas formados por derrames recientes de los flujos lávicos, presenta un dominio volcánico mafico, de lejos muestra un color rojo uniforme, cuya monotonía se rompe en algunos casos por unas fajas blancas correspondientes a bancos de tufos volcánicos, que se sobreponen dentro de la formación. La génesis del grupo Tacaza considera un proceso de tres etapas:

- 1) Fusión de la placa descendente de composición, para producir un magma primario.
- 2) Ascenso de este magma a la corteza y cristalización fraccional y un agotamiento de los elementos traza de transición.
- 3) Un cambio en el proceso de cristalización fraccional.

Las rocas que componen esta serie volcánica son esencialmente coladas de andesitas y traquiandesitas porfirítica, tufos de grano fino a veces brechoide, su edad es solamente inferida en base a su posición estratigráfica. (Figura N°7)

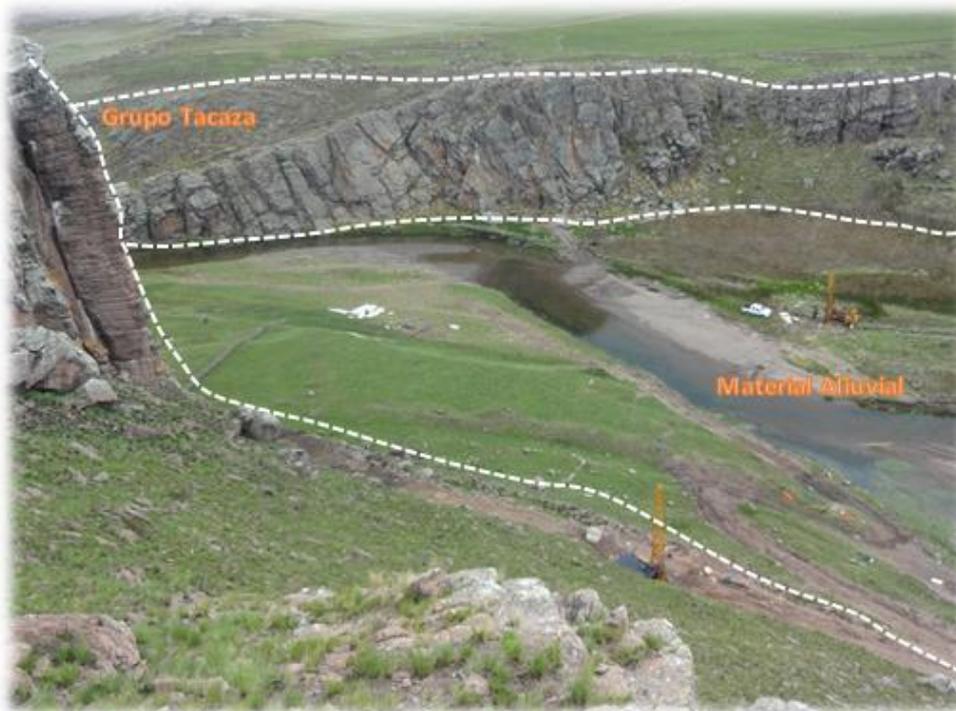


Figura N° 7: Vista de afloramientos del Grupo Tacaza en el cierre del represamiento.

- **Grupo Maure (Nm-ma/sed)**

Consiste de una secuencia de sedimentos lacustres bien estratificada de tobas depositadas en agua, intercaladas con arenisca tobaceas y limolitas tobaceas.

Dentro del área de estudio aflora el grupo Maure sobrepuesta en el estribo derecho del cierre del represamiento, concordante con el estribo izquierdo, esté conformado por lavas del grupo Tacaza, esto significa que antes del emplazamiento del complejo hubo una fuerte deformación por el tectonismo y etapa de erosión en rocas del grupo Maure. (Figura N°08)



Figura N° 8: Vista de afloramientos del grupo Tacaza, con deposición del grupo Maure.

- **Grupo Barroso (NQ – ba)**

Considerado como el vulcanismo posterior al evento Sillapaca y Maure. En el cuadrángulo de Pichacani y siempre en secuencia horizontal, las lavas y piroclásticas del grupo Barroso suprayacen a la formación Maure

y forman una cadena de pisos nevados con altitudes hasta 5348 m. de flujos de lava andesíticas de color gris claro con fenos de plagioclasas y piroxenos, están sobre yacidos por aproximadamente 200 m. de bloques de tobas, pobremente consolidados y sorteados, conteniendo bloques de hasta 0.5 m. de selección de lavas andesíticas. Se desconoce la localización exacta de las chimeneas de las cuales se han derivado los volcánicos.

Por estas consideraciones se asigna al Grupo Barroso una edad comprendida entre el Plioceno y el Pleistoceno, cabiendo a la posibilidad de que sea únicamente Pleistoceno y correlacionable con el Volcánico Sillapaca.

## **B. DEPOSITOS CUATERNARIOS (Q)**

Son depósitos como los coluviales, aluviales y aluviales de cause, que se encuentran en la micro cuenca de Malcomayo, estos depósitos están compuestos de materiales transportados producto de la erosión de los materiales intemperizadas en las partes altas de las colinas, (ver mapa N°03) dichos depósitos se describen seguidamente:

### **Depósitos Coluviales (Qh-co)**

Se encuentra sobre yaciendo a los depósitos aluviales de terraza, en forma de una secuencia de arenas limosas de baja plasticidad y arcillas arenosas ligeramente plásticas.

### **Depósitos Aluviales (Qh – al)**

Es la acción fluvial del cauce de los ríos, su espesor de deposición del material transportado puede ser variable en lo que aporta la cuenca y esto depende del tipo de drenaje y la capacidad de transporte de los granos del material erosionado (ver Figura N°9).

Se han mapeado como depósitos aluviales, a los conos de escombros erosionados y a los resultados de la alteración “in situ” de las rocas, incluyendo estos últimos a los depósitos de arena del Grupo Barroso, cuyas arenas no parecen haber sufrido un transporte importante, pese a los persistentes e intensas erosiones diferenciales en el área.

### Depósitos Aluviales De Cauce (Qh-al\_C)

Corresponden a depósitos asociados al cauce actual del río donde existen grandes acumulaciones de arenas, gravas y guijarros que superficialmente presentan cantos y bolones, la presencia de arenas limonitas y gravas en condiciones re trabajadas.

Estos materiales prácticamente no presentan finos en su composición, por lo que constituyen materiales friables de textura granular gruesa, con un mayor porcentaje de gravas con relación a las arenas, estos depósitos están considerados como canteras de agregado (ver Figura N°9).



Figura N° 9: Vista de depósitos cuaternarios dentro del área de embalse.

### 3.3.2 Geología Estructural

Los factores estructurales dentro del ámbito de estudio, se ha producido por una fuerte actividad tectónica originada por los movimientos orogénicos Andinos (Cretáceo Superior – Terciario) por lo que ha sufrido una modificación ligera de su forma y estructura original,

Esté ocasionando fallamientos, diaclazamiento y lineaciones y en algunos casos procesos de metamorfización de las formaciones sedimentarias, presentes en el área. Ocasionando cambios en la posición y composición química del material rocoso y del suelo.

Los afloramientos volcánicos del grupo Tacaza, Maure y el grupo Barroso, emplazados en el área de estudio, presentan una pseudo estratificación ligeramente inclinada en ambos estribos de la roca aflorante en el eje del represamiento, producido por el tectonismo, los fallamientos que se tiene en el ámbito de estudio, se deben más a los procesos de distensión moderados sufridos durante la orogénesis andina, lo cual ha dado lugar a las grandes inflexiones en el terreno, que combinados con los procesos erosivos tales como hidrológicos y diferenciales, han originado la actual cuenca del río Malcomayo que son alimentados por los ríos Itapalluni, Querune y San Miguel.

En el ámbito de estudio y eje del represamiento, no se observan evidencias de grandes fallamientos activos, dentro de las diferentes unidades geológicas existentes, sin embargo, se pueden observar escarpas de falla y fallas locales dentro del área de embalse y eje del represamiento (ver plano N°5) quienes tienen las siguientes orientaciones:

- **Falla 01.-** se encuentra dentro del área de estudio atravesando la zona de embalse del represamiento Malcomayo, con dirección NE a SW, dentro de su orientación se tiene estratos de lavas andesíticas que tienen dirección de buzamiento de N42°W/12°SW, la falla descrita se encuentra inactiva por ser de carácter de flujos de lava andesítica.

- **Falla 02.-** también se encuentra dentro del ámbito de estudio del represamiento Malcomayo, este atraviesa también la zona de embalse N20W/18°SW y a la vez el eje del represamiento que tiene una orientación de NW-SE, resumiendo las fallas descritas no son activas.

La disyunción columnar, (propia del diaclazamiento de las rocas volcánicas en forma de columnas, debido al proceso de enfriamiento de los derrames lávicos), se presenta en la zona de estudio, en ambos estribos y parte del eje del represamiento, aparentemente en algunos lugares parecen ser escarpas de falla, motivo por el cual se manifiesta que en la cuenca del río Malcomayo, no existen sistemas de fallas importantes que se puedan determinar como un peligro para las estructuras hidráulicas que se propone ejecutar posteriormente.(ver plano N°05).

### **3.3.3 Geomorfología Local**

Los diferentes aspectos geomorfológicos de las geformas que se presenta en el ámbito de estudio, corresponden a una expresión tectónica de procesos endógenos y exógenos que actuaron como modelamiento dentro del ámbito de estudio, que dieron origen a una geografía accidentada.

A partir de estos procesos se produce un intenso modelamiento geográfico, dando lugar a planicies altamente erosionadas por las diferentes unidades geomorfológicas como modelamiento final de la meseta del altiplano (ver mapa N°03).

#### **3.3.3.1 Agentes y Factores de Modelamiento Geomorfológico**

Los diferentes agentes y factores de modelamiento geomorfológico dentro del ámbito de estudio, se han dado mediante diversas épocas geológicas los que se detallan seguidamente como los más importantes:

### a. Agentes Tectónicos

La tectónica dado en el ámbito de estudio, está asociado a fallamientos y movimientos Epiro genéticos, estos se han desarrollado antes de la efusión volcánica y la última glaciación, los cuales han modelado las superficies que actualmente se visualiza, por lo que las estructuras dadas por el tectonismo son controladas por los procesos morfo dinámicos.

### b. Agentes Volcánicos

La morfología del ámbito de estudio está determinada por una efusión volcánica del Paleógeno – Neógeno y Neógeno - cuaternario, con dos grupos bien determinados, los cuales han formado planicies lávicas, antes de la última glaciación, su geomorfología actual no ha sufrido mucho cambio por una calma volcánica, ya que el ámbito de estudio no presenta actividad tectónica resiente.

También constituido por geoformas originadas por la tectónica, mediante escurrimientos de material lítico, por derrames fisúrales volcánicos presentes en el área, formándose así sistemas montañosos, cubriendo gran parte del área de estudio los cuales se pueden distinguir en las siguientes unidades:

- **Colinas Altas:** esta unidad se encuentra principalmente en las zonas más circundantes de ámbito de estudio, por el lento desgaste de las rocas volcánicas de naturaleza andesíticas principalmente por el modelado abrupto como se ve en la Figura N°10.
- **Colinas bajas:** esta unidad se forma en las partes más bajas con laderas suaves que gradualmente pasan a ser geoformas de aplanamiento.

- **Escarpas:** están ubicadas en las partes altas de las laderas de montaña, están compuestas de flujos lávicos conformados por rocas andesíticas del volcánico Tacaza, es por esta razón que la erosión presente en el área es de proceso lento. Es en esta zona donde se aprecia la erosión diferencial más pronunciada como se ve en la Figura N°10.
- **Laderas de Montaña:** estas se emplazan en los flancos de las montañas, se presentan pendientes variadas y cubiertas por material coluviales de relativa estabilidad.



Figura N° 10: Afloramientos de colinas altas y bajas dentro del área de investigación.

### 3.3.3.2 Unidades Geomorfológicas

Las unidades geomorfológicas son depósitos sedimentarios, estos se forman por acción de los procesos geomorfológicos y climáticos destacando también los medios de transporte y la meteorización, estos originan una serie de depósitos cuyas características están relacionadas con las condiciones de formación, conociendo estos factores geomorfológicos y climáticos es posible describir la geometría, propiedades físicas y otros aspectos geológicos.

Dentro de las unidades geomorfológicas del ámbito de estudio, se ha podido identificar tres sistemas los cuales son el antrópico, fluvial y volcánico; los mismos que contienen 9 unidades geomorfológicas las cuales se presentan en el cuadro N° 7.

Cuadro N° 7: Descripción de unidades estratigráficas.

UNIDAD		DESCRIPCION
SISTEMA	UNIDAD	
ANTROPICO	Instalaciones, vías de acceso	Vías de acceso que modifican las laderas y disturban el modelamiento actual
FLUVIAL	Ríos	- Presentan formas meandri formes en su cauce por presentar valles seniles.
	Lecho fluvial	- varía desde canales simples y someros, y varían longitudinalmente de acuerdo a la erosión diferencia
	Terrazas	- son compuestos de escarpas volcánicas
	Lecho fluvial	- son compuestos por material fluvio aluvial transportados de diferente composición.
VOLCANICO	Colinas bajas	- son compuestos por laderas suaves que gradualmente pasan a ser geoformas de aplanamiento
	Colinas altas	- son compuestos por afloramientos de rocas volcánicas de poco desgaste y de un modelamiento abrupto
	Escarpas	- se ubican en las partes altas de las montañas compuestas por rocas volcánicas.
	Laderas de montaña	- son de pendientes variadas cubiertas por material Coluvial

### 3.3.3.3 Agentes Antropomórficos

Actualmente dentro del área del estudio se tiene algunas infraestructuras de material rustico que son habitados por los pobladores del lugar con diferentes accesos de trochas vecinales que bordean el área de influencia sin mucha vegetación para poder tener consideración de terrenos ganaderos los cuales son

escasos, tampoco se encuentra presencia de yacimientos mineros o no se cuenta con indicios de yacimientos metálicos.

Constituido por las construcciones y /o modificaciones en la superficie tales como:

- Vías de acceso local
- Construcción de viviendas comunales.
- Excavación de plataformas de perforación
- Caminos y accesos para el acarreo de materiales

#### 3.3.3.4 Sistema Fluvial

Este sistema fluvial contiene unidades que conforman gran parte de la geomorfología del proyecto y que tienen una relación directa con el escurrimiento superficial de las aguas que vierten en el proyecto:

- **Ríos.** - La zona de estudio presenta cauce principal denominado como el río Malcomayo, desde su nacimiento en las partes altas está recolecta aguas de diversas quebradas durante su curso superficial, los cuales son de mediana confluencia por ser el área de mediana llanura aluvial.
- **Lecho Fluvial.** - Esta unidad se emplaza en ambos márgenes de los ríos, el cual está compuesta por material fluvio – aluvial, describiéndose en gravas, arenas y material fino, con diferentes cantos de forma sub anguloso, material lítico de diferente composición.
- **Bofedales.** - Estos son compuestos por material hidromorfo, fango – arcilloso con materia orgánica en proceso de tuberización, en un medio acuoso mal conservado.

### 3.3.3.5 Erosión

La erosión se ve influenciado por los diferentes agentes y factores mencionados anteriormente, cuyo principal mecanismo o proceso es el desgaste del terreno o más conocido como la erosión o meteorización en el ámbito de estudio se identificaron varios tipos, entre las cuales el más representativo es la erosión diferencial. (Figura N°11).

- **Erosión diferencial.** - es el trabajo de los agentes erosivos al actuar sobre la superficie en este caso sobre los afloramientos del grupo Tacaza los cuales ofrecen una resistencia al desgaste por su composición, pero se denota claramente su desgaste.



Figura N° 11: Erosión diferencial dentro del grupo Tacaza, rocas Traquiandesitas.

### 3.4 GEOTECNIA

Los estudios geotécnicos dentro del ámbito de estudio está basado en el análisis geotécnico y Geomecánica de las 02 calicatas ejecutadas en el eje de presa, 17 calicatas dentro del área de embalse y los 07 sondajes diamantinos ejecutadas dentro del eje y vaso del represamiento, los cuales nos permitirán determinar la calidad de los estribos y eje de cierre del represamiento, así como estudio de los materiales de insitu del área del embalsamiento, mediante el logueo geotécnico realizado a los sondajes diamantinos, y a la evaluación y análisis de los materiales de las calicatas ejecutadas que se encuentran dentro del cierre del represamiento Malcomayo, así como el área de embalse.

Uno de los factores y condiciones para la evaluación respectiva de los materiales es la determinación del material insitu mediante normas, criterios y enfoques que permitan diseñar y construir el represamiento, que brinden altas condiciones de calidad, durabilidad y seguridad, pero que a la vez permitan optimizar los costos de la inversión realizada en los períodos de construcción.

#### 3.4.1 Investigaciones Geotécnicas Ejecutadas

Las investigaciones geotécnicas ejecutadas en el ámbito de estudio, se han desarrollado dentro del macizo terroso con la apertura de 17 calicatas, hasta 3 m de profundidad máxima y ensayos SPT en 3 puntos realizados dentro de las perforaciones diamantinas.

En el eje del represamiento sean efectuado un total de 7 sondajes diamantinos para la zonificación de macizo rocoso en superficie y en profundidad. (cuadro N°8).

Cuadro N° 8: Resumen de investigaciones ejecutadas.

	No.	Coordenadas		Código	Profundidad m.	Ubicación
		Este	Norte			
<b>Calicatas (17)</b>						
<b>Eje</b>	1	388710	8232872	C-01	3.00	EJE DE PRESA
	2	388680	8232872	C-02	2.50	EJE DE PRESA
<b>Vaso</b>	1	386092	8231872	C-01	1.20-2.00	ZONA DE EMBALSE
	2	386353	8232033	C-02	0.30-2.00	ZONA DE EMBALSE
	3	387032	8232519	C-03	0.30-2.00	ZONA DE EMBALSE
	4	387243	8232846	C-04	0.30-2.00	ZONA DE EMBALSE
	5	387530	8232886	C-05	0.20-2.00	ZONA DE EMBALSE
	6	387358	8233376	C-06	1.10-2.00	ZONA DE EMBALSE
	7	386865	8232999	C-07	0.30-2.00	ZONA DE EMBALSE
	8	386107	8234193	C-08	0.30-2.00	ZONA DE EMBALSE
	9	386467	8232951	C-09	0.20-2.00	ZONA DE EMBALSE
	10	387575	8233323	C-10	0.20-2.00	ZONA DE EMBALSE
	11	388135	8233152	C-11	0.00-2.00	ZONA DE EMBALSE
	12	388563	8232121	C-12	0.20-2.00	ZONA DE EMBALSE
	13	387686	8232723	C-13	2.50-3.00	ZONA DE EMBALSE
	14	387652	8232917	C-14	0.35-2.60	ZONA DE EMBALSE
	15	387510	8232838	C-15	0.80-2.00	ZONA DE EMBALSE
<b>*Plataformas de Perforación (7)</b>						
<b>SPT</b>	1	388623	8232955	PP-03		EJE DE PRESA
	2	388688	8232916	PP-04		EJE DE PRESA
	3	388678	8233021	PP-05		EJE DE PRESA
<b>SONDAJES</b>	1	388615	8232845	PP-01	34.10	EJE ESTRIBO DERECHO
	2	388626	8232870	PP-02	29.40	EJE ESTRIBO DERECHO
	3	388623	8232955	PP-03	50.00	EJE DE PRESA
	4	388688	8232916	PP-04	56.00	EJE DE PRESA
	5	388678	8233021	PP-05	51.00	EJE IZQUIERDO ESTRIBO
	6	388710	8233017	PP-06	38.00	EJE IZQUIERDO ESTRIBO
	7	388733	8232973	PP-07	36.30	EJE IZQUIERDO ESTRIBO

Las investigaciones geotécnicas de acuerdo al ámbito de estudio se clasifican en:

- Geomecánica de rocas
- Geomecánica de suelos

### 3.4.1.1 Geomecánica de Rocas

Para la investigación de la Geomecánica de rocas está orientado a los estudios básicos, ensayos de laboratorio y ensayos insitu, establecidos mediante parámetros y normas internacionales, esto para la obtención de información de la calidad de roca presente en el ámbito de estudio según Alva H. J. E. (1996) (ver plano N°8), dicha información es recopilada mediante muestreos superficiales y en profundidad. Estos procedimientos son los que detallamos líneas abajo:

#### A) Perforación Diamantina

Para los estudios mediante la perforación diamantina se empleó una máquina perforadora modelo UDR 7-10 hidráulica y tubería en línea de perforación HQ y con revestimiento en la línea HWT, para los cuales se realizaron siete (7) perforaciones designadas por los códigos: PP-01, PP-02, PP-03, PP-04, PP-05, PP-06 y PP-07. Las iniciales corresponden al nombre de: Perforación (P) Presa (P) y el numero corresponde al orden de perforación esto detallado en el cuadro N°9 siguiente: (También ver plano N°09).

Cuadro N° 9: Ubicación de Sondajes de perforación.

DATOS DE PERFORACION						
SONDAJE	COORDENADAS		COTA	PROFUNDIDAD (m)	INCLINACION C/R HORIZONTAL	UBICACIÓN
	ESTE	NORTE				
PP-01	388615	8232845	3938	34.10	45°	Estribo derecho, eje presa
PP-02	388626	8232870	3906	29.40	60°	Estribo derecho, eje presa
PP-03	388623	8232955	3905	50.00	- 90°	Estribo derecho, eje plinto
PP-04	388688	8232916	3905	56.00	90°	Estribo izquierdo, eje presa
PP-05	388678	8233021	3921	51.00	90°	ladera izquierda, eje plinto
PP-06	388710	8233017	3931	38.00	0°	Estribo izquierdo, eje plinto
PP-07	388733	8232973	3921	36.30	- 60°	Estribo izquierdo, eje presa

En los sondajes ejecutados se tuvo que tener sumo cuidado con el control del nivel freático, ya que la ejecución, se realizó aguas arriba del represamiento en la misma escorrentía, por lo tanto, se tuvo que tomar las medidas de seguridad para su ejecución. (Ver anexos de Registros de perforación).



Figura N° 12: Ejecución de perforación diamantina en el eje del represamiento.

▪ **Objetivos de Perforación Diamantina**

- Realizar 07 sondajes perforación diamantina con las siguientes profundidades alcanzadas:

Cuadro N° 10: Descripción de sondajes perforados.

SONDAJE	DATOS DE PERFORACION					
	COORDENADAS		COTA	PROFUNDIDAD (m).	INCLINACION C/R HORIZONTAL	Ø DE PERFORACION
	ESTE	NORTE				
PP-01	388615	8232845	3938	34.10	45°	HQ
PP-02	388826	8232870	3906	29.40	60°	HQ
PP-03	388623	8232955	3905	50.00	-90°	HQ
PP-04	388688	8232916	3905	56.00	-90°	HQ
PP-05	388678	8233021	3921	51.00	-90°	HQ
PP-06	388710	8233017	3931	38.00	0°	HQ
PP-07	398733	8233973	3921	36.30	-60°	HQ

- Realizar de perfiles estratigráficos mediante el logeo y representado en registros de perforación para cada taladro.
- Determinar el grado de permeabilidad del terreno mediante ensayos de permeabilidad tipo Lefranc (carga constante) para suelos, o en roca demasidamente alterada y fragmentada y ensayos de tipo Lugeon para

el macizo rocoso, para conocer las propiedades hidrogeológicas del sub suelo del área. (ver plano N°7)

- Determinar el nivel freático existente en la zona de estudio.
- Determinar la calidad del macizo rocoso (andesita-traquiandesitas) mediante la clasificación Bieniawski sistema RMR (ver plano N°8).

## B) Ensayo de Penetración Estándar SPT

Se realizó el ensayo de penetración estándar S.P.T. con norma ASTM D - 1586. De acuerdo a las especificaciones técnicas, dicho ensayo se realiza exclusivamente en suelos finos, en suelos granulares finos con un contenido de grava de hasta 5%.

### ▪ Ensayos de Penetración Estándar S.P.T. en Sondajes

Los ensayos de penetración estándar son realizados dentro del sondaje, para determinar su resistencia a la penetración como el número N de golpes en los últimos 2 tramos (30 cm), no se considera los primeros 15 cm por considerarse una zona de alteración por perforación y por lo tanto no representativa.

Este ensayo se realizó durante la perforación diamantina obteniéndose los siguientes ensayos en los 3 sondajes programados (cuadro N°11)

Cuadro N° 11: Descripción del ensayo SPT ejecutado en perforación Diamantina.

SONDAJE	N° ENSAYOS	PROFUNDIDAD		UBICACIÓN
		DESDE	HASTA	
PP-03	12	2.45	40.45	Eje
PP-04	3	4.5	33.05	Eje
PP-05	2	3.7	6.15	Estribo Izquierdo

## C) Pruebas de Permeabilidad Tipo Lugeon - Lefranc

Estas pruebas de permeabilidad de tipo Lugeon y tipo Lefranc, nos permite determinar la localización del nivel freático y homogeneidad o

heterogeneidad de los distintos estratos del suelo sea en suelos o en rocas, en cuanto a permeabilidad se refiere. (ver plano N°7).

Es importante indicar que los tramos de prueba no necesariamente son estrictos, es decir que para la ejecución de la prueba de agua debería de levantarse hasta los 5 m el Barreno de perforación, sin embargo, por lo observado en campo cuando lo anterior se ejecuta en algunos tramos el taladro tiende a cerrarse, produciendo derrumbe del taladro y pérdida de profundidad.

Las presiones de prueba mediante este ensayo se realizarán empleando bombas de agua especiales solo cuando sea necesario generalmente este ensayo es producido por gravedad natural. (Figura N°13).



Figura N° 13: Ejecución de pruebas de permeabilidad dentro del sondaje.

- **Ensayos de Permeabilidad Tipo Le-Franc**

El procedimiento para la ejecución del ensayo tipo Lefranc es como sigue:  
Una vez determinada la profundidad deseada, debemos limpiar el pozo

por un periodo aproximado de 10 minutos, se conecta la manguera de 1 de la bomba de agua de la perforadora a la botella rompe presiones y se arma una T con los nipples y las válvulas de paso se conecta el caudalímetro a una de las entradas de la llave, otra manguera a otra válvula de paso para retorno de agua, se conecta una manguera al caudalímetro la cual va a la tubería de menor diámetro en el taladro y posteriormente se mide el nivel de agua presente en el pozo.

De acuerdo al tipo de suelo atravesado se determinará el tipo de prueba. Para suelos finos (caso de las arcillas, limos, limos-arcillas, arcillas-limos, también para las arcillas gravosas, gravas arcillosas, “diferenciando la presencia apreciable de finos”, se debe ejecutar el ensayo de carga constante y para suelos gruesos (gravas, arenas y algo de finos (limos-arcillas y/o mezcla de ellos) debemos ejecutar el ensayo carga variable. El ensayo carga constante consiste en medir el caudal de agua que ingresa en un determinado tiempo podemos considerar cada minuto ( $T=1$  min) hasta los 10 o 15 minutos, hay que tener presente que debemos mantener (en lo posible) un nivel constante, esto debe ser controlado desde la boca del revestimiento y/o de la tubería de perforación.

El ensayo Carga Variable consiste en medir el nivel del agua en estado de descenso, es decir: vamos a llenar con agua hasta el ras de la tubería (sea revestimiento o tubería de perforación) y una vez que alcanzamos ello tenemos que controlar el descenso sincronizado con el cronometro (dando tiempos  $T=1$ ,  $T=2$ ,  $T=5$ ,  $T=10$ ,  $T=20$ ,  $T=30$ ,  $T=60$  y  $T=90$ ), medido en minutos. Debemos medir el descenso con una sonda de medición de nivel de agua.

#### ▪ **Ensayos de Permeabilidad Tipo Lugeon**

Las pruebas de absorción tipo Lugeon permiten evaluar un tramo del macizo rocoso sometido a presiones de agua y, con ello, su permeabilidad frente a percolaciones a través de sus fisuras. El procedimiento consiste

en inyectar agua a un tramo de perforación, con diferentes niveles o estadios de presión, de manera ascendente y descendente; son necesarios por lo menos tres estadios de presión: máxima, intermedia y mínima. (Ver plano N°07).

Originalmente la presión máxima empleada era de  $10 \text{ kg/cm}^2$ . En la actualidad se recomienda someter al macizo rocoso a presiones de prueba máximas que estén por debajo de la carga hipostática que soporta el tramo de ensayo, para evitar la disturbancia del macizo. Las cargas litostáticas pueden estimarse con un  $p.e = 2.5$  para roca sana, fresca, y  $1.5$  para roca alterada. La presión intermedia será la mitad de la presión máxima, y la mínima  $0.1 \text{ kg/cm}^2$ . Las presiones se consiguen mediante el bombeo de agua a tramos de ensayos relativamente cortos que están confinados por un obturador o "Packer". Con la finalidad de estabilizar las lecturas en el manómetro, e impedir que el campo de variación de las oscilaciones sea mayor que el 10% del valor a ser leído, se emplean "botellas de estabilización".

Los gastos de agua se registran cada minuto, y un estadio de presión de prueba se da por concluido cuando se obtienen caudales con variaciones menores que el 10%, durante 10 minutos consecutivos.

La unidad Lugeon es una unidad de absorción, y es igual a 1 litro de agua absorbida en un minuto por metro de tramo de ensayo, a una presión efectiva de  $10 \text{ kg/cm}^2$ .  $1 \text{ Lugeon} = 1 \text{ lt/m/min a } 10 \text{ kg/cm}^2$ .

#### **D) Caracterización de los Materiales**

Conforme se realizaron las perforaciones diamantinas se ha determinado la caracterización de los materiales presente en cada uno de los sondajes, es decir que a través de esta información podemos determinar las

profundidades en la que se han obtenido o cortado material como suelos y rocas. (Ver cuadros N°12 y 13).

Cuadro N° 12: Caracterización de los materiales en los sondeos.

SONDAJE	PROF.(m)	SUELO (m).	ROCA (m)	NIVEL FREATICO (m)
DHM-01	51.00	0.00 – 8.70	8.70 – 51.00	0.90
DHM-02	51.80	0.00 – 6.40	6.40 – 51.80	0.70
DHM-03	40.20	0.00 – 9.40	9.40 – 40.20	1.20
DHM-04	68.80	0.00 – 34.10	34.10 – 69.80	20.60
DHM-05	71.40	0.00 – 54.80	54.80 – 71.40	24.30
DHM-06	20.40	0.00 – 0.50	0.50 – 20.40	0.40

Cuadro N° 13: Caracterización del material del eje del represamiento.

CARACTERIZACION DE LOS MATERIALES EN EL EJE DE PRESA				
TIPO DE MATERIAL	ESTRIBO IZQUIERDO	ESTRIBO DERECHO	CAUSE DE RIO	TIPO DE EXCAVACION RECOMENDADA
SUELO	1%	35%	40%	I, II
ROCA FIJA	85%	20%	20%	III
ROCA SUELTA	14%	45%	40%	II, III
Excavación manual (I); Con maquinaria (II); Con Explosivos (III)				

### E) Logueo Geotécnico de los Testigos Diamantinos.

El Logueo geotécnico de los testigos de la perforación es realizado en campo, tomando en consideración los parámetros de descripción aplicado a la geotecnia, el criterio que se tomó para la evaluación de estos testigos son detallados de la siguiente forma: (ver plano N°06).



Figura N° 14: Logueo geotécnico de los sondajes diamantinos.

- **Criterios de Evaluación Geomecánica de Bieniawski**

Para poder evaluar adecuadamente las características geotécnicas de los materiales de la cimentación, se han utilizado los criterios de evaluación Geomecánica de Bieniawski que se basan principalmente sobre una serie de factores de observación directa de los testigos recuperados en el proceso de perforación. Se han efectuado además ensayos de permeabilidad tipo Lefranc (gravedad) en los tramos de suelos. Los conceptos y criterios de la evaluación Geomecánica de Bieniawski se resumen a continuación de la siguiente manera: (ver anexos – clasificación RMR).

- **Índice R.Q.D.**

Es un índice cuantitativo, basado en la recuperación obtenida en sondeos realizados con diámetro no inferior al HQ. En el siguiente cuadro N°14, se presenta una clasificación del macizo rocoso en función del R.Q.D.

Es el factor de evaluación Geomecánica que indica la resistencia a la compresión no confinada de la roca, según la escala siguiente (ver cuadro N°14) (Se han tenido en cuenta los ensayos de carga puntual realizados en los testigos escogidos de todas las perforaciones indicadas).

- Roca muy competente que al golpearla con el martillo da un sonido muy limpio y es muy difícil de romper ( $2000 < q_u$ ). Que es igual a  $> 250$  Mpa
- Roca competente que se rompe con el martillo y en la que está produce una raya superficial sonora y da un sonido limpio ( $600 < q_u < 2000$ ). Que es Igual de 100 a 250 Mpa.
- Roca media que se pueda rayar fácilmente con el martillo y no da sonido limpio ( $200 < q_u < 600$ ). Que es igual de 50 a 100 Mpa.
- Roca poco competente que se puede marcar fácilmente con el martillo, no es posible romper a mano en secciones de 10 cm. ( $60 < q_u < 200$ ). Que es igual a 25 a 50 Mpa.
- Roca muy poco competente con aspecto de suelo, pero que se puede reconocer la estructura de roca original. Un impacto de la punta del martillo deja huella y puede romperse con la mano ( $q_u < 60$ ). Que es  $< 25$  Mpa.

Cuadro N° 14: Índice de RQD.

RQD (%)	CALIDAD DE ROCA
<25	MUY MALA
25-50	MALA
50-75	REGULAR
75-90	BUENA
90-100	EXCELENTE

### ▪ Espaciamiento entre Discontinuidades

Constituye otro factor de evaluación geotécnica de la roca, en la cual se mide el espaciamiento o longitud de la roca sana entre una fractura y otra, (fallas, fracturas o fisuras). De acuerdo a la magnitud de dichos espaciamientos, la roca se clasifica en las siguientes clases, cuadro N°15.

Cuadro N° 15: Rango de espaciamiento.

CLASES	ESPACIAMIENTO
A	Más de 2 m.
B	Entre 2 y 0.60 m.
C	Entre 0.60 y 0.20 m.
D	Entre 0.20 y 0.06 m.
E	Entre 0.06 y 0.00 m.

### ▪ Condiciones de las Juntas

**Superficies muy rugosas.** - las juntas son continuas. No hay separación entre las paredes de las juntas. Roca resistente en las paredes de las Juntas.

Superficies ligeramente o suave rugosas. Separación menor de 1 mm. Roca resistente en las paredes de las Juntas.

**Superficies ligeramente o suave rugosas.** - Separación menor de 1 mm. Roca alterada y/o blanda en las paredes de las Juntas.

Superficies deslizadas o relleno con espesor menor de 5 mm o Juntas abiertas 1 a 5 mm.

Relleno con espesor mayor de 5 mm o Juntas abiertas más de 5 mm.

### ▪ Condiciones del Agua Subterránea

- Completamente seco
- Húmedo o Semi Seco

- Baja presión
- Mediana presión
- Alta presión

▪ **Grado de Alteración**

Este parámetro, no integrado en la clasificación de Bieniawski, se contempla en los cortes de sondeos.

**a) Bastante Meteorizadas**

La meteorización se extiende a través de toda la masa rocosa, pero conserva suficiente resistencia para no ser desmenuzable con la mano.

Menos de la mitad de la roca esta desintegrada y/o descompuesta en forma de suelo. Se presentan zonas de roca sana o ligeramente decolorada, bien formando un marco continuo o bien como bloques o núcleos sanos.

**b) Muy Meteorizadas**

- La meteorización se extiende a través de toda la masa rocosa, se desmenuza a mano.
- Más de la mitad de la roca esta desintegrada y/o descompuesta en forma de suelo.
- Pueden presentarse zonas de roca sana o ligeramente decolorada formando bloques o núcleos sanos.

**c) Completamente Meteorizada**

- Toda la masa de roca esta desintegrada y/o descompuesta en forma de suelo en el cual se puede reconocer la estructura de la roca original.

**d) Suelo Residual**

- Suelo donde no aparece la textura, ni la estructura, ni la mineralogía de la roca original. El suelo no ha sido transportado en modo significativo.
- Roca no Alterada o Fresca, Roca poco alterada, Roca Moderadamente alterada, Roca muy alterada, Roca completamente alterada, Suelo Residual.

Tabla N° 1: Clasificación Geomecánica RMR. (Bieniawski, 1989 en: Gonzales de V. 2003).

PARAMETRO			RANGO DE VALORES						
1	Resistencia de la Roca Intacta	Ensayo Carga Puntual	> 10 Mpa	4 - 10 Mpa	2 - 4 Mpa	1 - 2 Mpa			
		Compresión Simple	> 250 Mpa	100 - 250 Mpa	50 - 100 Mpa	25 - 50 Mpa	5 - 25 Mpa	1 - 5 Mpa	< 1 Mpa
	Valor	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD		90 - 100%	75 - 90%	50 - 75%	25 - 50%	< 25%		
	Valor		20	17	13	8	3		
3	Espaciado de las discontinuidades		> 2m	0.6 - 2m	0.2 - 0.6m	6 - 20 cm	< 6cm		
	Valor		20	15	10	8	5		
4	Estado de las Discontinuidades	Longitud de la Discontinuidad	< 1m	1 - 3m	3 - 10m	10 - 20m	> 20 m		
		Valor	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0.1mm	0.1 - 1.0mm	1 - 5mm	> 5mm		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy Rugosa	Rugosa	Ligeramente Rugosa	Ondulada	Suave		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5mm	Relleno duro > 5mm	Relleno blando < 5mm	Relleno Blando > 5mm		
		Valor	6	4	2	2	0		
Alteración	Inalterada	Ligeramente alterada	Moderadamente alterada	Muy alterada	Descompuesta				
	Valor	6	5	3	1	0			
5	Flujo de Agua en las Juntas	Relación Pagua/Pprinc	0	0 - 0.1	0.1 - 0.2	2.0 - 0.5	> 0.5		
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Agua Fluyendo		
	Valor	15	10	7	4	0			

Tabla N° 2: Calidad de Roca.(Bieniawski, 1989 en: Gonzales de V. 2003).

CLASE	CALIDAD DE ROCA	RMR
I	Muy buena	81 – 100
II	Buena	61 – 80
III	Regular	41 – 60
IV	Mala	21 – 40
V	Muy Mala	0 – 20

Tabla N° 3: Parámetros geotécnicos de la calidad de roca.(Bieniawski, 1989 en: Gonzales de V. 2003).

CLASE	CALIDAD	RMR	COHESION (Kpa)	ANGULO DE FRICCIÓN (°)
I	Muy –Buena	81 – 100	>400	>45
II	Buena	61 – 80	300 – 400	35 – 45
III	Regular	41 – 60	200 – 300	25 – 35
IV	Mala	21 – 40	100 – 200	15 - 25
V	Muy Mala	0 – 20	<100	<15

### 3.4.1.2 Geomecánica de Suelos

La mecánica de suelos está orientado a determinar las características de los materiales terrosos obtenidos en el campo mediante cada prospección efectuada (calicatas o trincheras) Alva H, J. E. (2007). Estos ensayos se han efectuado a las muestras disturbadas recopiladas dentro del área de estudio tomando en cuenta los horizontes de sedimentación de las diferentes formaciones existentes dentro del área, conformándose estos suelos producto del intemperismo sufrido a las rocas existentes que posteriormente estos han sido erosionados y transportados, por ello para el presente estudio se requiere realizar los análisis respectivos a los materiales obtenidos en campo y según a las recomendaciones de las normas técnicas internacionales y la American Society of Testing and Materials, (ASTM). (ver cuadro N° 16).

- **Ensayos Químicos**

Estos ensayos se han orientado a determinar la cantidad de sales que contiene el suelo y que puedan exceder las especificaciones, originando agresividad tanto para infraestructuras diseñadas. Los ensayos han correspondido a los siguientes

En el ámbito de estudio se realizaron muestreo de suelos a través de calicatas excavadas a profundidades mayores de 3.00 m. Y superficialmente el muestreo de rocas de los materiales aflorante, este estudio servirá para análisis de las propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas de suelos y rocas. Cuyas propiedades serán aplicadas en la interpretación de la calidad de material que se tiene en el ámbito de estudio. A continuación, se muestra el resumen de los ensayos que se consideraron en el presente estudio.



Resumen de ensayos realizados en canteras.

Cuadro N° 16: Normas técnicas ASTM, para ensayos según tipo de material.

TIPO DE MATERIAL	ENSAYOS	NORMA TECNICA
Cantera de relleno	Análisis Granulométrico por Tamizado	NTP 339.128 (ASTM D - 422)
	Determinación del contenido de Humedad	NTP 339.127 (ASTM D - 2216)
	Determinación del Límite Líquido, Límite Plástico e Índice Plástico	NTP 339.129 (ASTM D - 4318)
	Peso específico relativo de sólidos	NTP 339.131 (ASTM D - 854)
	Densidad Máxima	NTP 339.137 (ASTM D - 4253)
	Densidad Mínima	NTP 339.138 (ASTM D - 4254)
	Ensayo de Corte Directo	NTP 339.171 (ASTM D - 3080)
	Ensayo de Consolidación Unidimensional	NTP 339.154 (ASTM D - 2435)
	Ensayo de compactación Proctor Modificado	NTP 339.141 (ASTM D - 1557)
Cantera de Agregados	Análisis Granulométrico por Tamizado	(ASTM C - 136)
	Determinación del contenido de Humedad	(ASTM D - 2216)
	Determinación del Límite Líquido, Límite Plástico e Índice Plástico	(ASTM D - 4318)
	Gravedad específica y absorción (Agregados gruesos)	(ASTM C - 127)
	Gravedad específica y absorción (Agregados finos)	(ASTM C - 128)
	Peso unitario (Varillado y suelto)	(ASTM C - 29)
	Ensayo de compactación Proctor Modificado	NTP 339.141 (ASTM D - 1557)
	Abrasión	(ASTM C - 131)

**A) Estudio de Exploración mediante Calicatas**

Se han realizado las investigaciones de campo mediante calicatas, lo suficientemente conveniente como para determinar las características del subsuelo, los cuales nos orientaran a determinar los parámetros geotécnicos de los diferentes materiales.

**B) Materiales de Préstamos**

Los materiales de préstamos desde el punto de vista de su utilidad y mediante la investigación geológica se han tratado el problema fundamental, consistente en el valor de las disponibilidades de cada uno de estos materiales.

Las características de los materiales de préstamos y canteras, se han determinado con la ejecución de los ensayos clásicos de identificación de los materiales, con las muestras representativas, que definen sus propiedades físicas y mecánicas. En las zonas de canteras se evaluaron las calidades de la roca mediante la aplicación de tablas de clasificación Geomecánica, complementadas con los ensayos estándar de mecánica de rocas; se estimó la potencia, los grados de meteorización y fracturamiento de los afloramientos rocosos.

Las áreas se localizan a lo largo de vías existente y/o adyacentes a ella, lo que facilita las fases de: Explotación, carguío y transporte; los que disminuirán los costos de explotación y por consiguiente el uso en la construcción del represamiento como se ve en el cuadro N°19.

➤ **Canteras para el Represamiento**

Para la determinación de los materiales de préstamo para el represamiento se tuvo que realizar una prospección superficial de los materiales existentes alrededores del área, teniéndose que determinar a groso modo los materiales según requerimiento para la construcción del represamiento para luego confirmar mediante su análisis la calidad del material existente alrededores del proyecto, en total se localizaron cinco (05) zonas de canteras, las que se indican a continuación.

Cuadro N° 17: Ubicación de canteras del material de préstamo.

N°	NOMBRE DE LA CANTERA	UBICACION	ACCESO		LADO	AREA	ESPESOR (m)	VOL (m3)	REND. (%)	APERTURA DE ACCESO (m)	MANT. DE ACCESO (m)	UTILIDAD	TRATAMIENTO	ORIGEN DEL MATERIAL
			ESTADO	DISTANCIA										
<b>MATERIAL DE AGREGADO</b>														
1	MA - 01 Río Cutimbo (concreto y cuerpo de presa)	Discurso del Río Cutimbo	Regular a Bueno	10+200 km desde el eje de presa	Der. e Izq. Carretera puno Laraqueri	96000	2.50	240,000	90%	0+500 km. Hacia la cantera	3+000 km. Llegada de presa y hacia la cantera	Concreto Hidráulico, Filtro Capa Semipermeable, Cuerpo De Presa Y Otros	Acumulación Y Zarandeo	Aluvial
2	MA - 02 Río Malcomayo (mezcla para afirmado)	Discurso del Río Malcomayo	Regular a Bueno	0.+800 desde el eje de carretera MD y 1+200 km. Desde el eje de carretera MI.	Der. Carretera MD y Izq. Carretera MI.	50000	2.00	100,000	90%	0+500 km. Hacia la cantera	2+000 km llegada de presa y hacia la cantera	Mezcla Para Afirmado De Carretera Y Otros	Acumulación	Aluvial
<b>CANTERA PARA SECCION HOMOGENEA DE LA PRESA</b>														
3	Material Cohesivo MC - 01 (Collacachi)	Se ubica en el Km. 2+500 de CP. MI	Regular a Mal	3+000 desde el Eje de Presa	Izq. De la carretera asfaltada y CP. MI	54000	5.00	270,000	80%	0+200 Km. Hacia La Cantera Desde La Carretera Asfaltada	2+500 Desde El Eje De Presa Hacia La Carretera Asfaltada	Sección Homogénea De La Presa	Acumulación Y Zarandeo	Residual Coluvial
<b>CANTERA DE ROCA</b>														
4	Cantera de Roca CR - 01	Se ubica en el Km. 5+060 de la carretera MI	Regular a Mal	5+900 km. Desde el Eje de Presa	Izq. Del eje de la presa	30000	6.00	180,000	70%	0+500 km. Desde la trocha carrozable existente	4+000 desde el Eje de Presa	Gaviones, enrocado de Talud, obras de Arte	Voladura Controlada	Rocas Igneas
<b>BOTADERO</b>														
5	Botadero BO - 01 (Collacachi)	Se ubica en el km. 2+500 de CP. MI	Regular a Mal	3+000 desde el Eje de Presa	Izq. De la carretera asfaltada y CP. MI	54000	4.00	216,000	100%	0+100 desde el eje de CP.	0+100 desde el eje de CP.	Relleno para Botadero	Compactado en Capas de 0.30 y 0.40 m.	Excavación, desbroce y corte

## CAPITULO VI

### EXPOSICIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS Y GEOTÉCNICAS

##### 4.1.1 Evaluación Geológica

El resultado de la investigación geológica, está conformado por las unidades como el grupo Tacaza, grupo barroso, la formación maure y los depósitos cuaternarios aluviales claramente identificados los cuales son los principales afloramientos rocosos circundantes al área de investigación (ver mapa N°02).

El cierre del represamiento Malcomayo, está dado por dos unidades estratigráficas en ambos estribos, esto dado por un lineamiento de contacto entre la formación maure y el grupo Tacaza, ambas unidades de la edad del cretáceo superior. Ambos estribos tienen un comportamiento estructural producto de una fuerte actividad tectónica originada por los movimientos orogénicos andinos, por lo que estos han ocasionado, fallamientos, foliaciones diaclazamiento y lineamientos como se determina dentro de la cuenca Malcomayo. Posteriormente de las unidades presentes en el ámbito de estudio, se ha dado por deposición de depósitos cuaternarios como son los materiales aluviales, a causa de meteorización y erosión, los cuales fueron depositados por transporte en temporadas de avenida dentro de la cuenca.

#### 4.1.1.1 Geología Cierre del Represamiento

##### A) Litología del cierre del Estribo Izquierdo

Está conformado por el grupo Tacaza de compuesto de rocas volcánicas traquiandesítica silicificadas, presenta una pseudo estratificación volcánica, este estribo tiene un diaclazamiento ligero por contener un alto índice de sílice. El cual limita la fuerte erosión que pueda tener el estribo.

El afloramiento rocoso muestra generalmente elevaciones con pendientes más suaves y casi verticales con tonos relativamente pálidos presenta una erosión diferencial ligera, por lo que no se encuentra completamente intemperizadas esto a causa de su composición litológica de la formación.

##### B) Litología del cierre del Estribo Derecho

Este afloramiento también conformado por el grupo Tacaza compuesto de rocas volcánicas traquiandesítica silicificadas esto como estribo de cierre, presenta una pseudo estratificación volcánica, volcada hacia el SW este estribo tiene un diaclazamiento moderado producto por el tectonismo que tuvo un papel importante en el modelamiento del cierre del represamiento, en superficie está cubierto por el grupo Maure datado del neógeno, constituido por materiales sedimentarios, el cual limita la fuerte erosión que pueda tener el estribo.

El afloramiento rocoso del estribo derecho muestra una elevación aproximadamente 35 metros desde su base en el eje del represamiento también presenta tonos grises relativamente pálidos presenta una erosión diferencial moderada, por lo que no se encuentra completamente intemperizadas esto a causa de su composición litológica del grupo Tacaza. (ver mapa N°04)



Figura N° 15: Ámbito de estudio del vaso del represamiento – área de embalse.

#### 4.1.1.2 Geología Estructural del Represamiento

- **Evaluación Estructural de Fallas**

De la evaluación realizada en campo, estructuralmente comprende dos lineamientos probables que determinan regionalmente, estos denotados por dos fallas que se entre intersectan una con respecto a la otra siendo la falla 01 que tiene una dirección de  $13^{\circ}\text{NE}/89^{\circ}$  desplazada por una falla 02 de dirección  $324^{\circ}\text{NE}/87^{\circ}$ , (figura N°16, 17) estas fallas probablemente se han dado en diferentes fases tectónicas por lo visto en el área de estudio, la intersección de ambas fallas se ubica el en vaso del represamiento, pero esta intersección de fallas no presenta actividad alguna, por lo que se determina que son fallas inactivas. (Ver plano N° 06)

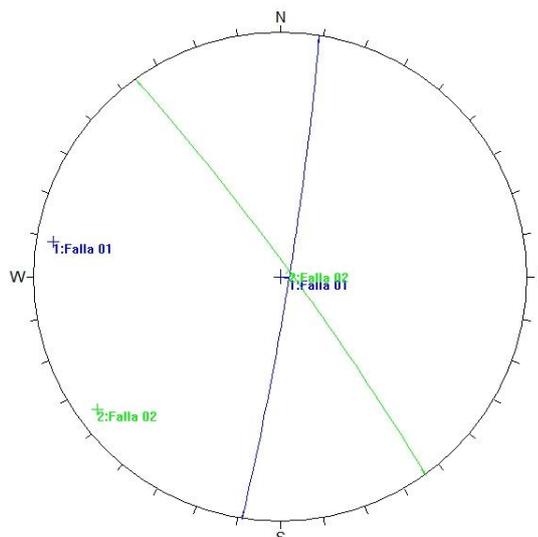


Figura N° 16: Grafica del plano de falla 01 de dirección  $13^{\circ}\text{NE}/89^{\circ}$  y plano de falla 02 de dirección  $324^{\circ}\text{NE}/87^{\circ}$ .

Mediante los estudios realizados en el eje del represamiento, el sondaje PP-03 que tiene una longitud de 58 m., ubicado en el eje y parte del vaso, en la perforación se tiene desde los 0.0 m hasta los de 55 metros material cuaternario aluvial, desde los 55 m hasta los 58 m. se tiene roca volcánica masiva fracturada alterada de composición traquiandesítica, de tal forma que las fallas 01 y 02 no tienen incidencia en la perdida de agua del embalse por encontrarse cubierta por una gruesa capa de material cuaternario de 55 metros, estas fallas aparentemente no presentan movimientos algunos

- **Evaluación Estructural de Discontinuidades en el Estribo Izquierdo**

De la recopilación de datos de campo del estribo izquierdo, se realiza la evaluación mediante un análisis cinemático de las discontinuidades, identificándose 03 familias de discontinuidades, la primera familia tiene una dirección preferencial de  $273^{\circ}\text{NE}/74^{\circ}$ , el segundo grupo de discontinuidades con dirección de  $218^{\circ}\text{NE}/82^{\circ}$  y la tercera familia con dirección de  $172^{\circ}\text{NE}/80^{\circ}$ . En el grafico A, se muestra el diagrama de concentraciones de las principales familias de discontinuidades, en el grafico B, se muestra el diagrama de rosas con las principales direcciones

de las discontinuidades, y en el grafico C, se muestra el diagrama de planos (ver figura N°17).

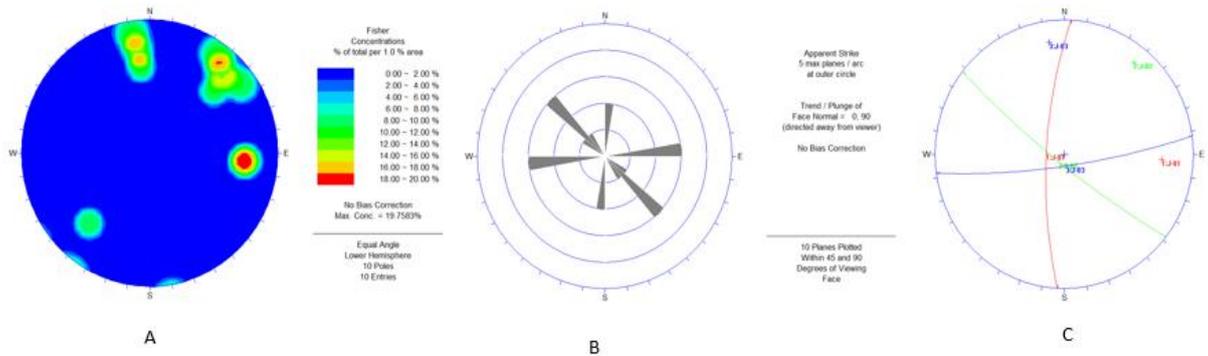


Figura N° 17: Evaluación sistemática de las discontinuidades del estribo izquierdo.

▪ **Evaluación Estructural de Discontinuidades en el Estribo Derecho**

De la recopilación de datos de campo del estribo derecho se realiza también la evaluación mediante un análisis cinemático de las discontinuidades, identificándose 02 familias de discontinuidades definidas, la primera familia tiene una dirección preferencial de 313°NE/86°, el segundo grupo de discontinuidades con dirección de 53°NE/72°. En el grafico A, se muestra el diagrama de concentraciones de las principales familias de discontinuidades, en el grafico B, se muestra el diagrama de rosas con las principales direcciones de las discontinuidades, y en el grafico C, se muestra el diagrama de planos (ver figura N°18).

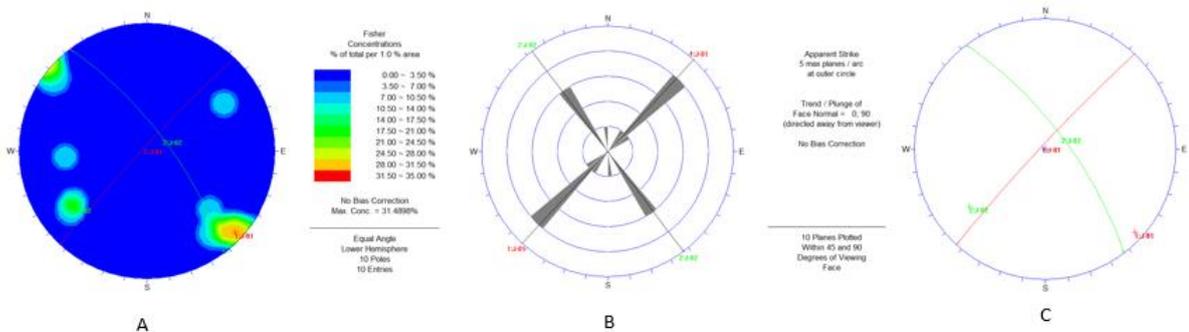


Figura N° 18: Evaluación sistemática de las discontinuidades del estribo derecho.

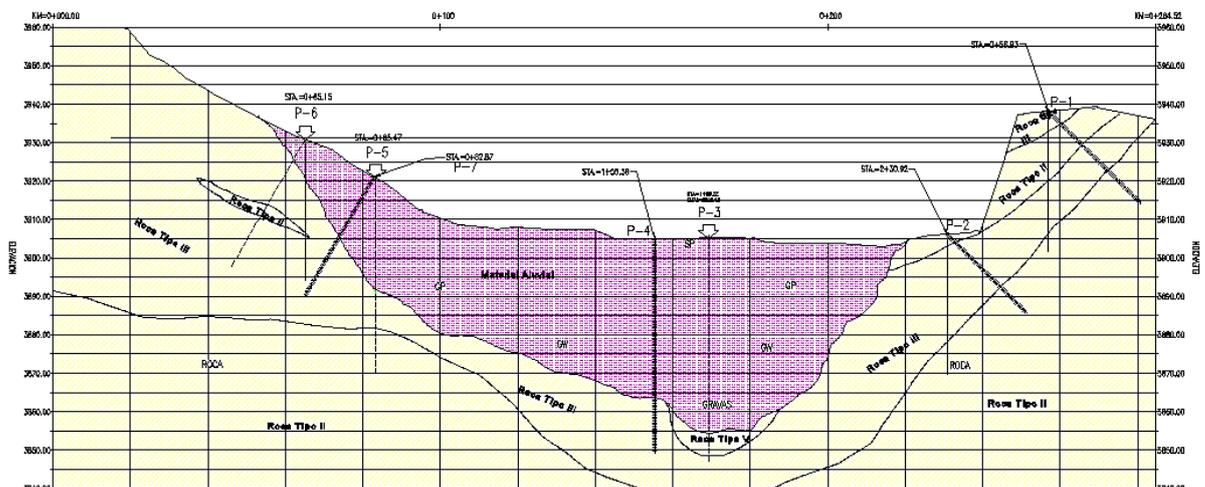
## 4.2 ZONIFICACIÓN COMPORTAMIENTO GEOTÉCNICO DE SUPERFICIE

### 4.2.1 Condiciones Geotécnicas del Represamiento

De acuerdo a los aspectos geológicos y geomorfológicos de la zona de cierre, las características de los suelos y rocas de fundación, determinan la calidad geotécnica del represamiento, por ello se ha efectuado sondajes diamantinos en el eje y excavaciones de calicatas para determinar el material que aflora en ambos flancos del eje del represamiento.

Se realizaron 02 Calicatas, asignándole como C-01 y C-02 las cuales fueron ubicadas, en el eje del represamiento, y 15 calicatas que están distribuidas en el vaso del represamiento. De cada uno de los horizontes del suelo se extrajeron muestras alteradas, los cuales fueron debidamente identificados y remitidas al laboratorio de mecánica de suelos, para realizar los ensayos la identificación y clasificación correspondiente.

Se ejecutaron 07 sondajes diamantinos, asignándoles los códigos PP-01, PP-02, PP-03, PP-04, PP-05, PP-06, PP-07, para realizar en estudio geotécnico del eje del represamiento y determinar su comportamiento del macizo en profundidad, mediante ensayos insitu, como el ensayo de SPT, ensayos de permeabilidad (Lugeon – Lefranc).



**DESCRIPCION GEOTECNICA**

<b>Roca tipo I</b>	<b>Muy buena</b>
<b>Roca tipo II</b>	<b>Buena</b>
<b>Roca tipo III</b>	<b>Regular</b>
<b>Roca tipo IV</b>	<b>Mala</b>
<b>Roca tipo V</b>	<b>Muy mala</b>

Figura N° 19: Caracterización del eje del represamiento.

**4.2.2 Caracterización del eje de Represamiento**

En base a la información obtenida de los trabajos de campo mediante el muestreo de las calicatas ejecutadas y de los ensayos de laboratorio, se han establecido el perfil estratigráfico de las calicatas C-01 y C-02, estos ubicados en el eje mismo del represamiento. Dichos perfiles estratigráficos de ambas calicatas están hasta una profundidad de 2.00 m. como horizontes diversos de sedimentación, para luego continuar con el mismo material sedimentado hasta una profundidad aproximado de 8 - 10m.



Figura N° 20: Puntos de excavación de calicatas en el eje del represamiento.

- Descripción del sub Suelo de Calicata Eje (C-01) Margen Izquierdo.

Cuadro N° 18: Descripción de la calicata C-01.

EMPRESA		REGISTRO DE SONDEO DE SUELO								
		PROYECTO: Represamiento Malcomayo								
CALICATA N° 01		UBICACIÓN: EJE DE REPRESAMIENTO			COORDENADAS		X:388613			
							Y:8232840			
							z: 3905			
FECHA:25-02-2014		PROFUNDIDAD: 3.50 m.			HOJA: 01					
PROFUNDIDAD (m)	LONGITUD TRAMO (m)	NIVEL FREATICO	COLUMNA	DESCRIPCION	MUJESTRAS	N° DE GOLPES S.P.T	LIMITES DE ATTERBERG		HUMEDAD (%)	CLASIFICACION S.U.C.S.
							LL (%)	IP(%)		
0.00	0.20			Capa superficial conformado por mezcla de grava limosa con raíces de plantas típicas de lugar y tiene una coloración gris oscuro						
0.40	1.80			Estrato compuesto por arena limosa baja plasticidad (SM) de color gris oscuro de compactidad regularmente denso			35.3	6.7		SM
1.80	3.50	2-3m.		Estrato conformado por grava limosa mal graduado (GP-GM) de compactidad suelto no presenta plasticidad, y tiene color gris claro y el 61.80 % de grava, 6.30 % de material fino que pasa la malla N°200, también hay presencia de bolonería y fragmentos de roca de tamaño 3" a 10" en cantidades de 10 %, y su nivel freático está a una profundidad de 2 a 3 m. con permeabilidad de K=10-3 – 10-6 m/s.						GP - GM
3.50				Estrato de arcilla y tufos volcánicos bien consolidados según estudios geofísicos, con permeabilidad de K=10-7 – 10-10 m/s.						

OBSERVACIONES:

MI: Muestra inalterada	MNC: Muestra no conseguida
MA: Muestra alterada	TP: Testigo parafinado
SPT: Ensayo de penetración Estándar	N.F.: Nivel Freático

- Descripción del sub Suelo de Calicata Eje (C-02) Margen Derecho

Cuadro N° 19: Descripción de la calicata C-02.

EMPRESA		REGISTRO DE SONDEO DE SUELO								
		PROYECTO: Represamiento Malcomayo								
CALICATA N° 02		UBICACIÓN: EJE DE REPRESAMIENTO			COORDENADAS		X:388630			
							Y:8232838			
							z: 3906			
FECHA:25-02-2014		PROFUNDIDAD: 2.50 m.			HOJA:					
PROFUNDIDAD (m)	LONGITUD TRAMO (m)	NIVEL FREATICO	COLUMNA	DESCRIPCION	MUESTRAS	N° DE GOLPES S.P.T	LIMITES DE ATTERBERG		HUMEDAD (%)	CLASIFICACION S.U.C.S.
							LL (%)	IP(%)		
0.00	2.50	0.40		Estrato conformado por arena mal graduada con presencia de boloneras aisladamente de tamaño 3" - 10" en 15 % de color gris claro de compactad media a suelto no tiene plasticidad y tiene 40.13 % de grava, 0.09 % de material fino que pasa la malla n° 200.			NP	NP		
2.50				Estrato de arcilla y tufos volcánicos bien consolidados según estudios geofísicos, con permeabilidad de $K=10^{-7} - 10^{-10}$ m/s.						

OBSERVACIONES:	
MI: Muestra inalterada	MNC: Muestra no conseguida
MA: Muestra alterada	TP: Testigo parafinado
SPT: Ensayo de penetración Estándar	N.F.: Nivel Freatico

▪ Resultados de Clasificación de Suelos Calicatas en el eje del Represamiento

Las muestras obtenidas y debidamente procesados mediante los ensayos en el laboratorio se han clasificado de acuerdo a la norma del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) de acuerdo a su granulometría y las muestras restantes que no figuran en el cuadro N° 20, fueron clasificados por pruebas sencillas de campo, mediante la observación y comparación con las muestras representativas ensayadas.

Cuadro N° 20: Descripción de propiedades físicas del eje del represamiento.

RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL MATERIAL EJE DE PRESA														
CALCATA	DATOS		GRANULOMETRIA				LIMITES DE CONSISTENCIA			HUMEDAD NATURAL		CLASIFICACION		DESCRIPCION
	ESTRATO	PROF. (m)	% QUE PASA			L.L.	L.P.	I.P.	SUCS	ASHTO				
			#200	#40	#4	#2	(%)	(%)					(%)	
	E-1	0.00 - 0.40									ESTRATO SUPERFICIAL			
C - 01		0.40 - 1.80	39.22	83.44	100.00	35.35	28.62	6.73	9.10	SM	A - 2-4 (0)	0.00	ARENA LIMOSA	
		1.80 - A Mas	6.30	17.62	38.20	85.13	N.P	N.P	N.P	7.51	GP - GM	A - 1-a(0)	GRAVA LIMOSA MAL GRADUADA	
C - 02	E-2	0.00 - 2.00	0.09	14.51	59.87	100.00	N.P	N.P	N.P	8.42	SP	A - 1-b(0)	ARENA MAL GRADUADA	

FUENTE: Elaboración Propia

▪ **Resultados del ensayo de Penetración Mecánica SPT en Sondajes Diamantinos**

De los ensayos realizados en los sondajes diamantinos, del ensayo de penetración mecánica se tiene los siguientes resultados:

Cuadro N° 21: Ensayos de penetración mecánica SPT, Sondaje PP-03.

SONDEO	PROF.	PRUEBA	Longitud SPT			Numero de Golpes	OBSERVACION
N°	(m)	SPT	h1	h2	h3	N'	
PP-03	2.50-2.95	LPT-01	15	15	28	43	15 golpes en h2, 28 golpes en h3
	4.00-4.45	LPT-02	5	5	5	10	5 golpes en h2, 5 golpes en h3
	6.15-6.60	SPT-03	11	11	11	22	11 golpes en h2, 11 golpes en h3
	8.65-9.10	SPT-04	11	14	25	39	14 golpes en h2, 25 golpes en h3
	10.25-10.70	SPT-05	24	31	37	58	21 golpes en h2, 37 golpes en h3
	12.15-12.60	SPT-06	23	27	24	51	27 golpes en h2, 24 golpes en h3
	15.15-15.60	SPT-07	14	25	29	54	25 golpes en h2, 29 golpes en h3
	21.20-21.30	SPT-08	50	-	-	rechazo	golpes en h2, golpes en h3
	24.95-25.40	SPT-09	16	17	13	30	17 golpes en h2, 13 golpes en h3
	30.75-31.20	SPT-10	17	27	29	56	27 golpes en h2, 29 golpes en h3
	35.00-35.45	LPT-11	18	25	29	54	25 golpes en h2, 29 golpes en h3
	40-40.45	LPT-12	28	33	38	71	33 golpes en h2, 38 golpes en h3

Cuadro N° 22: Ensayos de penetración mecánica SPT, sondaje PP-04.

SONDEO	PROF.	PRUEBA	Longitud SPT			Numero de golpes	OBSERVACION
N°	(m)	SPT	h1	h2	h3	N'	
PP-04	4.50 - 4.95	SPT-01	16	14	10	24	14 golpes en h2, 10 golpes en h3
	9.60 -10.05	SPT-02	9	7	10	17	7 golpes en h2, 10 golpes en h3
	32.90 -33.05	SPT-03	52	-	-	rechazo	52 golpes en h1, Rechazo

Cuadro N° 23: Ensayos de penetración mecánica SPT, sondaje PP-05.

SONDEO	PROF.	PRUEBA	Longitud SPT			Numero de Golpes	OBSERVACION
			N°	(m)	SPT		
PP-05	3.70 - 4.15	SPT-01	3	4	6	10	4 golpes en h2, 6 golpes en h3
	5.70 - 6.30	SPT-02	5	9	13	22	9 golpes en h2, 13 golpes en h3

▪ **Ensayo de Permeabilidad tipo Lefranc – Eje de Represamiento**

• **SONDAJE PP – 03**

Cuadro N° 24: Ensayo de permeabilidad tipo Lefranc.

POZO PP-03					
N° ENSAYO	TRAMO		K (cm/seg)	Nivel	LITOLOGIA
	DE	A			
LF-01	0	6	0.00E+00	Constante	Suelo arenas con mezcla de grava con limos
LF-02	6	10.1	0.00E+00	Constante	Suelo arenas con mezcla de grava con limos
LF-03	13.8	15	6.75E-02	Constante	Suelo arenas con mezcla de grava con limos
LF-04	15	20.2	1.75E-02	Constante	Suelo arenas con mezcla de grava con limos
LF-05	21	24.8	7.50E-03	Constante	Suelo arenas con mezcla de grava con limos
LF-06	24	29.5	2.95E-02	Constante	Suelo arenas con mezcla de grava con limos
LF-07	29.6	35	2.49E-02	Constante	Suelo arenas con mezcla de grava con limos
LF-08	36	38.6	1.93E-03	Constante	BRECHA TRAQUIANDESITICA

• SONDAJE PP – 04

Cuadro N° 25: Ensayos de permeabilidad tipo Lefranc.

POZO P-04					
Nº	TRAMO		K (cm/seg)	Nivel	LITOLOGIA
ENSAYO	DE	A			
LF-01	3.5	4.95	7.00E-02	Constante	Suelo arenas con mezcla de grava con limos
LF-02	9.6	12.6	1.75E-01	Constante	Suelo de arena limosas con grava
LF-03	12.6	14.9	6.33E-03	Constante	Suelo de arena limosas con grava
LF-04	16.2	21.9	3.31E-01	Constante	Suelo de arena limosas con grava
LF-05	22	24.8	3.45E-01	Constante	Suelo de arena limosas con grava
LF-06	28	30.6	2.99E-02	Constante	Suelo de grava limosa con arenas
LF-07	32	35.2	1.57E-01	Constante	Suelo de arenas con mezcla de limos y grava
LF-08	38	40.1	8.27E-02	Constante	Suelo de grava con mezcla de arena y poco limos
LF-08	40.1	56	7.62E-03	Constante	bolones y roca fracturada de origen traquiandesítico

**ENSAYO DE SULFATO MAGNESIO EN SONDAJE PP-05**

Cuadro N° 26: Muestra de roca del sondeaje PP-05. Según tabla de normas técnicas – ASTM.

INALTERABILIDAD AL SULFATO MAGNESIO NTP 400.016 (ASTM C-88)							
TAMICES ASTM		PESOS DE LAS FRACCIONES ANTES DEL ENSAYO (Gr)	PESOS RETENIDOS DESP. DEL ENSAYO (Gr)	ESCALA ORIGINAL (%)	% PERDIDA TOTAL	% DE RDIDA CORREGIDA	
PASANTE	RETENIDO						
2 1/2"	2"	3001	5005	3409	55.6	31.9	17.7
2"	1 1/2"	2004					
1 1/2"	1"	1003	1503	1003	23.8	33.3	7.9
1"	3/4"	500					
3/4"	1/2"	670	1000	590	15.9	41	6.5
1/2"	3/8"	330					
3/8"	N°4	300	300	213	4.7	29	1.4
<b>TOTAL</b>						<b>33.5</b>	

**CONCLUSION:**

El resultado del ensayo representado en la tabla anterior describe el procedimiento efectuado mediante la norma técnica ASTM – C-88, la pérdida de la muestra ensayada representado del 100% de muestra, la pérdida es el 33.5 % en cual determina admisible el valor de porcentaje de pérdida de la muestra.

### 4.2.3 Caracterización del Estribo Izquierdo

Su caracterización litológica en superficie del macizo aflorante y mediante la perforación diamantina PP-01 y PP-2, presenta una caracterización de roca tipo III y zonas de roca tipo II, esto como afloramiento rocoso, lo que indica que se tiene un afloramiento de una calidad de roca buena a una calidad de roca regular, para esto se tiene como resultado la clasificación y calidad del macizo rocoso mediante el logueo geotécnico el cual está anexado en el presente informe (ver plano N°08).

Para una evaluación geotécnica del sub suelo se realizó 02 perforaciones diamantinas dentro del estribo izquierdo del represamiento, de acuerdo a la necesidad de obtener información del estado del material rocoso, para ello se ha realizado diversos ensayos y el respectivo logueo geotécnico los cuales nos permitieron obtener resultados los cuales se describen a continuación según sondaje:



Figura N° 21: Evaluación geotécnica de los sondajes.

- **Comportamiento Geotécnico**

El afloramiento de roca volcánica presenta una textura más dúctil y de composición porfirítica un color gris blanquecino con tonalidades verdosos, con presencia de pseudo estratos casi horizontales y un grado de fracturamiento poco estrecho, los cuales presentan dirección de buzamiento y buzamiento promedio de N40°E/15°SE.

Esta formación presenta características geotécnicas de buena dureza y resistencia a la alteración, por lo cual es adecuado como material de préstamo, como bloques de roca para emplazar estructuras de acuerdo a diseño.



Figura N° 22: Estribo izquierdo del eje de represas.

- **Clasificación “CSIR” de los Macizos Rocosos**

CSIR (Consejo de África del Sur para la Investigación Científica e Industrial), Bieniawski propuso una clasificación de este tipo, fue aplicado detenidamente ya que trata de una de las dos clasificaciones que son los más recomendados para

su empleo. La clasificación del estribo por este método propone cinco parámetros de evaluación.

$$RQD=115 - 3.3 (J_v)$$

En donde

$J_v$ = número de discontinuidades en  $1m^3$ .

$$RQD=115 - 3.3 (8)$$

$$RQD=88.60$$

Tabla N° 4: Clasificación del Macizo Rocoso. (bieniaowski 1989, Gonzales de V. 2003).

CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO ESTRIBO IZQUIERDO				
PARAMETROS DE CLASIFICACION MARGEN IZQUIERDO			valuacion	
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (Mpa)	80	7	
2	RQD	88.60%	17	
3	SEPARACION ENTRE DIACLASAS	0.2 - 0.60	10	
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD	menor 1m.	6
		ABERTURA	0.1 - 1.00 mm.	3
		RUGOSIDAD	rugosa	5
		RELLENO	relleno blando < 5 mm.	2
		ALTERACION	eradamente alte	3
5	AGUA FREATICA	CANTIDAD DE INFILTRACION	0 - 25 litros/mi	7
		RELACION: PRESION DE AGUA/TENSION PRINCIPAL MAYOR	0.1 - 0.2	
		ESTADO GENERAL	Humedo	
<b>CORRECCION POR LA ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES</b>				
<b>DIRECCION Y BUZAMIENTO</b>			<b>FAVORABLE</b>	
TUNELES			0	
CIMENTACIONES			-7	
TALUDES			0	
CLASES DE MACIZO ROCOSO			III	
CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO			MEDIA	
<b>RMR</b>			<b>53</b>	

▪ **Cálculo de la Capacidad Portante en roca para Estribo Izquierdo**

De acuerdo a las características observadas en el campo, estas, son las siguientes:

DATOS	
RMR	53
$m_i$	19
$\sigma_1$	80.00
$N\beta$	5.5
$F_p$	30
$F_m$	6
F	180

Donde:

- RMR** = Clasificación Geomecánica de la roca según Bieniawski.
- $m_0$**  = Parámetro m para rocas intactas.
- $\gamma$**  = Peso específico.
- $\sigma_1 (q_0)$**  = Carga externa.
- m** =  $m_0 \cdot \exp ((RMR - 100 / a)$
- s** =  $\exp ((RMR - 100 / b)$
- $\beta$**  =  $(m \cdot \sigma_c) / 8$
- $\zeta$**  =  $(8 \cdot s) / m^2$
- $\sigma_{01}^*$**  =  $(\sigma_1 / \beta) + \zeta$
- $N_\beta$**  = Inclinación aplicada
- $P_h (q_h)$**  =  $\beta \cdot (N_\beta - \zeta)$  Carga de hundimiento.
- $F_p$**  = Coeficiente de seguridad parcial de los parámetros.
- $F_m$**  = Coeficiente de seguridad parcial del modelo.

Cuadro N° 27: Calculo de capacidad portante del estribo.

CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE EN EL ESTRIBO IZQUIERDO EJE DE PRESA											
Densidad	$N_\beta$	$\sigma_1$ (Mpa)	$\sigma_{01}$	Prof. (cm)	m	s	$\beta$	$\xi$	Ph	Qadm. (Mpa)	Qadm. (Kg/cm2)
2.29	6.21	22.46	0.01	100.00	3.55	0.005	35.46	0.003	220.10	1.22	12.47
2.29	6.32	33.69	0.01	150.00	3.55	0.005	35.46	0.003	224.00	1.24	12.69
2.29	7.40	44.91	0.01	200.00	3.55	0.005	35.46	0.003	262.29	1.46	14.86

▪ **Características Geotécnicas del Estribo Izquierdo.**

✓	Geología	:	Grupo Tacaza
✓	Litología	:	Andesitas basálticas, brechas y algunos niveles sedimentarios.
✓	Pendiente	:	60°
✓	Peso Específico	:	2.20 – 2.35 g/cm <sup>3</sup> .
✓	Tamaños de granos	:	0.02 a 0.06 mm.
✓	Grado de alteración	:	Medianamente alterada (A-3).
✓	Fracturamiento	:	F-2 (2) 1-5 fract/m.
✓	Factor de esponjamiento	:	1.40 %.
✓	Dureza de Mohs	:	(3) medianamente duras.
✓	Resistencia a la compresión	:	80 (Mpa)
✓	Clasificación Geomecánica	:	Roca tipo II y III
✓	Calidad de macizo rocoso	:	Roca regular.
✓	Cohesión	:	2.00 – 3.00 kg/cm <sup>2</sup> .
✓	RMR	:	53.
✓	RQD	:	88.60 %.
✓	Angulo de fricción interna	:	25° a 35°
✓	Capacidad portante a 2 m.	:	14.86 kg/cm <sup>2</sup>
✓	Permeabilidad K	:	10 <sup>-7</sup> - 10 <sup>-10</sup> m/s.
✓	Porcentaje de Absorción	:	1.87 (Bajo)
✓	Porosidad	:	5 – 10 %
✓	Pérdida por Intemperismo	:	< a 30%
✓	Abrasión Los Ángeles	:	< a 30 %

▪ **Permeabilidad del Estribo Margen Izquierdo**

Durante los trabajos de perforación diamantina realizados se desarrollaron pruebas de permeabilidad: en el sondaje, de tipo Lugeon en el basamento rocoso y tipo Lefranc en el suelo de fundación.

El resultado de dichas pruebas se refleja en una sección de permeabilidades que se anexa en el presente informe servirá como base de diseño y el análisis de filtraciones, como se muestra en plano N°07.

- **Ensayo de Permeabilidad Tipo Lefranc**

- **Sondaje PP – 01**

Cuadro N° 28: Ensayos de permeabilidad tipo Lefranc.

POZO PP-01					
Nº	TRAMO		K (cm/seg)	Nivel	LITOLOGIA
ENSAYO	DE	A			
LF-01	5.1	9.6	1.07E-02	Constante	BRECHA TRAQUIANDESITICA
LF-02	9.6	15.6	8.50E-03	Constante	BRECHA TRAQUIANDESITICA
LF-03	20	26.4	1.53E-02	Constante	BRECHA TRAQUIANDESITICA
LF-04	26.4	31.1	1.16E-02	Constante	BRECHA TRAQUIANDESITICA

- **Ensayo de Permeabilidad tipo Lugeon**

- **Sondaje PP- 01**

Cuadro N° 29: Ensayos de permeabilidad tipo Lugeon.

PP - 01							
Nº	TRAMO		UNIDAD	K (cm/seg)	TIPO FLUJO	ROCA	CONDICION
ENSAYO	DE	A	LUGEON				
LUG - 01	15.6	21.4	12.68	4.91E-04	Dilatacion	BRECHA TRAQUIANDESITA	Permeable
LUG - 02	29.5	34.1	14.6	5.38E-04	Dilatacion	BRECHA TRAQUIANDESITA	Permeable

- **Sondaje PP- 02**

Cuadro N° 30: Ensayos de permeabilidad tipo Lugeon.

PP - 02							
Nº	TRAMO		UNIDAD	K (cm/seg)	TIPO FLUJO	ROCA	CONDICION
ENSAYO	DE	A	LUGEON				
LUG - 01	15.5	20	14.22	5.21E-04	Dilatacion	BRECHA TRAQUIANDESITA	Permeable

**Datos:**

Abertura fracturas	$a = 0.001$ m.
	$g = 9.8$ m/seg <sup>2</sup>
Viscosidad cinemática agua	$\eta = 1.01E-06$ m <sup>2</sup> /seg
Espaciado aberturas	$b = 0.2$ m.
P.e. del agua	$\gamma_w = 1000$ Kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad dinámica agua	$\mu = 0.01005$
<b><math>k_f = 4.23055E-08</math> m/seg (Permeabilidad Baja)</b>	

Para el cálculo del caudal que filtra a través de los afloramientos será:

**Dónde:**

$k$  = Coeficiente de permeabilidad.

$i$  = Gradiente hidráulico.

$l$  = Longitud de la sección

$h$  = Altura de la sección

$A$  = Área de la sección.

$l = 79.6$  m.

$h = 5$  m.

$i = 0.01$

$A = 398$  m<sup>2</sup>

$Q = 1.6838E-07$  m<sup>3</sup>/seg.

$Q = 0.01454767$  m<sup>3</sup>/dia

**$Q = 5.30989948$  m<sup>3</sup>/año Estribo Izquierdo**

**4.2.4 Caracterización del Estribo Derecho**

Su caracterización litológica del estribo derecho en superficie del macizo aflorante y mediante la perforación diamantina PP-05, PP-06, PP-07 presenta una caracterización de roca tipo III y tramos de roca tipo II, esto como afloramiento rocoso diaclasadas, esta caracterización indica que se tiene un

afloramiento de calidad de roca regular, para esto se tiene como resultado la clasificación y calidad del macizo rocoso mediante el logueo geotécnico el cual es anexado en el presente informe (ver plano N°08).

Para una evaluación geotécnica del sub suelo se realizó 03 perforaciones diamantinas dentro del estribo Derecho del represamiento, por la necesidad de obtener información del estado del material rocoso, se ha realizado diversos ensayos y el respectivo logueo geotécnico de cada uno de los sondajes los cuales nos permitieron obtener resultados que se describen a continuación según sondaje:



Figura N° 23: Evaluación geotécnica del estribo derecho.

#### ▪ **Comportamiento Geotécnico**

Conformado por afloramientos de rocas volcánicas de color gris claro, con calidad media a mala, alterado y brechado los cuales presentan dirección de buzamiento y buzamiento promedio de  $NE50^{\circ}/12^{\circ}SE$ . En la superficie del afloramiento se observa fracturamiento y separación entre diaclasas de 1 – 2 m.

Estas rocas se hallan acumuladas, diaclasadas, fracturadas por causas de esfuerzos tensionales al consolidarse el magma. Por acción de los fenómenos de meteorismo (bruscos cambios de temperatura) las rocas sufren la alteración y disgregación de sus minerales constituyentes, ocasionando la generación de pequeños desmoronamientos del talud de corte, pero de mínima envergadura por lo que son intrascendentes.



Figura N° 24: Estribo derecho del eje del represamiento.

- **Clasificación “CSIR” de los Macizos Rocosos**

CSIR (Consejo de África del Sur para la Investigación Científica e Industrial), Bieniawski propuso una clasificación de este tipo, fue aplicado detenidamente ya que trata de una de las dos clasificaciones que son los más recomendados para su empleo. La clasificación por este método dentro de los 03 sondajes diamantinos, propone cinco parámetros de evaluación.

$$RQD=115 - 3.3 (J_v)$$

En donde

$J_v$ = número de discontinuidades en  $1m^3$ .

$$RQD=115 - 3.3 (6)$$

$$RQD=95.20$$

Tabla N° 5: Clasificación del macizo rocoso. (Bieniawski 1989 en: Gonzales de V. 2002).

CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO ESTRIBO DERECHO				
PARAMETROS DE CLASIFICACION MARGEN DERECHO			valuacion	
1	RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA (Mpa)	80	12	
2	RQD	95.20%	17	
3	SEPARACION ENTRE DIACLASAS	0.60 - 2.00	15	
4	ESTADO DE LAS DISCONTINUIDADES	LONGITUD DE LA DISCONTINUIDAD	1 - 3m	4
		ABERTURA	0.1 - 1.0 mm.	3
		RUGOSIDAD	rugosa	5
		RELLENO	relleno blando < 5 mm.	2
		ALTERACION	ligeramente alterada	5
5	AGUA FREATICA	CANTIDAD DE INFILTRACION	10 - 25 litros/min	7
		RELACION: PRESION DE AGUA/TENSION PRINCIPAL MAYOR	0.1 - 0.2	
		ESTADO GENERAL	Humedo	
<b>CORRECCION POR LA ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES</b>				
<b>DIRECCION Y BUZAMIENTO</b>			<b>FAVORABLE</b>	
TUNELES			0	
CIMENTACIONES			-7	
TALUDES			0	
CLASES DE MACIZO ROCOSO			III	
CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO			MEDIA	
<b>RMR</b>			<b>63</b>	

▪ **Cálculo de la Capacidad Portante en roca para Estribo Derecho**

De acuerdo a las características observadas en el campo, estas, son las siguientes:

DATOS	
RMR	63
$m_i$	19
$\sigma_1$	110.00
$N\beta$	5
$F_p$	35
$F_m$	7.5
F	262.5

Donde:

- RMR =** Clasificación Geomecánica de la roca según Bieniawski.
- m<sub>0</sub> =** Parámetro m para rocas intactas.
- γ =** Peso específico.
- σ<sub>1</sub> (q<sub>0</sub>) =** Carga externa.
- m =** m<sub>0</sub> · exp ((RMR - 100 / a)
- s =** exp ((RMR - 100 / b)
- β =** (m · σ<sub>c</sub>) / 8
- ζ =** (8 · s) / m<sup>2</sup>
- σ<sub>01</sub>\* =** (σ<sub>1</sub> / β) + ζ
- N<sub>β</sub> =** Inclinación aplicada
- P<sub>h</sub> (q<sub>h</sub>) =** β · ( N<sub>β</sub> - ζ ) Carga de hundimiento.
- F<sub>p</sub> =** Coeficiente de seguridad parcial de los parámetros.
- F<sub>m</sub> =** Coeficiente de seguridad parcial del modelo.

Cuadro N° 31: Calculo de la capacidad portante del estribo derecho.

CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE EN EL ESTRIBO DERECHO EJE DE PRESA											
Densidad	N <sub>β</sub>	σ <sub>1</sub> (Mpa)	σ <sub>01</sub>	Prof. (cm)	m	s	β	ξ	Ph	Qadm. (Mpa)	Qadm. (Kg/cm <sup>2</sup> )
2.29	6.21	22.46	0.01	<b>100.00</b>	5.07	0.02	69.69	0.01	432.42	1.65	<b>16.80</b>
2.29	6.32	33.69	0.01	<b>150.00</b>	5.07	0.02	69.69	0.01	440.08	1.68	<b>17.10</b>
2.29	7.40	44.91	0.01	<b>200.00</b>	5.07	0.02	69.69	0.01	515.35	1.96	<b>20.02</b>

▪ **Características Geotécnicas del Estribo Derecho.**

- ✓ Geología : Grupo Tacaza.
- ✓ Litología : Andesitas basálticas, brechas y algunos niveles sedimentarios
- ✓ Pendiente : 75°
- ✓ Peso Específico : 2.40 – 2.60 g/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Tamaños de granos (mm) : 0.01 a 0.05 mm.
- ✓ Grado de alteración : Medianamente alterada (A-4).
- ✓ Fracturamiento : F-2 (2) 1-3 fract/m.
- ✓ Factor de esponjamiento % : 1.60.
- ✓ Dureza de Mohs : (4) medianamente duras.
- ✓ Resistencia a la compresión : 110 (Mpa)
- ✓ Clasificación Geomecánica : Roca tipo II y III
- ✓ Calidad de macizo rocoso : Roca regular a media.
- ✓ Cohesión : 1.80 – 2.50 kg/cm<sup>2</sup>.

- ✓ RMR : 63.
- ✓ RQD : 95.20 %.
- ✓ Angulo de fricción interna : 35° - 40°
- ✓ Capacidad portante a 2 m. : 20.02 kg/cm<sup>2</sup>
- ✓ Permeabilidad K : 10<sup>-7</sup> - 10<sup>-10</sup> m/s.
- ✓ Porcentaje de Absorción : 0.86 (Bajo)
- ✓ Porosidad : 4 – 6 %
- ✓ Pérdida por Intemperismo : < a 20%.
- ✓ Abrasión Los Ángeles : < a 30 %.

▪ **Permeabilidad del Estribo Margen Derecho**

Durante los trabajos de perforación diamantina, se han desarrollado pruebas de permeabilidad: en el taladro en los taladros PP-05, PP-06, PP-07, de tipo Lugeon en el basamento rocoso y tipo Lefranc en el suelo de fundación.

El resultado de dichas pruebas se refleja en una sección de permeabilidades que se anexa en el presente informe servirá como base de diseño y el análisis de filtraciones, como se muestra en plano N°07.

- **Ensayo de Permeabilidad tipo Lefranc**

• **Sondaje PP – 05**

Cuadro N° 32: Ensayos de permeabilidad tipo Lefranc.

POZO PP-05					
Nº ENSAYO	TRAMO m.		K (cm/seg)	Nivel	LITOLOGIA
	DE	A			
LF-01	15	19.9	3.98E-03	Constante	Roca traquiandesita, fracturada, descolorida, poco consistente
LF-02	20.7	25.7	1.79E-03	Constante	
LF-03	25.3	30.3	2.00E-03	Constante	
LF-04	31.3	36.3	1.75E-03	Constante	Roca brecha volcánica traquiandesita
LF-05	36.9	41.9	1.05E-03	Constante	Roca volcánica andesita fracturada
LF-06	41.3	46.3	2.00E-03	Constante	Roca volcánica andesita poco fracturado

- **Sondaje PP – 06**

Cuadro N° 33: Ensayos de permeabilidad tipo Lefranc.

POZO PP-06					
Nº	TRAMO		K (cm/seg)	Nivel	LITOLOGIA
ENSAYO	DE	A			
LF-01	5	10	5.10E-03	Constante	Suelo residual de aorien traquiandesito
LF-02	10	15	5.13E-03	Constante	Suelo residual de aorien traquiandesito
LF-03	15	20	2.27E-03	Constante	BRECHA TRAQUIANDESITICA
LF-04	30	38	3.41E-02	Constante	BRECHA TRAQUIANDESITICA

- **Sondaje PP – 07**

Cuadro N° 34: Ensayos de permeabilidad tipo Lugeon.

PP-07					
Nº	TRAMO		K (cm/seg)	Nivel	LITOLOGIA
ENSAYO	DE	A			
LF-01	9	26	2.84E-02	Constante	roca fragmentada traquiandesitica

- **Ensayo de Permeabilidad tipo Lugeon**

- **Sondaje PP- 07 – PP – 05**

Cuadro N° 35: Ensayos de permeabilidad tipo Lugeon.

PP - 07							
Nº	TRAMO		UNIDAD LUGEON	K (cm/seg)	TIPO FLUJO	ROCA	CONDICION
ENSAYO	DE	A					
LUG - 01	26	36.3	0.86	3.90E-05	Dilatacion	BRECHA TRAQUIANDESITA	Permeable

Cuadro N° 36: Ensayos de permeabilidad tipo Lugeon.

PP - 05							
Nº	TRAMO		UNIDAD LUGEON	K (cm/seg)	TIPO FLUJO	ROCA	CONDICION
ENSAYO	DE	A					
LUG - 01	46	51	4.18	1.57E-04	Dilatacion	BRECHA TRAQUIANDESITA	Permeable

**Datos:**

Abertura fracturas	$a = 0.001$ m.
	$g = 9.8$ m/seg <sup>2</sup>
Viscosidad cinemática agua	$\eta = 1.01E-06$ m <sup>2</sup> /seg
Espaciado aberturas	$b = 0.25$ m.
P.e. del agua	$\gamma_w = 1000$ Kg/m <sup>3</sup>
Viscosidad dinámica agua	$\mu = 0.01005$
<b><math>k_f = 3.38444E-08</math> m/seg (Permeabilidad baja)</b>	

Para el cálculo del caudal que filtra a través de los afloramientos será:

Dónde:

$k$  = Coeficiente de permeabilidad.

$i$  = Gradiente hidráulico.

$l$  = Longitud de la sección

$h$  = Altura de la sección

$A$  = Área de la sección.

$$l = 59.2 \text{ m}$$

$$h = 5 \text{ m}$$

$$i = 0.01$$

$$A = 296 \text{ m}^2$$

$$Q = 1.0018E-07 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$Q = 0.0086555 \text{ m}^3/\text{dia}$$

$$Q = 3.15925678 \text{ m}^3/\text{año Estribo Derecho}$$

#### 4.2.4.1 Análisis del Control de Filtraciones

Para el análisis del control de filtraciones se tuvo en cuenta las perforaciones en Diamantina que se ejecutaron en el eje y estribos del represamiento.

El objetivo de todo embalse es lograr acumular el agua de manera permanente, o en un caso extremo se puede dejar filtrar, pero en caudales permisibles debidamente controlados que no afecten la estabilidad de una estructura y el volumen total de embalse. Para ello se realizaron pruebas consistentes en los ensayos de Lugeon y Lefranc los que se han descrito anteriormente estos nos indican su grado de fracturamiento según el siguiente resumen:

- **PP-01** con 04 Ensayos Lefranc en roca fracturada (menos del 40% de RQD) y 02 Ensayos Lugeon en roca poco alterada.
- **PP-02** con 01 Ensayos Lugeon en roca.
- **PP-03** con 12 Ensayos entre SPT y LPT a su vez también cuenta con 08 Ensayos de Lefranc en suelo rocoso fracturado.
- **PP-04** con 03 Ensayos de SPT, y 09 Ensayos de Lefranc en suelo rocoso fracturado.
- **PP-05** con 02 Ensayos de SPT, con 06 Ensayos de Lefranc en roca fracturada, y 01 Ensayos Lugeon en roca.
- **PP-06** con 04 ensayos Lefranc en roca fracturada.
- **PP-07** con 01 ensayo Lugeon en roca y 01 Lefranc en suelo rocoso fracturado.

#### 4.2.5 Características Geotécnicas del Área de Embalse

Las características geotécnicas del área de embalse se han realizado mediante exploración de 15 calicatas dentro del vaso, los cuales se clasifican de acuerdo a los ensayos de laboratorio y la determinación de sus propiedades físicas mediante la clasificación SUCS, (ver plano N°11), los resultados de los ensayos a las calicatas son descritos en el cuadro siguiente:

Cuadro N° 37: Propiedades físicas del área de embalsamiento – vaso.

CALCAT	COORDENADAS		DATOS		GRANULOMETRIA				LIMITES DE				HUME		CLASIFICACION		DESCRIPCION
	ESTE	NORTE	ESTRAT O	PROF. (m)	% QUE PASA				L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	DAD NATUR	SUCS	ASHTO			
					#200	#40	#4	#2									
C - 01	386092	8231872	E - 3	1.20 - 2.00	91.17	95.76	100.00	100.00	53.83	41.53	12.30	1.25	MH	A - 7 - 5 (12)	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD		
C - 02	386353	8232034	E - 2	0.30 - 2.00	2.13	9.87	33.34	82.97	0.00	0.00	0.00	3.33	GW	A - 1 - a (0)	GRAVA BIEN GRADUADA		
C - 03	387033	8232520	E - 2	0.30 - 2.00	18.49	27.60	43.42	92.66	0.00	0.00	0.00	3.55	GM	A - 1 - b (0)	GRAVA LIMOSA		
C - 04	387244	8232847	E - 2	0.30 - 2.00	38.79	67.11	100.00	100.00	29.42	22.54	6.88	15.86	SM - SC	A - 4 (1)	ARENA LIMOSA Y ARENA ARCILLOSA		
C - 05	387531	8233886	E - 2	0.20 - 2.00	17.60	40.03	86.11	100.00	27.77	24.44	3.33	9.69	SM	A - 1 - b (0)	ARENA LIMOSA		
C - 06	387358	8233376	E - 3	1.10 - 2.00	0.08	5.40	27.08	82.99	0.00	0.00	0.00	5.18	GP	A - 1 - a (0)	GRAVA MAL GRADUADA		
C - 07	386866	8232999	E - 2	0.30 - 2.00	6.51	22.29	44.08	87.64	0.00	0.00	0.00	2.68	GP - GM	A - 1 - a (0)	GRAVA LIMOSA MAL GRADUADA		
C - 08	386108	8234193	E - 2	0.30 - 2.00	5.34	21.32	43.38	87.48	0.00	0.00	0.00	2.53	GP - GM	A - 1 - a (0)	GRAVA LIMOSA MAL GRADUADA		
C - 09	386467	8233952	E - 2	0.20 - 2.00	85.73	98.63	100.00	100.00	25.68	21.37	4.31	40.32	ML - CL	A - 4 (8)	LIMO Y ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD		
C - 10	387576	8233323	E - 2	0.20 - 2.00	5.51	20.92	54.18	100.00	0.00	0.00	0.00	10.12	SP - SM	A - 1 - a (0)	ARENA LIMOSA MAL GRADUADA		
C - 11	388136	8233152	E - 2	0.00 - 2.00	3.05	7.64	22.79	90.18	0.00	0.00	0.00	2.70	GP	A - 1 - a (0)	GRAVA MAL GRADUADA		
C - 12	388564	8232121	E - 2	0.20 - 2.00	47.34	72.19	99.62	100.00	29.85	20.38	9.48	2.73	SC	A - 4 - (2)	ARENA ARCILLOSA		
C - 13	387686	8232724	E - 3	2.50 - 3.00	1.56	14.48	41.67	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	14.37	GP	A - 1 - a (0)	GRAVA MAL GRADUADA		
C - 14	387653	8232918	E - 2	0.35 - 2.60	6.98	17.59	56.72	100.00	34.38	25.67	8.71	16.52	SP - SM	A - 2 - 4 (0)	ARENA LIMOSA MAL GRADUADA		
C - 15	387511	8232839	E - 2	0.80 - 2.00	32.31	46.36	67.77	100.00	40.43	27.39	13.05	19.23	SM	A - 2 - 7 (1)	ARENA LIMOSA		

#### 4.2.6 Materiales de Préstamos

##### 4.2.6.1 Canteras de Material de Agregado Ma-01 (Rio Cutimbo)

Corresponden a depósitos fluviales que se localizan en el cauce del río Cutimbo, en el lugar denominado Puente Cutimbo Carretera que conduce a Moquegua, estos materiales presentan buenas propiedades con coordenadas UTM:

**N:** 8 226 210.82 - **E:** 391 167.35.

**N:** 8 226 796.21 - **E:** 391 984.25.

A continuación, se indicarán sus principales características relacionadas a su utilización:



Figura N° 25: Vista panorámica de la cantera Cutimbo- río Cutimbo.

- ✓ Geología Depósitos fluvio-aluviales, mezcla de arenas, y gravas; en las gravas predominan las formas sub-redondeadas a sub-angulosas; se han derivado litológicamente de rocas ígneas y sedimentarias principalmente.
- ✓ Clasificación SUCS GP-GW (Predominan las gravas arenosas, aceptable distribución granulométrica).

Cuadro N° 38: Propiedades físicas y resultados del material de agregado Cutimbo.

CALICATA	DATOS		RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS DEL MATERIAL DE AGREGADO - CUTIMBO PARA LA PRESA										DESCRIPCIÓN		
	ESTRATO	PROF. (m)	GRANULOMETRÍA			LÍMITES DE CONSISTENCIA				HUMEDAD NATURAL	CLASIFICACION		SUCS	ASHTO	DESCRIPCIÓN
			% QUE PASA	#2	#4	#10	L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)						
C-01	E-1	0.00 - 1.80	#200	2.94	10.58	40.97	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	8.96	GP	A - 1a (0)	Grava mal graduada	
C-02	E-1	0.00 - 1.80	#200	0.91	7.94	36.98	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	9.02	GW	A - 1a (0)	Grava bien graduada	
C-03	E-1	0.00 - 1.80	#200	2.26	9.33	37.61	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	9.71	GW	A - 1a (0)	Grava bien graduada	
C-04	E-1	0.00 - 1.80	#200	3.47	9.99	36.57	100.00	N.P.	N.P.	N.P.	6.79	GW	A - 1a (0)	Grava bien graduada	

RESULTADOS DE LABORATORIO AGREGADOS CUTIMBO		
ENSAYOS	RESULTADOS	ESPECIFICACIONES CALIFICACION
<b>Agregado Grueso</b>		
P.U. Suelto (Grueso)	1505.05 Kg/m <sup>3</sup>	--
P.U. Varillado (Grueso)	1551.09 Kg/m <sup>3</sup>	--
Peso Específico (Grueso)	2.63	--
Absorción (%) (Grueso)	3.10	--
Abrasión (%)	25%	40.0 máx. Cumple
Durabilidad (%)	31.70%	18.0 máx. No cumple
Caras Fracturadas	7.10%	--
Cloruro como ion Cl (%)	0.0015	0.10 máx. Cumple
Sulfatos como ion SO <sub>4</sub> (%)	0.0104	0.06 máx. Cumple
<b>Agregado fino</b>		
Granulometría	--	Uso Cumple
Porcentaje de finos	7%	0.5 % Max No cumple
P.U. Suelto (Fino)	16509.93 Kg/m <sup>3</sup>	
P.U. Varillado (Fino)	1601.23 Kg/m <sup>3</sup>	
Peso Específico (Fino)	2.57	--
Absorción (%) (Fino)	4.05	--
Equivalente de Arena (%)	77	65.0 min Cumple

- ✓ Utilización : Para concreto hidráulico, filtros, drenes, capa semipermeable, mezcla para sección homogénea de represamiento.
- ✓ Perímetro : 3,840 m.
- ✓ Área : 9.60 Ha.
- ✓ Volumen : 240,00 m<sup>3</sup>.
- ✓ Distancia : A 10+200 Km. desde eje del represamiento.
- ✓ Camino de acceso : Existente en buen estado.
- ✓ Situación Legal : Cantera en explotación Propietario (Municipalidad Distrital de Laraqueri Pichacani).
- ✓ Explotación : Tractor / cargador.
- ✓ Rendimiento : 90%.
- ✓ Tratamiento : Zarandeo y Lavado.
- ✓ Periodo de explotación : El periodo de explotación será durante los meses de mayo a noviembre que son meses de estiaje donde el material está a disposición a lo largo de todo el cauce.

#### 4.2.6.2 Material de Agregado Ma-02 (Rio Malcomayo) para Mezcla de Afirmado.

Corresponden a depósitos fluviales que se localizan en el cauce del río Malcomayo, está ubicado en el área de embalse del represamiento, específicamente a 0+800 KM desde el eje carretera margen derecho y 1+200 km desde eje de carretera margen izquierdo, estos materiales presentan buenas propiedades para la utilización de afirmado de carretera y diques para desvió del río con coordenadas UTM:

**N:** 8 233 200.26 - **E:** 387 794.0

**N:** 8 233 114.88 - **E:** 388 319.51

A continuación, se indicarán sus principales características físicas y mecánicas:

- ✓ Geología : Depósitos fluvio-aluviales, mezcla de arenas, gravas y limos; en las gravas predominan las formas sub-redondeadas a sub-angulosas con alto presencia de forma chatas y alargadas; se han derivado litológicamente de rocas ígneas y sedimentarias principalmente.
- ✓ Clasificación SUCS : GP-GW (Predominan las gravas arenosas con mezcla de limos, aceptable distribución granulométrica para mezcla de afirmado de carretera).
- ✓ Material mayor a 3" : 20 %
- ✓ Clasificación SUCS : GP-GW (grava bien y mal graduada).
- ✓ Clasificación AASHTO : A-1-a (0) (gravas y arenas)
- ✓ Porcentaje de gravas : 58.19 %
- ✓ Porcentaje de arenas : 40.36 %
- ✓ Porcentaje de finos : 1.45 %
- ✓ Límite Líquido : N.P.
- ✓ Límite Plástico : N.P.
- ✓ Índice de Plasticidad : No tiene plasticidad
- ✓ Utilización : Para el empleo como material de mezcla de afirmado de carretera, diques de encausamiento y mejoramiento de vías de acceso.
- ✓ Distancias : 0+800 KM desde el eje carretera margen derecho y 1+200 km desde eje de carretera margen izquierdo.
- ✓ Volumen :  $\pm 100,000 \text{ m}^3$

- ✓ Tratamiento : Se necesita batir el material con agregado in situ, con los distintos estratos de la cantera durante el proceso de explotación.
- ✓ Explotación : La explotación de estos materiales se realizará en forma mecanizada, (tractor oruga, cargador frontal, retroexcavadora) a tajo abierto con selección.
- ✓ Rendimiento : 90 %.
- ✓ Disponibilidad : Coordinar con el propietario y comunidades involucradas.

#### 4.2.6.3 Cantera de Material homogéneo Cohesivo MC-01 (Collacachi)

Este material de relleno se ubica se ubica en el KM: 2+500 DEL C.P. MI, a una distancia de 3+000 KM desde el eje del represamiento y a 200 m. de la carretera asfaltada Puno Moquegua margen derecho Con coordenadas UTM:

**N: 8 233 376.12 - E: 390 067.17**

**N: 8 234 078.59 - E: 390 491.83**

Y sus características físicos y mecánicos son las siguientes:

Cuadro N° 39: Propiedades físicas de las calicatas de la cantera Collacachi.

RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FISICAS DE CANTERA DE COLLACACHI															
CALICATA	COORDENADAS		DATOS		GRANULOMETRIA				LIMITES DE CONSISTENCIA			HUMEDAD NATURAL	CLASIFICACION		DESCRIPCION
	ESTE	NORTE	ESTRATO	PROF (m.)	% PASANTE	#200	#40	#4	#2	LL. (%)	LP. (%)		IP. (%)	SUCS	
C-01	390084	8232728	E-2	0.20-2.60	26.04	35.23	54.05	100.	43.91	31.71	12.21	22.85	GM	A-2-7(0)	Grava limos
C-02	390127	8233877	E-2	0.20-2.60	14.13	26.96	55.97	100.	49.01	31.20	17.81	24.54	GM	A-2-7(0)	Grava limos
C-03	390247	8233628	E-2	0.20-2.70	17.37	35.55	62.16	100.	43.31	31.37	11.94	17.63	SM	A-2-7(0)	Arena limos
C-04	390318	8233547	E-2	0.20-2.80	18.42	39.40	72.27	100.	47.23	34.68	12.56	27.33	SM	A-2-7(0)	Arena limos
C-05	390336	8233624	E-2	0.20-2.70	40.13	61.74	88.01	100.	48.57	36.90	11.67	21.81	SM	A-7-5(2)	Arena limos
C-06	390211	8233824	E-3	0.20-2.80	13.20	28.49	52.53	95.26	44.24	29.94	14.30	16.21	GM	A-2-7(0)	Grava limos



- ✓ Geología : Depósitos aluviales y coluviales mezcla de arcillas, gravas y limos.
- ✓ Material mayor a 3" : 20 %
- ✓ Clasificación SUCS : GM, SM (grava limosa y arenas limosa).
- ✓ Clasificación AASHTO : A-2-7(0), A-2-5(2) (mezcla de gravas, arenas y limos)
- ✓ Porcentaje de gravas : 35.83 %
- ✓ Porcentaje de arenas : 42.61 %
- ✓ Porcentaje de finos : 21.55 %
- ✓ Límite Líquido : 46.05
- ✓ Límite Plástico : 32.63
- ✓ Índice de Plasticidad : 13.41 (Ligera plasticidad)
- ✓ Densidad Proctor : 1.93 gr/cm<sup>3</sup>.
- ✓ Humedad Proctor : 9.95 %
- ✓ Utilización : Para el empleo como material de reemplazo, rellenos, y conformación de cuerpo de presa.
- ✓ Distancias : 3+000 KM desde el eje de presa.
- ✓ Volumen : ± 270,000 m<sup>3</sup>
- ✓ Tratamiento : Se necesita batir el material con agregado in situ, con los distintos estratos de la cantera durante el proceso de explotación y zarandear tamaños mayores a 2".
- ✓ Explotación : La explotación de estos materiales se realizará en forma mecanizada, (tractor oruga, cargador frontal, retroexcavadora y zaranda) a tajo abierto con selección.
- ✓ Rendimiento : 80 %.
- ✓ Disponibilidad : Coordinar con el propietario y comunidades involucradas.

#### 4.2.6.4 Cantera de Roca CR-01 (San Miguel)

Se ubica aguas arriba, zona de embalse a una distancia 5+900 KM desde el eje del represamiento específicamente en el KM: 5+060 de la variante carretera margen izquierdo lado derecho tal como se observa en el plano de canteras, con coordenadas UTM:

**N:** 8 234 677.71 - **E:** 385 844.53

**N:** 8 234 866.00 - **E:** 386 161.02

- ✓ Litología : Corresponden a ígneas de tipo andesíticas y riolíticos de color gris oscuro a verdusco, en bancos potentes y compactos, tienen las siguientes características:
- ✓ Alteración : Roca con ligera a moderada meteorización (W2 a W3), potencia promedio entre 3,50 a 5,00 m.
- ✓ Fracturamiento : Poco fracturada a fracturada (F2 a F4).
- ✓ Carbonato de Calcio  $\text{CaCO}_3$  : 89.10%
- ✓ Densidad seca : 2.66 (Alto). (Ver Anexo)
- ✓ Porcentaje de Absorción : 0.44 a 0.46 (Baja) (Ver Anexo)
- ✓ Porosidad aparente : 1.18 a 1.22 (Ver Anexo)
- ✓ Resist. a la compresión simple : 70.12 a 78.36 Mpa. (Ver Anexo)
- ✓ Módulo de Young : 5.07 a 9.26 GPa. (Ver Anexo)
- ✓ Módulo de Poisson : 0.30 a 0.31 (Ver Anexo)
- ✓ Clasificación Geomecánica : Roca tipo I, II y III.
- ✓ Calidad Geomecánica : Regular.
- ✓ % Pérdida por Abrasión : 18.40%
- ✓ Distancia : 5+900 KM desde el eje de presa.
- ✓ Camino de acceso : no existe en algunos casos ver cuadro de resumen de canteras.

- ✓ Situación Legal : Coordinar con el propietario y comunidades involucradas del centro poblado de Collacachi.
- ✓ Área : 3.00 Ha.
- ✓ Volumen : 180,000 m<sup>3</sup>.
- ✓ Explotación : Explosivos/Tractor.
- ✓ Rendimiento : 70%.
- ✓ Tratamiento : Selección.

#### 4.2.6.5 Botadero BO-01 – Collacachi (Depósitos de material Excedente)

Los materiales provenientes de los cortes y excavación de canal y otros, deberán ser trasladados a los depósitos de materiales excedentes – DMEs o Botaderos del proyecto; sin embargo, en este caso, en vista de que existen campos de cultivo aledaños al eje presa en construcción, se recomienda utilizar los botaderos mencionados.

Es necesario descubrir la capa de material orgánico o cobertura de suelo vegetal, el cual deberá ser protegido convenientemente para su posterior empleo como material de re vegetación., se procederá con el depósito del material de eliminación, esparciéndolo y compactándolo para evitar su dispersión, por lo menos con cuatro pasadas de tractor, sobre capas de 30 - 40 cm de espesor. Así mismo, para reducir las filtraciones de agua en los botaderos deben densificarse las dos últimas capas anteriores a la superficie definida, mediante varias pasadas de tractor de oruga (por lo menos 10 pasadas). La superficie del botadero se deberá perfilar con una pendiente suave de modo que permita darle un acabado final acorde con la morfología del entorno circundante.

El siguiente cuadro de Ubicación de depósitos de Materiales Excedentes, señala la ubicación del área que ha sido identificado en base a las recomendaciones vertidas las Especificaciones Generales Técnicas de Ingeniería y Ambiental para la construcción de canales, se ha evaluado que no perjudique a terceros.

Cuadro N° 40: Descripción del botadero.

N°	NOMBRE DE CANTERA	UBICACIÓN Km.	ACCESO		LADO	AREA (m <sup>2</sup> )	ESPESOR (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	REND (%)	APERTURA DE ACCESO (m)	MANTENIMIENTO DE ACCESO (m)	UTILIDAD	TRATAMIENTO	ORIGEN DEL MATERIAL
			ESTADO	DISTANCIA (m)										
1	Botadero BO -01 (Collacachi)	Se ubica en el Km. 2+500 de C.P.MI N:8233376 E:390.067	Regular a mal	3+000 desde el eje de presa	MI de la carretera asfaltada	54000	4.00	216000	100	0+100 desde el C.P.	0+100 desde el C.P.	Material excedente	Compactado en capas de 0.30 a 0.40 m	Exca desde cc

FUENTE: Elaboración Propia

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

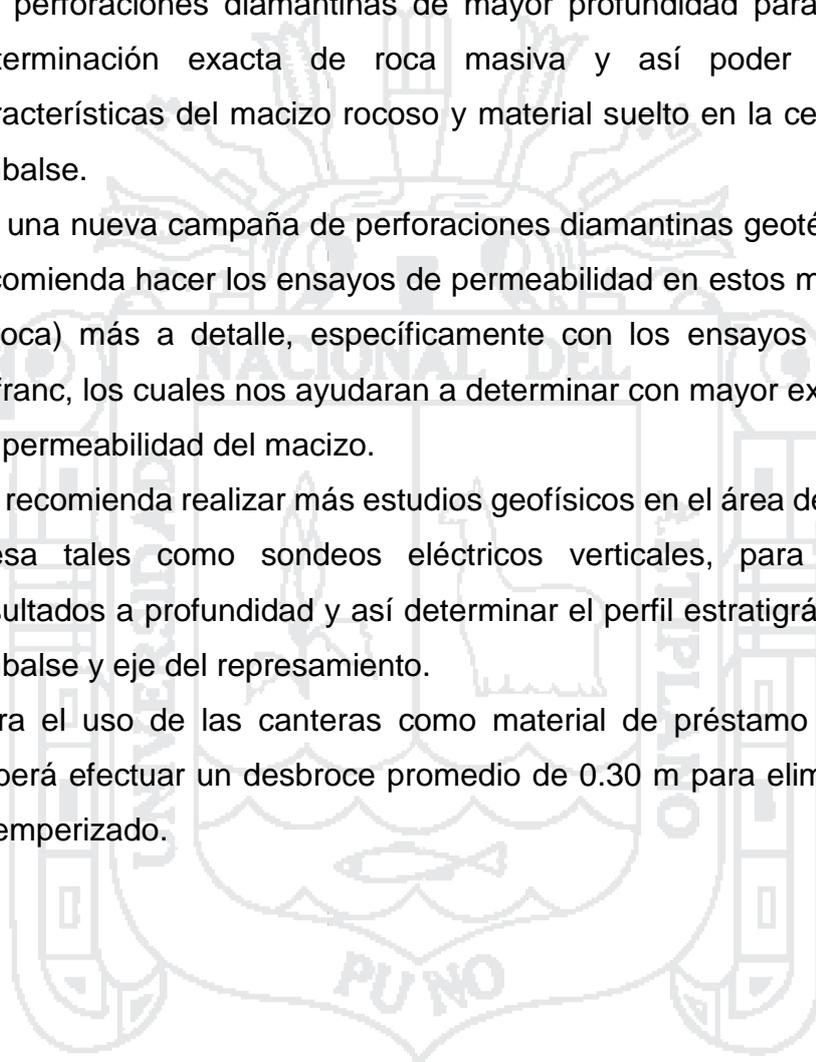
- El proyecto de investigación está conformado por unidades geomorfológicas bien definidas, estratigráficamente presenta unidades geológicas que datan desde el Cenozoico y en el sistema de Cretáceo a Neógeno al Cuaternario Reciente como son: Grupo Tacaza, Grupo Maure, Grupo Barroso y Cuaternarios (Depósitos Aluviales depositados en toda la micro cuenca Malcomayo)
- Para la evaluación del proyecto del represamiento de Malcomayo se realizaron los siguientes trabajos:
  - Aperturas de plataformas de perforación dentro del eje de la presa
  - Identificación de zona de almacenamiento permanente de material excedente
  - Identificación áreas de excavaciones para explotación de canteras
  - Apertura de vías y accesos para el acarreo de materiales de cantera
- De la evaluación realizada en el ámbito de estudio del represamiento Malcomayo, no se observan diversas características o evidencias geológicas estructurales de mayor peligro, como fallas activas determinadas en las unidades geológicas existentes, sin embargo, se pueden observar escarpas de falla en el área de embalse y eje de presa que indican una posibilidad de que exista dos orientaciones de fallas no activas que tienen las siguientes orientaciones:
  - falla 01 que atraviesa la zona de embalse con dirección NE a SW con estratos que tienen dirección de buzamiento de  $N42^{\circ}W/12^{\circ}SW$ ,
  - falla 02 que atraviesa también la zona de embalse  $N20W/18^{\circ}SW$  y a la vez el eje de presa que tiene una orientación de NW-SE.

- De los estudios geomecánicos realizados superficialmente y a profundidad del represamiento Malcomayo se ha determinado la caracterización maciza el cual está conformado por rocas volcánicas de tipo traquiandesitas masivas y fracturadas en ambos estribos.
- De la caracterización Geomecánica dentro del eje del represamiento entre ambos estribos, se realizó 02 calicatas de profundidad desde 0.00 - 2.00 m. encontrándose en la C-01 grava suelta de mala graduación, grava limosa y arena limosa GP, GM, SM, C-02 grava de mala graduación, arena de mala graduación GP, SP, cuyos coeficientes de permeabilidad es de  $K=10^{-2} - 10^{-5}$  m/s. a más profundidad se puede encontrar rocas masivas de tipo volcánico con un grado de fracturamiento muy leve, tal como se muestra en el perfil estratigráfico.
- El embalse del represamiento presenta regulares a buenas condiciones de sellado en el fondo del embalse. Los flancos rocosos y coluviales son poco permeables a impermeables. En conjunto del reservorio será estanco. Los suelos predominantes del área del vaso son: GM, SC, SP, SM, GW, ML, CL, MH (Gravas, arenas arcillosas y arena limosa), cuyos coeficientes de permeabilidad se estima en  $1.0 \times 10^{-3}$  a  $1.0 \times 10^{-6}$  cm/seg en suelos, pero a más profundidad del embalse se encontraron rocas volcánicas masivas y estratificadas del Grupo Tacaza donde su permeabilidad es  $1.0 \times 10^{-7}$  a  $1.0 \times 10^{-10}$  cm/seg.
- La capacidad portante en roca de ambos estribos del represamiento es: -
  - estribo derecho a 2.00 m. de Prof. es  $12.23 \text{ kg/cm}^2$
  - estribo izquierdo a 2.00 m. de Prof. es  $10.78 \text{ kg/cm}^2$

La calidad de roca presente en ambos estribos es de tipo II – III es decir roca regular.

## Recomendaciones

1. De acuerdo a los estudios realizados en la primera etapa del represamiento Malcomayo, se tiene estudios básicos por lo que se recomienda para su determinación más a detalle de la estructura del represamiento, se realice las perforaciones diamantinas de mayor profundidad para la ubicación y determinación exacta de roca masiva y así poder determinar las características del macizo rocoso y material suelto en la cerrada y área de embalse.
2. En una nueva campaña de perforaciones diamantinas geotécnicamente, se recomienda hacer los ensayos de permeabilidad en estos materiales (suelo y roca) más a detalle, específicamente con los ensayos de Lugeon y/o Lefranc, los cuales nos ayudaran a determinar con mayor exactitud el grado de permeabilidad del macizo.
3. Se recomienda realizar más estudios geofísicos en el área del embalse de la presa tales como sondeos eléctricos verticales, para tener mejores resultados a profundidad y así determinar el perfil estratigráfico del área de embalse y eje del represamiento.
4. Para el uso de las canteras como material de préstamo propuestos, se deberá efectuar un desbroce promedio de 0.30 m para eliminar el material intemperizado.



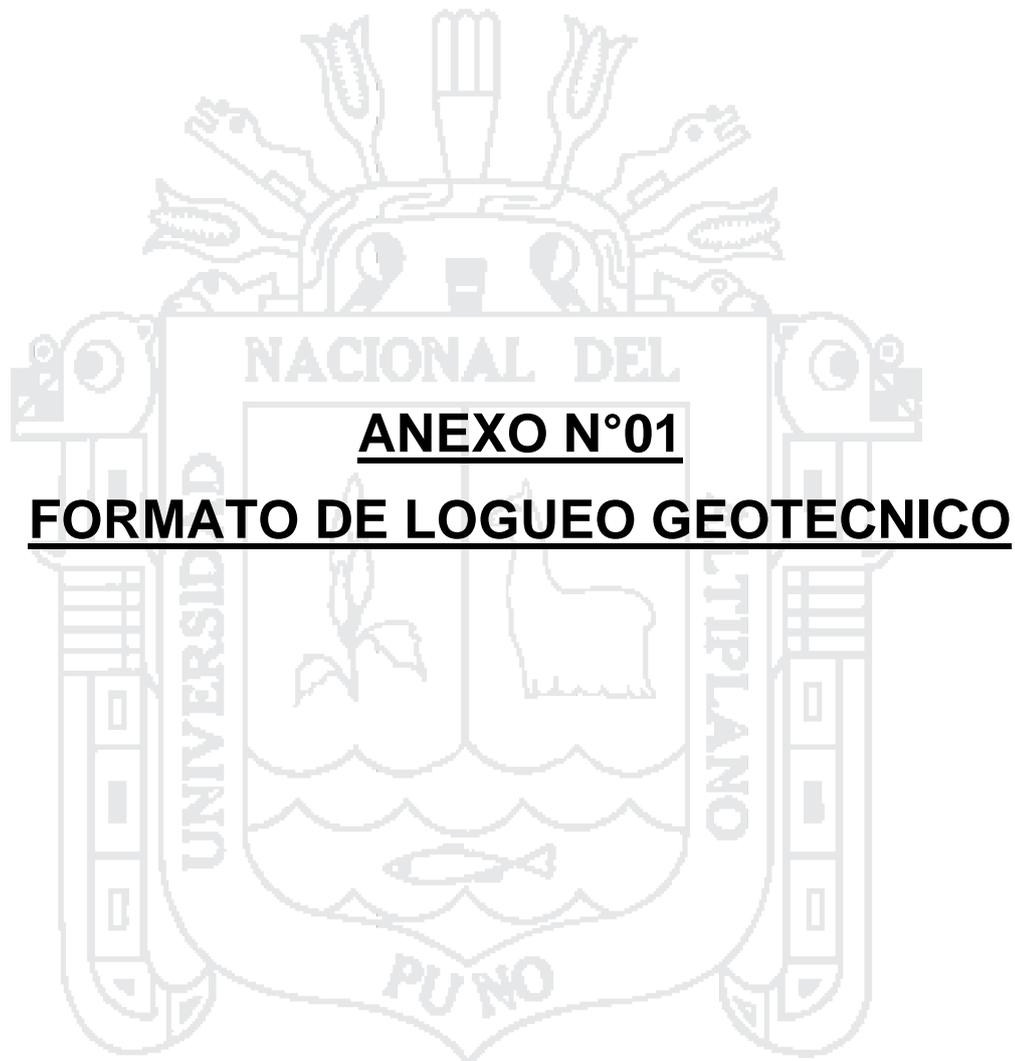
**BIBLIOGRAFIA**

1. **ACOSTA J. (2009)**. “Relación del volcanismo Mío – plioceno con los depósitos epitermales de Au y Ag en la cordillera occidental del sur del Perú (Arequipa, Ayacucho – Huancavelica)”, INGEMMET por dirección de recursos minerales y energéticos.
2. **ALVA H. J. E. (1996)**, “Terzaghi y la Mecánica de Suelos”, Universidad Nacional de Ingeniería; Lima – Perú.
3. **ALVA H. J. E. (2007)**, “Exploración Geotécnica”, Universidad Nacional de Ingeniería; Lima - Perú.
4. **ANDERSON, E.M. (1951)** “The Dynamics of Faulting and dyke Formation with Application to Britain”. Oliver & Boyd, 206 p.
5. **BAÑÓN B. L. (2015)**, “Clasificación de Suelos”. Madrid, España.
6. **BIENIAWSKI, Z.T. (1989)**, “Engineering Rock Mass Classification. A. Wley-interdscience Publications. New York. Norte américa, 252 pp.
7. **DAS B. M. (2001)** “Fundamentos de la Ingeniería de Geotecnia”, California, Estate Sacramento.
8. **BRIONES G. J. (1994)** “Presas de Tierra y Enrocamiento y Resistencia a la falla por Filtración”, Lima, Perú.
9. **BOWLES J. E. (1982)**, “Propiedades Geofísicas de los Suelos”. Ediciones Lerner México.
10. **BOWLES J. E. (1982)**, “Manual de Laboratorio de Mecánica de Suelos”. Editorial Mc Graw – Hill Latinoamericana, Bogotá – Colombia.
11. **CARLOTTO, V. JAILLARD, E., CARLIER, G., CARDENAS, J., CERPA, L., FLORES, T., LA TORRE, O. & IBARRA, I., (2005)**. “Las cuencas terciarias sin orogénicas en el Altiplano y la Cordillera Occidental del Sur del Perú. “Arce, J., ed. Alberto Giesecke Matto, Soc. Geol. Perú, Lima, Vol. Especial 6, Pg. 103 – 126.
12. **CARLOTO, V.; QUISPE, J.; ACOSTA, H.; RODRÍGUEZ, R.; ROMERO, D. (2009)**. “Dominios geotectónicos y metalogénesis del Perú”. Boletín Sociedad Geológica del Perú, 103 p.

13. **CORDOVA J. Y. (1999)**, Estudio Geológico – Geotécnico de Prospección de Materiales. Comité Internacional Española de grandes Presas. Madrid España, 286 p.
14. **COX. A. Y BRYAN, H. (1986)**, Plate Tectonics. Blachwell Scientific Publications. 391p.
15. **CRESPO V. C. (1990)**, Mecánica de Suelos y Cimentaciones. Editorial Limusa Noriega. México.
16. **DELGADO V. (1996)**, Ingeniería de Cimentaciones. Editorial Alfa Omega. México.
17. **ESQUIVEL Z. (1999)**, Análisis Geotécnico y Propuesta de Cimentación del Proyecto Huancarama de Presa Soctacocha. Apurímac – Perú.
18. **GONZALES D. V. L. I. (2003)** Ingeniería Geológica, Pearson Educación, Madrid España, .715 p.
19. **HEREDIA M. H. (2002)**, Manual Práctico del Ingeniero Civil. Primera Edición Lima, Perú 197 p.
20. **HERRERA, F (2003)** Geotecnia 2000., Zaragoza, España.
21. **HOEK & BROWN, E.T. (1980)**. Excavaciones Subterráneas en Rocas, Instituto of Mining and Metalurgy, London, Versión en español por Mc Graw Hill, México, 634 pp.
22. **JIMENEZ S. J. A. (1980)**, Geotecnia y Cimientos (tomo I, II, III). Editorial Limusa, España.
23. **JENKS. (1946)**, Geología del cuadrángulo San Miguel 27 – O”. Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET), Boletín N° 83.
24. **JUAREZ B. RICO R. (1990)**. Mecánica de suelos tomo II, Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos, Limusa, Noriega Editores, México 453 p.
25. **KRYNINE P. D. JUDD. W. (1972)**, Principios de Geología y Geotécnia para Ingenieros, Traductor, José M. Ríos. Tercera Edición, Barcelona, España, 828p.
26. **MARRETT, R.A.; ALLMENDINGER, R. W. (1990)**, Cinematic analysis of fault – slip data. Journal of structural geology, 973 – 986 p.
27. **MARTINEZ V.A. J. (1991)**, Geotecnia para Ingenieros. Editorial UNI, Lima – Perú.

28. **MEGARD F. (1978)**, Estudio Geológico de los Andes del Perú Central. Inst. Geol. Min. Met. Bol. N°8. Serie D. Estudios Especiales.
29. **MENDILIV M. (1965)**, Geología de la cordillera Occidental y Altiplano al Oeste del Lago Titicaca – Sur del Perú, (Proyecto integrado del Sur). Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET), Boletín N° 42,
30. **MUÑOZ, A.; DE VICENTE, G. (2006)**, Análisis del Estado de Esfuerzo Activos en la Corteza. UCM. Programa de Doctorado. 331 p.
31. **OYARZÚN R. & DOBLAS M. (2004)**, Fallas y Zonas de Cizalla. Universidad De Madrid, España.
32. **PALACIOS M.O., De la CRUZ W., J.S.; DE LA CRUZ B.N.S.; KLINCK B.A.; ELLISON, R.A.; HAWKINS, M.P.**; Geología de la cordillera Occidental y Altiplano al Oeste del Lago Titicaca – Sur del Perú, (Proyecto integrado del Sur). Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET), Boletín N° 42.
33. **PALACIOS M.O. (1993)**, Geología del Perú, Primera Edición, Lima – Perú. Impresiones Firmat S.A. Ediciones e Impresiones. Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET), Boletín N° 55.
34. **PETIT, J P. (1987)**, Criterios para el sentido del movimiento en la superficie de falla en rocas frágiles. Revista de geología estructural 9. pp 5-6.
35. **TERZAGHI K. Y PECK R.B. (1948)**, Soil Mechanics in Engineering Practice, John Wiley, New York.
36. **RIEDEL W. (1982)** Geología estructural, Sistemas de Fallas - Estructuras Tectónicas. Ediciones Omega, Barcelona 518p.
37. **SYLVESTER, ARTHUR G. (1988)**. Strike – slip faults, Geological Society of America Bulletin. 100 p.
38. **SEMPERE T. (2000)**, Características y génesis de la formación Ayabacas. Departamento de Puno y Cusco. S.G.P.
39. **SUAREZ B, L.O. (2016)**, Análisis de estabilidad de Taludes. Primera Edición. Medellín, Colombia, 153.p.











REGISTRO DE PERFORACION PP-01																														
SONDEO N°: PP-01																														
PROYECTO : REPRESA MALCOMAYO			INCLINACION DEL SONDEO : 45°			EQUIPO : Ly-44																								
UBICACION : EJE DE PRESA ENTRE ESTRIBO LADO DERECHO DEL CAUCE			PROFUNDIDAD PROYECTADA : 50			FECHA DE INICIO : 18/01/2014																								
COORDENADAS : N 8232845 E 388615			PROFUNDIDAD EJECUTADA : 34.10			FECHA DE FIN : 20/01/2014																								
COTA : 3948			REGISTRADO POR : F.L.R.Q.			PERFORISTA :																								
			REVISADO POR :			NIVEL FREATICO :																								
PROFUNDIDAD (m)	TIP Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PERIODA COLOR DEL AGUA RESERVO	LONITUD CORRIERA DE PERFORACION (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	N° CALAS DE TESTIGOS	RECUPERACION (%)		R.Q.D. (%)	PRUEBA DE BLOQUE Y UNIDAD LOGEON (m/m)	Ensayo SPT		CARACTERISTIC. DE LA ROCA			CARACTERISTICAS DE FRACTURAS			CLASIFICACION DE MACIZO	PROFUNDIDAD (m) Y N° MUESTRA LABORATORIO								
									20	40			60	80	20	40	60	80	Int (m)	N			Grado de Alteracion	Grado de Fracturamiento	Grado de Resistencia	Fracturas / Corrida	Tipos	Relieve	Apertura	Rugosidad
0.0																														
1.0				2.20	ROCA TRAQUIANDESITA moderadamente alterada con fracturamientos en dos planos rellenos de oxidos de 4mm con una patina de oxidos leve	TTa-ta/ta	CAJA N°01		66%		26%				A-3	F-3	R-4	26	oxidos y limos	4mm	4mm	rugoso	debil	52	Regular					
2.0																														
3.0				1.40							50%		14%				A-3	F-4	R-4	13	oxidos y limos	4mm	4mm	rugoso	moderada	50	Regular			
4.0																														
5.0				1.70	BRECHA VOLCANICA TRAQUIANDESITICA Roca volcanica color marron oscuro con clastos subangulosos de 2cm a 6cm. Con fracturas rellenas de oxidos de 3mm	TTa-ta/ta	CAJA N°02	4.40	100%		43%					A-3	F-3	R-4	28	oxidos y limos	3mm	3mm	rugoso	moderada	55	Regular				
6.0																														
7.0				1.40							100%		81%				A-3	F-3	R-4	12	oxidos	3mm	3mm	rugoso	moderada	65	buena			
8.0																														
9.0				1.60	BRECHA VOLCANICA TRAQUIANDESITICA Roca volcanica color marron oscuro con clastos subangulosos de 2cm a 6cm. Con fracturas rellenas de oxidos de 3mm	TTa-ta/ta	CAJA N°03	7.20	100%		86%				A-3	F-2	R-3	10	oxidos	3mm	3mm	rugoso	moderada	68	buena					
10.0				1.30							100%		77%				A-3	F-2	R-3	8	oxidos	3mm	3mm	rugoso	debil	61	buena			

ALTERACION DE LA ROCA	ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES	GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)	CLASIFICACION DEL MACIZO
A - 1 Roca no alterada (fresca)	F - 1 Masiva	R - 1 Muy Dura > 250	I MUY BUENA
A - 2 Roca poco alterada	F - 2 Fracturada	R - 2 Dura 100 - 250	II BUENA
A - 3 Roca moderadamente alterada	F - 3 Muy Fracturada	R - 3 Medio Dura 50 - 100	III REGULAR
A - 4 Roca muy alterada	F - 4 Extrem. Fracturada	R - 4 Ligeramente Dura 25 - 50	IV MALA
A - 5 Roca completamente alterada	F - 5 Fragmentada	R - 5 Suave o Blanda < 25	V MUY MALA
A - 6 suelo residual			

LEYENDA			
	ARENA LIMOSA (SM)		SIN CLASIFICACION S/C
	ARENA MAL GRADADA (SP)		BRECHA VOLCANICA
	GRAVA BIEN GRADADA (GW)		
	GRAVA MAL GRADADA (GP)		

SONDEO N°: PP-01		
ELABORADO POR : F.L.R.Q.	REVISADO POR :	HOJA 1





REGISTRO DE PERFORACION PP-01																												
SONDEO Nº: PP-01																												
PROYECTO		: REPRESA MALCOMAYO				INCLINACION DEL SONDEO		: 45°		EQUIPO		: Ly-44																
UBICACION		: EJE DE PRESA ENTRE ESTRIBO LADO DERECHO DEL CAUCE				PROFUNDIDAD PROYECTADA		: 50		FECHA DE INICIO		: 18/01/2014																
COORDENADAS		: N 8232845 E 388615				PROFUNDIDAD EJECUTADA		: 34.10		FECHA DE FIN		: 20/01/2014																
COTA		: 3948				REGISTRADO POR		: F.L.R.Q.		PERFORISTA		: _____																
						REVISADO POR		: _____		NIVEL FREATICO		: _____																
PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PERDIDA DE COLOR DEL AGUA DE REGANO	LONGITUD CORRIENDA DE PERFORACION (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	NÚMERO DE TESTIGOS	RECUPERACION (%)		R.Q.D. (%)	ENSAYO SPT		CARACTERISTICAS DE LA ROCA				CARACTERISTICAS DE FRACTURAS				CLASIFICACION DE MACIZO	PROFUNDIDAD Y Nº LABORATORIO					
									20	40		60	80	20	40	60	80	Int (m)	N	Grado de Alteracion	Grado de Fracturamiento			Grado de Resistencia	Fracturas / Corrida	Tipo	Refinio	Apertura
30.0				1.60	BRECHA VOLCANICA TRAQUIANDESITICA Roca volcanica de color marron claro con clastos subangulosos de 2cm. A 7cm. Poco fracturada con fracturas rellenas de limos y oxidos de 3mm		Tla-talaba	CAJA N°11	100%	61%	61%	17	A-3	F-4	R-3	Oxidas y limos	4mm	4mm	muy rugoso	moderada	57	regular						
31.0	31.10																											
32.0				1.60											100%	80%	80%	A-3	F-3	R-3	Oxidas y limos	3mm	3mm	rugoso	moderada	66	bueno	
33.0				1.40					86%	88%	88%	A-3	F-2	R-3	Oxidas y limos	4mm	4mm	rugoso	moderada	61	bueno							
34.0	34.10							CAJA N°12	33.65																			
35.0																												
36.0																												
37.0																												
38.0																												
39.0																												
40.0																												

ALTERACION DE LA ROCA		ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES		GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)		CLASIFICACION DEL MACIZO		LEYENDA				
A - 1	Roca no alterada (fresca)	F - 1	Masiva	R - 1	Muy Dura	> 250	I	MUY BUENA		ARENA LIMOSA (SM)		SIN CLASIFICACION S/C
A - 2	Roca poco alterada	F - 2	Fracturada	R - 2	Dura	100 - 250	II	BUENA		ARENA MAL GRADADA (SP)		BRECHA VOLCANICA
A - 3	Roca moderadamente alterada	F - 3	Muy Fracturada	R - 3	Medio Dura	50 - 100	III	REGULAR		GRAVA BIEN GRADADA (GW)		
A - 4	Roca muy alterada	F - 4	Extrem. Fracturada	R - 4	Ligeramente Dura	25 - 50	IV	MALA		GRAVA MAL GRADADA (GP)		
A - 5	Roca completamente alterada	F - 5	Fragmentada	R - 5	Suave o Blanda	< 25	V	MUY MALA				
A - 6	Residuo residual											
OBSERVACIONES												
<b>SONDEO Nº: PP-01</b>												
ELABORADO POR :				REVISADO POR :				HOJA				
F.L.R.Q.								4				



REGISTRO DE PERFORACION PP-02

SONDEO Nº: PP-02

PROYECTO	: REPRESA MALCOMAYO	INCLINACION DEL SONDEO	: 0°	EQUIPO	: DE-710
UBICACION	: EJE DE PRESA ENTRE ESTRIBO LADO DERECHO DEL CAUCE	PROFUNDIDAD PROYECTADA	: 40	FECHA DE INICIO	: 21/01/2014
COORDENADAS	: N 8232870 E 388626	PROFUNDIDAD EJECUTADA	: 29.40	FECHA DE FIN	: 21/01/2014
		REGISTRADO POR	: F.L.R.Q	PERFORISTA	:
		REVISADO POR	:	NIVEL FREATICO	: 0.20

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	PERIODICIDAD DEL PASADO DE TIEMPO	LONGITUD CORRIENDA DE PERFORACION (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	Nº CALAS DE TESTIGOS	RECUPERACION (%)		R.Q.D. (%)	UNIDAD LUBRICANTE (cm)	Ensayo SPT Int (m) N	CARACTERISTIC. DE LA ROCA				CARACTERISTICAS DE FRACTURAS				CLASIFICACION DE MACIZO	PROFUNDIDAD (m) Y Nº LABORATORIO					
									20	40				60	80	20	40	60	80	Grado de Alteracion	Fracturamiento			Grado de Resistencia	Fracturas / Corrida	Tipo	Radio	Apertura
0.0									100%		76%		A-3															
1.0				1.40																								
2.0				1.20				CAJA Nº01	92%		97%		A-3	F-2	R-3	6	oxidos y limos	4mm	4mm	nugoso	baja	68	bueno					
3.0				1.30					46%		22%		A-3	F-3	R-3	12	oxidos y limos	5mm	5mm	nugoso	baja	48	regular					
4.0				3.90					33%		46%		A-3	F-3	R-3	9	oxidos y limos	3mm	3mm	nugoso	baja	54	regular					
5.0				1.50				Tie-ta/ba	2%		0%		A-3	F-3	R-3	9	oxidos y limos	3mm	3mm	nugoso	baja	54	regular					
6.0																												
7.0																												
8.0				4.30				CAJA Nº02					A-3	F-3	R-3	2	oxidos y limos	5mm	5mm	nugoso	baja	52	regular					
9.0																												
10.0																												

ALTERACION DE LA ROCA	ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES	GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)	CLASIFICACION DEL MACIZO	LEYENDA
A - 1 Roca no alterada (fresca)	F - 1 Masiva	R - 1 Muy Dura > 250	I MUY BUENA	
A - 2 Roca poco alterada	F - 2 Fracturada	R - 2 Dura 100 - 250	II BUENA	
A - 3 Roca moderadamente alterada	F - 3 Muy Fracturada	R - 3 Medio Dura 50 - 100	III REGULAR	
A - 4 Roca muy alterada	F - 4 Extrem. Fracturada	R - 4 Ligeramente Dura 25 - 50	IV MALA	
A - 5 Roca completamente alterada	F - 5 Fragmentada	R - 5 Suave o Blanda < 25	V MUY MALA	
A - 6 Suelo residual				
OBSERVACIONES				

<b>SONDEO Nº: PP-02</b>		
ELABORADO POR : F.L.R.Q.	REVISADO POR :	HOJA 1

REGISTRO DE PERFORACION PP-02

SONDEO N°: PP-02

PROYECTO : REPRESA MALCOMAYO  
 UBICACIÓN : EJE DE PRESA ENTRE ESTRIBO LADO DERECHO DEL CAUCE  
 COORDENADAS : N 8232870 E 388626  
 COTA : 3914  
 INCLINACION DEL SONDEO : 0°  
 PROFUNDIDAD PROYECTADA : 40  
 PROFUNDIDAD EJECUTADA : 29.40  
 REGISTRADO POR : F.L.R.Q.  
 REVISADO POR :  
 EQUIPO : DE-710  
 FECHA DE INICIO : 21/01/2014  
 FECHA DE FIN : 21/01/2014  
 PERFORISTA : A.GUZMAN/QUENTA  
 NIVEL FREATICO : 0.20

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PERDIDA COLOR DEL AGUA DE PERFORACION	LONGITUD CORRIJA DE PERFORACION (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	N° CALAS DE TESTIGOS	RECUPERACION (%)		R.G.D. (%)	PERMEABILIDAD Y UNIDAD LOGION (cm/s)	Ensayo SPT	CARACTERISTIC. DE LA ROCA			CARACTERISTICAS DE FRACTURAS																				
									20	40				60	80	20	40	60	80	Grado de Alteración	Grado de Fracturamiento	Registación	Fracturas / Corrida	Tipo	Rebano	Apertura	Registación	Alteración	R.M.R	CLASIFICACION DE MACIZO	PROFUNDIDAD (m) Y N° MUESTRA A LABORATORIO						
10.0													Int (m)																								
11.0																																					
12.0																																					
12.90																																					
13.0																																					
14.0																																					
14.20																																					
15.0																																					
15.50																																					
16.0																																					
17.0																																					
17.1																																					
18.0																																					
18.4																																					
19.0																																					
20.0																																					

BRECHA TRAQUIANDESITICA color marron , fracturamiento en planos de 2 juntas preexistentes subverticales y inclinada con 40° c/vertical , en fractura relleno limos y oxidos de 4 mm. , la misma presenta patina de oxidacion en plano subvertical de percola

ALTERACION DE LA ROCA		ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES		GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)		CLASIFICACION DEL MACIZO	
A - 1	Roca no alterada (fresca)	F - 1	Masiva	R - 1	Muy Dura	> 250	I MUY BUENA
A - 2	Roca poco alterada	F - 2	Fracturada	R - 2	Dura	100 - 250	II BUENA
A - 3	Roca moderadamente alterada	F - 3	Muy Fracturada	R - 3	Medio Dura	50 - 100	III REGULAR
A - 4	Roca muy alterada	F - 4	Extrem. Fracturada	R - 4	Ligeramente Dura	25 - 50	IV MALA
A - 5	Roca completamente alterada	F - 5	Fragmentada	R - 5	Suave o Blanda	< 25	V MUY MALA
A - 6	suelo residual						

OBSERVACIONES	

ARENA LIMOSA (SM)	SIN CLASIFICACION SIC
ARENA MAL GRADADA (SP)	
GRAVA BIEN GRADADA (GW)	
GRAVA MAL GRADADA (GP)	

SONDEO N°: P-04  
 ELABORADO POR : F.L.R.Q.  
 REVISADO POR :  
 HOJA 2







REGISTRO DE PERFORACION PP-03																									
SONDEO N°: PP-03																									
PROYECTO : "Represa Malcomayo"					INCLINACION DEL SONDEO : -90°					EQUIPO : 710															
UBICACION : Malcomayo - Puno					AZIMUT DEL SONDEO :					FECHA DE INICIO : 25/01/2014															
COORDENADAS : NORTE 8232955 ESTE 388623					PROFUNDIDAD PROYECTADA : 58.00					FECHA DE FIN : 30/01/2014															
					PROFUNDIDAD EJECUTADA : 50.00					PERFORISTA : K. Condo/ N. Del Castillo															
COTA : 3914.0 m.s.n.m					REGISTRADO POR :					NIVEL FREATICO :															
					REVISADO POR :																				
PROFUNDIDAD (m)	TIP Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	N. PERFORA. COLOR AGUA DE RETORNO	CONSTITUCION DE LA PERFORACION (m)	NIVEL FREATICO	DESCRIPCION LITOLOGICA	CLASIFICACION SUCE	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	N. CAJAS DE TESTIGOS	RECUPERACION (%)		R.Q.D. (%)	ENSAYO SPT	CARACTERISTICAS DE LA ROCA				CARACTERISTICAS DE FRACTURAS				CLASIFICACION DE MADEROS (m)	PROFUNDIDAD (m) Y N. LABORATORIO	
											20	40			60	80	Grado de Alteracion	Grado de Fracturamiento	Resistencia	Fracturas / Comidas	Tipo	Relieve			Apertura
10.0	10.10			0.60		SPT N° 05, material poco suelto de mezcla de limos con arena gruesa y esporádicos clastos de grava				CAJA N° 03	58%														
	10.70			0.20							100%														
11.0	10.90			1.10		Material poco suelto, limo con arena gruesa con mezcla y grava, color beige, grava de naturaleza de la desagregación total de boloneria volcánica traquiandesita, composición volumétrica: arena 50%, limos 30%, grava 20%, tamaños de grava desde 0.5 hasta 6c					91%														
12.0	12.50			0.60		SPT N° 06, material poco suelto de limos arenas gruesas y gravas					100%														
13.0	13.80			1.20							75%														
14.0	14.00			1.20		Material poco suelto, limo con arena gruesa con mezcla y grava, color beige, grava de naturaleza de la desagregación total de boloneria volcánica traquiandesita, composición volumétrica: arena 50%, limos 30%, grava 20%, tamaños de grava desde 0.5 hasta 6c					88%														
15.0	15.60	HQ	HW	0.60		SPT N° 07, material poco suelto de limos, arena gruesa y gravas de 0.5 a 6 cm					58%														
16.0	16.70			1.10							59%														
17.0	17.60			0.90							44%														
18.0	18.40			0.80		Material poco suelto, limo con arena gruesa con mezcla y grava, color beige, grava de naturaleza de la desagregación total de boloneria volcánica traquiandesita, composición volumétrica: arena 50%, limos 30%, grava 20%, tamaños de grava desde 0.5 hasta 6c					100%														
19.0				1.80							64%														
20.0																									

ALTERACION DE LA ROCA		ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES		GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)		CLASIFICACION DEL MACIZO		LEYENDA	
A-1	Roca no alterada (fresca)	F-1	Masiva	R-6	Muy Dura	> 250	I	MUY BUENA	
A-2	Roca poco alterada	F-2	Fracturada 1-5 Frac/m	R-5	Dura	100-250	II	BUENA	
A-3	Roca moderadamente alterada	F-3	Muy Fracturada 6-10 Frac/m	R-4	Medio Dura	50-100	III	REGULAR	
A-4	Roca muy alterada	F-4	Extrem. Fracturada 11-20 Frac/m	R-3	Ligeramente Dura	25-50	IV	MALA	
A-5	Roca completamente alterada	F-5	Fragmentada > 20 Frac/m	R-2	Blanda o Blanda	< 25	V	MUY MALA	
A-6	suelo residual								
OBSERVACIONES									

SONDEO N°: PP-03		
ELABORADO POR : F.L.R.Q.	REVISADO POR :	HOJA 2





REGISTRO DE PERFORACION PP-03

SONDEO N°: PP-03

PROYECTO : "Represa Malcomayo"	INCLINACION DEL SONDEO : -90°	EQUIPO : 710
UBICACION : Malcomayo - Puno	AZIMUT DEL SONDEO : 0°	FECHA DE INICIO : 25/01/2014
COORDENADAS : NORTE 8232955 ESTE 388623	PROFUNDIDAD PROYECTADA : 58.00	FECHA DE FIN : 30/01/2014
COTA : 3914.0 m.s.n.m	PROFUNDIDAD EJECUTADA : 58.00	PERFORISTA : K. Condo/ N. Del Castillo
	REGISTRADO POR : F.L.R.Q.	NIVEL FREATICO : 0.00
	REVISADO POR :	

Profundidad (m)	Nivel freático	DESCRIPCION LITOLÓGICA	CLASIFICACION SILO	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	N° CAJAS DE TIEMPO	RECUPERACION (%)		R.G.D. (%)	ENSAJO SPT		CONDICIONES DE LA ROCA				CARACTERISTICAS DE LA ROCA				CLASIFICACION DE LA ROCA	NIVEL FREATICO	
							20-30	30-40		40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	Int (m)	N	Estado de Conservación	Fracturación			Alteración
40.0		LPT N° 12, material gravoso con arenas gruesas					37%															
40.45	0.45					CAJA N° 08	29%															
41.0	0.75																					
41.20																						
42.0	1.60																					
42.80																						
43.0																						
44.0	1.60	Material gravoso de naturaleza traquiandesítico de 2-3cm semiangulosos y clastos de bolsoneria				CAJA N° 09	29%															
44.50																						
45.0	2.00					CAJA N° 09																
46.0																						
46.50																						
47.0	1.70																					
48.0																						
48.20																						
49.0	1.60	Material gravoso moderadamente alterado de origen traquiandesítico bloques pequeños de rocas semiangulosos con fracturas rellenas de óxidos.				CAJA N° 10																
49.80																						
50.0																						

ALTERACION DE LA ROCA	ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES	GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Masa)	CLASIFICACION DEL MAZÓN
A-1 Roca no alterada (fresco)	F-1 Masiva	R-6 Muy Dura > 250	I BUENA
A-2 Roca poco alterada	F-2 Fracturada	R-5 Dura 100-250	II BUENA
A-3 Roca moderadamente alterada	F-3 Muy Fracturada	R-4 Medio Dura 50-100	III REGULAR
A-4 Roca muy alterada	F-4 Extrem. Fracturada	R-3 Moderadamente Dura 25-50	IV MALA
A-5 Roca completamente alterada	F-5 Fragmentada	R-2 Blanda o Blanda	V MUY MALA
A-6 Suelo residual			

OBSERVACIONES

REVISADO POR: F.L.R.Q.      REGISTRADO POR: F.L.R.Q.      HOJA: 3





REGISTRO DE PERFORACION PP-04

SONDEO N°: PP-04

PROYECTO	: REPRESA MALCOMAYO	INCLINACION DEL SONDEO	: 90°	EQUIPO	: DH-710
UBICACION	: EJE DE PRESA ENTRE ESTRIBO LADO IZQUIERDO DEL CAUCE	PROFUNDIDAD PROYECTADA	: 50.00	FECHA DE INICIO	: 13/01/2014
COORDENADAS	: N 8232916 E 388688	PROFUNDIDAD EJECUTADA	: 56.00	FECHA DE FIN	: 24/01/2014
COTA	: 3913	REGISTRADO POR	: F.L.R.Q.	PERFORISTA	: N.CASTILLO/ Q.CONDO
		REVISADO POR		NIVEL FREATICO	: 0.50

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PERDIDA COLOR DEL AGUA DEFECTUOSO	LONGITUD CORRIADA DE PERFORACION (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	N° CALAS DE TESTIGOS	RECUPERACION (%)	R.Q.D. (%)	PERMEABILIDAD Y UNIDAD LUBRICA (cm/s)	Ensayo SPT		CARACTERISTICAS DE LA ROCA				CARACTERISTICAS DE FRACTURAS				CLASIFICACION DE MACIZO	PROFUNDIDAD (m) Y N° MUESTRA A LABORATORIO		
												Int (m)	N	Grado de Alteracion	Grado de Resistencia	Resistencia	Fracturas / Corridas	Tipo	Reheno	Apertura	Regiosidad			Alteracion	R.M.R
0.0				0.50	Arenas con gravas subangulares con presencia de vegetacion		Qh-I	CAJA N°01	100%			0.00	0.00												
0.50				0.70	Arenas con gravas subangulares con gravas de 1cm. A 4cm.		Qh-I	CAJA N°01	100%				0.45												
1.0				1.2	Arenas con gravas subangulares con poco limo		Qh-I	CAJA N°01	100%																
1.60				2.0	Arenas con mayor cantidad de gravas con limo		Qh-I	CAJA N°01	100%																
2.0				2.6	Arenas con gravas de 1cm. A 5cm. subangulosas con presencia de limos		Qh-I	CAJA N°01	100%																
2.6				3.0	Arenas con gravas y limos, gravas de 1cm. A 3cm.		Qh-I	CAJA N°01	100%																
3.0				3.2	arenas limos arcillas de baja plasticidad con pequeñas gravas		Qh-I	CAJA N°02	100%																
3.2				3.80	spt		Qh-I	CAJA N°02	70%																
3.80				4.0	hasta 5.35 arenas con gravas luego arcillas con limos		Qh-I	CAJA N°02	100%																
4.0				4.50	arenas, gravas de 1cm. A 5cm. y limos		Qh-I	CAJA N°02	100%																
4.50				5.0	arenas con limos y arcillas con poco porcentaje de grava		Qh-I	CAJA N°02	100%																
5.0				5.9	gravas lavadas de 1cm. a 6 cm.		Qh-I	CAJA N°03	100%																
5.9				6.0	arenas gruesas, gravas semiangulares de 2cm. a 4cm.		Qh-I	CAJA N°03	100%																
6.0				6.4	A arenas con gravas semiangulares		Qh-I	CAJA N°03	70%																
6.4				6.70	Arenas con gravas hasta los 8.90 luego limos con arcillas		Qh-I	CAJA N°03	80%																
6.70				7.0	Gravillas, limos con arcillas de baja plasticidad		Qh-I	CAJA N°03	67%																
7.0				7.1			Qh-I	CAJA N°03																	
7.1				7.40			Qh-I	CAJA N°03																	
7.40				8.0			Qh-I	CAJA N°03																	
8.0				8.4			Qh-I	CAJA N°03																	
8.4				9.0			Qh-I	CAJA N°03																	
9.0				9.40			Qh-I	CAJA N°03																	
9.40				10.0			Qh-I	CAJA N°03																	
10.0							Qh-I	CAJA N°03																	

ALTERACION DE LA ROCA	ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES	GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)	CLASIFICACION DEL MACIZO	LEYENDA
A - 1 Roca no alterada (fresca)	F - 1 Masiva	R - 1 Muy Dura > 250	I MUY BUENA	
A - 2 Roca poco alterada	F - 2 Fracturada	R - 2 Dura 100 - 250	II BUENA	
A - 3 Roca moderadamente alterada	F - 3 Muy Fracturada	R - 3 Medio Dura 50 - 100	III REGULAR	
A - 4 Roca muy alterada	F - 4 Extrem. Fracturada	R - 4 Ligeramente Dura 25 - 50	IV MALA	
A - 5 Roca completamente alterada	F - 5 Fragmentada	R - 5 Suave ó Blanda < 25	V MUY MALA	
A - 6 suelo residual				

OBSERVACIONES		

SONDEO N°: PP-04		
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	HOJA
F.L.R.Q.		1

REGISTRO DE PERFORACION PP-04																						
SONDEO N°: PP-04																						
PROYECTO : REPRESA MALCOMAYO				INCLINACION DEL SONDEO : 90°				EQUIPO : DH-710														
UBICACION : EJE DE PRESA ENTRE ESTRIBO LADO IZQUIERDO DEL CAUCE				PROFUNDIDAD PROYECTADA : 50.00				FECHA DE INICIO : 13/01/2014														
COORDENADAS : N 8232916 E 388688				PROFUNDIDAD EJECUTADA : 56.00				FECHA DE FIN : 24/01/2014														
COTA : 3913				REGISTRADO POR : F.L.R.Q.				PERFORISTA : N.CASTILLO/Q.CONDO														
				REVISADO POR :				NIVEL FREATICO : 0.50														
PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PERDIDA DE COLOR DEL AGUA DEFENSADO	LONGITUD CORRIENDA DE PERFORACION (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	N° CAJAS DE TESTIGOS	RECUPERACION (%)		R.Q.D. (%)	ENSAYO SPT	CARACTERISTICAS DE LA ROCA				CARACTERISTICAS DE FRACTURAS				CLASIFICACION DE MACIZO	PROFUNDIDAD (m) Y N° LABORATORIO
									20	40			60	80	Grado de Alteracion	Grado de Fracturamiento	Grado de Resistencia	Fracturas / Corridos	Tipo	Relieve		
10.0				0.60	spt-2				50%			9.6 SPT-2 17 golpes 12.60										
10.6				1.00	gravas subangulosas con presencia de limos y poca arcilla		CAJA N°04		50%													
11.0				1.00	gravas subangulosas con presencia de limos y poca arcilla		CAJA N°04		50%													
11.60				1.00	gravas limos con presencia de poca arcilla		CAJA N°04		50%													
12.0				1.00	gravas limos con presencia de poca arcilla		CAJA N°04		50%													
12.6				0.60	gravas subangulosas con limos arenas y arcilla en bajo porcentaje		CAJA N°04		60%													
13.0				0.50	gravas subangulosas con limos arenas y arcilla en bajo porcentaje		CAJA N°04		67%													
13.2				0.50	gravas subangulosas con limos arenas y arcilla en bajo porcentaje		CAJA N°04		100%													
13.7				0.50	gravas limos con presencia de poca arcilla		CAJA N°05		86%													
14.0				0.70	gravas limos con presencia de poca arcilla		CAJA N°05		100%													
14.20				0.30	gravas subangulosas con limos arenas y arcilla en bajo porcentaje		CAJA N°05		100%													
14.9				0.40	gravas limos con presencia de poca arcilla		CAJA N°05		100%													
15.0				0.50	gravas subangulosas con limos arenas y arcilla en bajo porcentaje		CAJA N°05		100%													
15.2				0.50	gravas subangulosas con limos arenas y arcilla en bajo porcentaje		CAJA N°05		100%													
15.6				1.40	gravas subangulosas con limos arenas y arcilla en bajo porcentaje		CAJA N°06		79%													
16.0				1.00	gravas subangulosas con limos y arcilla en bajo porcentaje		CAJA N°06		70%													
16.1				1.00	gravas angulosas con limos y arcillas de baja plasticidad		CAJA N°06		70%													
16.6				20.80																		
17.0																						
18.0																						
19.0																						
20.0																						

ALTERACION DE LA ROCA	ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES	GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)	CLASIFICACION DEL MACIZO	LEYENDA
A - 1 Roca no alterada (fresca)	F - 1 Masiva	R - 1 Muy Dura > 250	I MUY BUENA	ARENA LIMOSA (SM)
A - 2 Roca poco alterada	F - 2 Fracturada	R - 2 Dura 100 - 250	II BUENA	SIN CLASIFICACION SIC
A - 3 Roca moderadamente alterada	F - 3 Muy Fracturada	R - 3 Medio Dura 50 - 100	III REGULAR	ARENA MAL GRADADA (SP)
A - 4 Roca muy alterada	F - 4 Extrem. Fracturada	R - 4 Ligeramente Dura 25 - 50	IV MALA	GRAVA BIEN GRADADA (GW)
A - 5 Roca completamente alterada	F - 5 Fragmentada	R - 5 Suave ó Blanda < 25	V MUY MALA	GRAVA MAL GRADADA (GP)
A - 6 suelo residual				

OBSERVACIONES		

SONDEO N°: PP-04		
ELABORADO POR :	REVISADO POR :	HOJA
F.L.R.Q.		2

REGISTRO DE PERFORACION PP-04

SONDEO N°: PP-04

PROYECTO	: REPRESA MALCOMAYO	INCLINACION DEL SONDEO	: 90°	EQUIPO	: DH-710
UBICACION	: EJE DE PRESA ENTRE ESTRIBO LADO IZQUIERDO DEL CAUCE	PROFUNDIDAD PROYECTADA	: 50.00	FECHA DE INICIO	: 13/01/2014
COORDENADAS	: N 8232916 E 388688	PROFUNDIDAD EJECUTADA	: 56.00	FECHA DE FIN	: 24/01/2014
COTA	: 3913	REGISTRADO POR	: F.L.R.Q.	PERFORISTA	: N.CASTILLO/Q.CONDO
		REVISADO POR		NIVEL FREATICO	: 0.50

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PERDIDA COLOR DEL AGUA DE FLEJADO	LONGITUD CORRIADA DE PERFORACION (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	N° CAJAS DE TESTAJOS	RECUPERACION (%)		R.Q.D. (%)	PERMEABILIDAD Y UNIDAD LOGEON (cm/sig)	Ensayo SPT Int (m) N	CARACTERISTICAS DE LA ROCA				CARACTERISTICAS DE FRACTURAS				R.M.R	CLASIFICACION DE MACIZO	PROFUNDIDAD (m) Y N° MUESTRA A LABORATORIO		
									20	40				60	80	20	40	60	80	Grado de Alteracion	Grado de Alteracion				Grado de Alteracion	Resistencia
20.0				0.50					100%																	
20.50				0.60				20.80	83%																	
21.0				0.80					100%																	
21.10				1.20	gravas subangulosas con limos y arcillas de baja plasticidad		GM	CAJA N°07	75%																	
21.90				1.00					60%																	
22.0				0.70				24.60	86%																	
23.0				1.20	Arenas y gravas subangulosas de 1cm. A 4cm.		GP		58%																	
23.10				1.70				CAJA N°08	100%																	
24.0				1.00					100%																	
24.10				1.40	arenas, gravas con limos de color beige; arenas en un 45%, gravas en un 40% y limos en un 15% de origen fluvial con contenido de gravas de 0.5 a 1 cm y de 3 a 4 cm.		SM		100%																	
24.80								28.60																		
25.0																										
26.0																										
27.0																										
27.7																										
28.0																										
28.7																										
29.0																										
30.0																										

ALTERACION DE LA ROCA		ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES		GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)		CLASIFICACION DEL MACIZO		LEYENDA					
A - 1	Roca no alterada (fresca)	F - 1	Masiva	R - 1	Muy Dura	> 250	I	MUY BUENA		ARENAS LIMOSA (SM)		SIN CLASIFICACION S/C	
A - 2	Roca poco alterada	F - 2	Fracturada	1 - 5 Frac/m	R - 2	Dura	100 - 250	II	BUENA		ARENAS MAL GRADADA (SP)		GRAVA BIEN GRADADA (GW)
A - 3	Roca moderadamente alterada	F - 3	Muy Fracturada	6 - 10 Frac/m	R - 3	Medio Dura	50 - 100	III	REGULAR		GRAVA MAL GRADADA (GP)		
A - 4	Roca muy alterada	F - 4	Extrema, Fracturada	11 - 20 Frac/m	R - 4	Ligeramente Dura	25 - 50	IV	MALA				
A - 5	Roca completamente alterada	F - 5	Fragmentada	> 20 Frac/m	R - 5	Suave o Blanda	< 25	V	MUY MALA				
A - 6	suelo residual												

<b>SONDEO N°: PP-04</b>		
ELABORADO POR :	REVISADO POR :	HOJA
F.L.R.Q.		3

### REGISTRO DE PERFORACION PP-04

#### SONDEO N°: PP-04

PROYECTO	: REPRESA MALCOMAYO	INCLINACION DEL SONDEO	: 90°	EQUIPO	: DH-710
UBICACION	: EJE DE PRESA ENTRE ESTRIBO LADO IZQUIERDO DEL CAUCE	PROFUNDIDAD PROYECTADA	: 50.00	FECHA DE INICIO	: 13/01/2014
COORDENADAS	: N 8232916 E 388688	PROFUNDIDAD EJECUTADA	: 56.00	FECHA DE FIN	: 24/01/2014
COTA	: 3913	REGISTRADO POR	: F.L.R.Q.	PERFORISTA	: N.CASTILLO/Q.CONDO
		REVISADO POR		NIVEL FREATICO	: 0.50

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PERDIDA COLOR DEL AGUA DE RETURN	LONGITUD CORRIJA DE PERFORACION (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	N° CAJAS DE TESTIGOS	RECUPERACION (%)		R.Q.D. (%)	PERMEABILIDAD Y UNIDAD LOGION (cm/s)	Ensayo SPT		CARACTERISTIC. DE LA ROCA				CARACTERISTICAS DE FRACTURAS				R.M.R	CLASIFICACION DE MACIZO	PROFUNDIDAD (m) Y N° MUESTRA A LABORATORIO
									20	40			60	80	20	40	60	80	Int (m)	N	Grado de Alteracion	Grado de Fracturamiento			
30.0				0.50	gravas limosas con poca arena color beige; gravas bien gradadas con un 40% limos en un 35% y arenas lavadas 25%.		SM	CAJA N°09	60%																
31.0				2.30	arenas, gravas subredondeadas y un bloque de andesita recuperado en un 44%		SP																		
32.0				31.80			Kt-Ba		61%		75%														
33.0				0.20	SPT=52 golpes (rechazo)				0%																
34.0				0.90	Arenas mal gradadas con gravas subredondeadas		SP	CAJA N°10	53%																
35.0				1.20	Arenas con gravas con pocos limos; arenas mal gradadas con gravas bien gradadas de 1 a 3 cm subredondeadas		G M	CAJA N°10	75%																
36.0				0.80	Arenas con gravas y limos, arenas mal gradadas con mezcla de gravas subredondeadas de naturaleza andesitica de 0.5 a 1 cm, gravas bien gradadas de composicion volcanica.				88%																
37.0				0.50	Arenas con gravas mal gradadas con limos color carne oscuro		SP		100%																
38.0				0.50	arenas mal gradadas con gravas mal gradadas subredondeadas con limos.		sp		100%																
39.0				0.50	arenas con gravas bien gradadas con subredondeadas y limos de naturaleza andesitica con bolones insitu.				100%																
40.0				0.50	arenas con gravas y limos de color beige oscuro				100%																
40.0				0.70	arenas con gravas y limos de naturaleza andesitica		SM	CAJA N°10	100%																
40.0				0.70	Arenas y gravas subredondeadas de 1cm a 5cm				57%																
40.0				0.20	arenas con limos y gravas de 0.5 a 3 cm.				50%																
40.0				0.40	andesita con gravas mal gradadas de 1cm a 7 cm.				60%																

ALTERACION DE LA ROCA		ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES		GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)		CLASIFICACION DEL MACIZO		LEYENDA					
A - 1	Roca no alterada (fresca)	F - 1	Massiva	R - 1	Muy Dura	> 250	I	MUY BUENA		ARENA LIMOSA (SM)		SIN CLASIFICACION S/C	
A - 2	Roca poco alterada	F - 2	Fracturada	1 - 5 Frac/m	R - 2	Dura	100 - 250	II	BUENA		ARENA MAL GRADADA (SP)		GRAVA BIEN GRADADA (GW)
A - 3	Roca moderadamente alterada	F - 3	Muy Fracturada	6 - 10 Frac/m	R - 3	Medio Dura	50 - 100	III	REGULAR		GRAVA MAL GRADADA (GP)		
A - 4	Roca muy alterada	F - 4	Extrem. Fracturada	11 - 20 Frac/m	R - 4	Ligeramente Dura	25 - 50	IV	MALA				
A - 5	Roca completamente alterada	F - 5	Fragmentada	> 20 Frac/m	R - 5	Suave o Blanda	< 25	V	MUY MALA				
A - 6	Suelo residual												
OBSERVACIONES													

#### SONDEO N° : PP-04

ELABORADO POR :	REVISADO POR :	HOJA
F.L.R.Q.		4

REGISTRO DE PERFORACION PP-04

SONDEO N°: PP-04

PROYECTO	: REPRESA MALCOMAYO	INCLINACION DEL SONDEO	: 90°	EQUIPO	: DH-710
UBICACION	: EJE DE PRESA ENTRE ESTRIBO LADO IZQUIERDO DEL CAUCE	PROFUNDIDAD PROYECTADA	: 50.00	FECHA DE INICIO	: 13/01/2014
COORDENADAS	: N 8232916 E 388688	PROFUNDIDAD EJECUTADA	: 56.00	FECHA DE FIN	: 24/01/2014
COTA	: 3913	REGISTRADO POR	: F.L.R.Q.	PERFORISTA	: N.CASTILLO/Q.CONDO
		REVISADO POR	:	NIVEL FREATICO	: 0.50

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PERDIDA COLOR DEL AGUA DE PERFORACION	LONGITUD CORRIERA DE PERFORACION (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	N° CALAS DE TESTIGOS	RECUPERACION (%)		R.Q.D. (%)	PERMEABILIDAD Y UNIDAD LOGICA (cm/s)	Ensayo SPT Int (m) N	CARACTERISTICAS DE LA ROCA				CARACTERISTICAS DE FRACTURAS				R.M.R	CLASIFICACION DE MACIZO	MUESTRA A PROFUNDIDAD (m) Y N° LOGO Y ORIG
									20	40				60	80	20	40	60	80	Grado de Alteracion	Grado de Fragmentacion			
40.1					ROCA FRAGMENTADA Roca volcanica traquiandesitica originaria del grupo Tacaza muy fracturada de color marron rosaceo moderadamente alterada con fracturas rellenas de oxidos y limos de 3mm a 4mm.				32%				A-3	F-3	R-3	7	oxidos y limos	4mm	4mm	moderada				
41.0				1.40																				
41.50																								
42.0					BRECHA TRAQUIANDESITICA Roca volcanica de color marron rosaceo fragmentada con fracturas subhorizontales, rellenas de oxidos y limos de 3mm.; con una alteracion moderada y muy fragmentada				24%		29%		A-3	F-3	R-3	10	Limos y oxidos	3mm	3mm	moderada				
43.0				2.90																				
44.0																								
44.40																								
45.0					BRECHA TRAQUIANDESITICA Roca volcanica en forma de gravas de color marron rosaceo subredondeadas fragmentada con fracturas subhorizontales, rellenas de oxidos y limos de 3mm.; con una alteracion moderada y muy fragmentada				24%		31%		A-3	F-3	R-3	12	Limos y oxidos	4mm	4mm	poco rugoso moderada				
46.0				2.90																				
47.0																								
47.3																								
48.0					BRECHA TRAQUIANDESITICA Roca volcanica de color marron rosaceo fragmentada con fracturas subhorizontales, rellenas de oxidos y limos de 4mm.; con una alteracion moderada y muy fragmentada				40%		18%		A-3	F-3	R-3	7	Limos y oxidos	4mm	4mm	poco rugoso moderada				
49.0				2.90																				
50.0																								

ALTERACION DE LA ROCA	ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES	GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)	CLASIFICACION DEL MACIZO	LEYENDA	
A - 1 Roca no alterada (fresca)	F - 1 Masiva	R - 1 Muy Dura > 250	I BUENA		
A - 2 Roca poco alterada	F - 2 Fracturada	R - 2 Dura 100 - 250	II BUENA		
A - 3 Roca moderadamente alterada	F - 3 Muy Fracturada	R - 3 Medio Dura 50 - 100	III REGULAR		
A - 4 Roca muy alterada	F - 4 Extrem. Fracturada	R - 4 Ligeramente Dura 25 - 50	IV MALA		
A - 5 Roca completamente alterada	F - 5 Fragmentada	R - 5 Suave o Blanda < 25	V MUY MALA		
A - 6 suelo residual					

<b>SONDEO N° : PP-04</b>		
ELABORADO POR :	REVISADO POR :	HOJA
F.L.R.Q.		5

**REGISTRO DE PERFORACION PP-04**

**SONDEO N°: PP-04**

PROYECTO : REPRESA MALCOMAYO	INCLINACION DEL SONDEO : 90°	EQUIPO : DH-710
UBICACION : EJE DE PRESA ENTREESTRIBO LADO IZQUIERDO DEL CAUCE	PROFUNDIDAD PROYECTADA : 50.00	FECHA DE INICIO : 13/01/2014
COORDENADAS : N 8232916 E 388688	PROFUNDIDAD EJECUTADA : 56.00	FECHA DE FIN : 24/01/2014
	REGISTRADO POR : F.L.R.Q.	PERFORISTA : N.CASTILLO/ Q.CONDO
	REVISADO POR :	NIVEL FREATICO : 0.50

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PERDIDA, COLOR DEL AGUA DE REGANO	LONGITUD CORRIADA DE PERFORACION (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	N° ESCALAS DE TESTIGOS	RECUPERACION (%)		PERMEABILIDAD Y UNIDAD LOGEON (cm/s)	Ensayo SPT	CARACTERISTICAS DE LA ROCA				CARACTERISTICAS DE FRACTURAS				N. M.R	CLASIFICACION DE MACIZO	PROFUNDIDAD (m) Y N° MUESTRA A LABORATORIO		
									20	40			60	80	20	40	60	80	Grado de Alteracion	Grado de Alteracion				Grado de Resistencia	Fracturas / Corrida
50.0												Int (m) N													
50.2																									
51.0				1.90	BRECHA TRAQUIANDESITICA Roca volcanica color marron rosaceo poco alterada con fracturas subhorizontales de 40° rellenas de limos y oxidos de 3mm con presencia de clastos subangulosos.				47%	16%		A-3	F-3	R-3	13	Limos y oxidos	4mm	4mm	poco rugoso	moderada	48	regular			
52.0																									
52.1																									
53.0				1.00	BRECHA TRAQUIANDESITICA Roca volcanica color marron rosaceo poco alterada con fracturas subhorizontales de 40° rellenas de limos, oxidos y arcillas de 3mm con presencia de clastos subangulosos.				70%	23%		A-3	F-3	R-3	10	Limos, oxidos y arcillas	4mm	4mm	poco rugoso	moderado	53	regular			
53.10																									
54.0				1.40	BRECHA TRAQUIANDESITICA Roca volcanica proveniente del Grupo Tacaza de color marron rosaceo con fracturas subhorizontales con bajo grado de alteracion, presenta fracturas rellenas de limos y oxidos, en unos casos de arcillas de unos 4				64%	53%		A-3	F-3	R-3	11	Limos oxidos y arcillas	4mm	4mm	poco rugoso	baja	46	regular			
54.50																									
55.0				1.50					50%	37%		A-3	F-3	R-3	11	Limos y oxidos	4mm	4mm	rugoso	baja	46	regular			
56.0																									
57.0																									
58.0																									
59.0																									
60.0																									

ALTERACION DE LA ROCA		ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES		GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)		CLASIFICACION DEL MACIZO		LEYENDA	
A - 1	Roca no alterada (fresca)	F - 1	Masiva	R - 1	Muy Dura	> 250	I	MUY BUENA	
A - 2	Roca poco alterada	F - 2	Fracturada	R - 2	Dura	100 - 250	II	BUENA	
A - 3	Roca moderadamente alterada	F - 3	Muy Fracturada	R - 3	Medio Dura	50 - 100	III	REGULAR	
A - 4	Roca muy alterada	F - 4	Extrem. Fracturada	R - 4	Ligeramente Dura	25 - 50	IV	MALA	
A - 5	Roca completamente alterada	F - 5	Fragmentada	R - 5	Suave o Blanda	< 25	V	MUY MALA	
A - 6	suelo residual								

OBSERVACIONES	

SONDEO N° : PP-04		
ELABORADO POR :	REVISADO POR :	HOJA
F.L.R.Q.		6



REGISTRO DE PERFORACION PP-05

SONDEO N°: PP-05

PROYECTO	: REPRESA MALCOMAYO	INCLINACION DEL SONDEO	: 90°	EQUIPO	: Ly-44
UBICACION	: EJE ENTRE ESTRIBO LADO IZQUIERDO DEL CAUCE	PROFUNDIDAD PROYECTADA	: 50.00	FECHA DE INICIO	: 12/01/2014
COORDENADAS	: N 8233021 E 388678	PROFUNDIDAD EJECUTADA	: 51.00	FECHA DE FIN	: 19/01/2014
COTA	: 3919	REGISTRADO POR	: F.L.R.Q.	PERFORISTA	: O.MAMAN/ KENTA
		REVISADO POR		NIVEL FREATICO	: 4.72

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PERDIDA COLOR DEL AGUA DEFECTUOSA	LONGITUD CORRIADA DE PERFORACION (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	N° CALAS DE TESTIGOS	RECUPERACION (%)		R.Q.D. (%)	PERMEABILIDAD Y UNIDAD LOGON (cm/s)	Ensayo SPT Int (m) N	CARACTERISTICAS DE LA ROCA				CARACTERISTICAS DE FRACTURAS				CLASIFICACION DE MACIZO	PROFUNDIDAD (m) Y N° MUESTRA A LABORATORIO
									20	40				60	80	20	40	60	80	Grado de Alteracion	Grado de Fracturamiento		
0.0				0.50	arenas con pocas gravillas con presencia de vegetacion		Qp-II (SM)			100%													
1.0				1.30	arenas con pocas gravas subredondeadas		CAJA N°01			100%													
2.0				0.90	arenas con pocas gravas y presencia de limos		(SM)			100%													
3.0				1.00	arenas con pocas gravas y presencia de limos			3.10		100%													
4.0				0.50	spt					100%													
5.0				0.80	arenas y gravas mal gradadas lavadas de 3cm a 8cm					47%													
6.0				0.70	arenas color beige y gravas de 1 a 3 cm.					57%													
7.0				0.60	SPT					100%													
8.0				0.60	Arenas y limos con poco porcentaje de grava					100%													
9.0				1.10	Arenas limos y gravas subredondeadas mal gradadas			7.50		100%													
10.0				1.00	Arenas limos y gravas subangulares					60%													
				0.70	limos, arcillas y gravas mal gradadas de 0.5 a 3cm.					14%													

ALTERACION DE LA ROCA		ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES		GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)		CLASIFICACION DEL MACIZO		LEYENDA				
A - 1	Roca no alterada (fresca)	F - 1	Masiva	R - 1	Muy Dura	> 250	I	MUY BUENA				
A - 2	Roca poco alterada	F - 2	Fracturada	R - 2	Dura	100 - 250	II	BUENA				
A - 3	Roca moderadamente alterada	F - 3	Muy Fracturada	R - 3	Medio Dura	50 - 100	III	REGULAR				
A - 4	Roca muy alterada	F - 4	Extrem. Fracturada	R - 4	Ligeramente Dura	25 - 50	IV	MALA				
A - 5	Roca completamente alterada	F - 5	Fragmentada	R - 5	Suave o Blanda	< 25	V	MUY MALA				
A - 6	Suelo residual											
OBSERVACIONES												
SONDEO N°: PP-05												
ELABORADO POR:			REVISADO POR:			HOJA						
			F.L.R.Q.			1						







REGISTRO DE PERFORACION PP-05

SONDEO Nº: PP-05

PROYECTO	: REPRESA MALCOMAYO	INCLINACION DEL SONDEO	: 90°	EQUIPO	: Ly-44
UBICACION	: EJE ENTRE ESTRIBO LADO IZQUIERDO DEL CAUCE	PROFUNDIDAD PROYECTADA	: 50.00	FECHA DE INICIO	: 12/01/2014
COORDENADAS	: N 8233021 E 388678	PROFUNDIDAD EJECUTADA	: 51.00	FECHA DE FIN	: 19/01/2014
COTA	: 3919	REGISTRADO POR	: F.L.R.Q.	PERFORISTA	: O.MAMANV KENTA
		REVISADO POR		NIVEL FREATICO	: 4.72

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PERIODICIDAD DEL AGUA FREATICA	LONGITUD CORRIIDA DE PERFORACION (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	Nº CALAS DE TESTEOS	RECUPERACION (%)		R.Q.D. (%)	PERMEABILIDAD Y UNIDAD LITOLÓGICA (cm)	Ensayo SPT Int (m) N	CARACTERÍSTICAS DE LA ROCA				CARACTERÍSTICAS DE FRACTURAS				N.M.R	CLASIFICACION DE MACIZO	PROFUNDIDAD (m) Y Nº MUESTRA A LABORATORIO		
									20	40				60	80	20	40	60	80	Grado de Alteracion	Grado de Fragmentacion				Resistencia	Fracturas / Corrida
30.0																										
30.3																										
31.0				1.60	brecha de colapso traquiandesita con prescenci de oxidos					100%	43%			A-3	F-2	R-3	11	limos y oxidos	5mm	5mm	rugoso moderada	67	buena			
31.90																										
32.0				1.40	brecha de colapso traquiandesita					96%	73%			A-3	F-2	R-3	12	Oxidos	8mm	8mm	rugoso moderado	73	buena			
32.45																										
33.0				1.60	brecha de colapso traquiandesita hasta los 34.40m con prescencia de pirita seguido por una fuerte alteracion					100%	26%			A-3	F-3	R-4	21	Oxidos	6mm	6mm	rugoso moderado	64	buena			
33.3																										
34.0				1.40	brecha volcanica con clastos subangulosos desgastados					71%				A-4	F-3	R-4	14	Oxidos	4mm	4mm	muy rugoso alta	56	regular			
34.9																										
35.0				1.40	traquiandesita bastante alterada con prescencia de limos y arcillas en bajo porcentaje					93%	25%			A-4	F-3	R-4	15	Oxidos	6mm	6mm	muy rugoso alta	58	buena			
35.50																										
36.0				1.60	Traquiandesita con prescencia de pirita diseminada					88%	43%			A-4	F-3	R-4	14	Oxidos	7mm	7mm	muy rugoso alta	66	buena			
36.3																										
37.0				1.60	traquiandesita con prescencia de pirita																					
37.70																										
38.0																										
38.90																										
39.0																										
39.30																										
40.0																										

ALTERACION DE LA ROCA	ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES	GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)	CLASIFICACION DEL MACIZO	LEYENDA
A - 1 Roca no alterada (fresca)	F - 1 Masiva	R - 1 Muy Dura > 250	I MUY BUENA	ARENA LIMOSA (SM)
A - 2 Roca poco alterada	F - 2 Fracturada	R - 2 Dura 100 - 250	II BUENA	SIN CLASIFICACION S/C
A - 3 Roca moderadamente alterada	F - 3 Muy Fracturada	R - 3 Medio Dura 50 - 100	III REGULAR	ARENA MAL GRADADA (SP)
A - 4 Roca muy alterada	F - 4 Extrem. Fracturada	R - 4 Ligeramente Dura 25 - 50	IV MALA	GRAVA BIEN GRADADA (GW)
A - 5 Roca completamente alterada	F - 5 Fragmentada	R - 5 Suave ó Blanda < 25	V MUY MALA	GRAVA MAL GRADADA (GP)
A - 6 suelo residual				

<b>SONDEO Nº : PP-05</b>		
ELABORADO POR :	REVISADO POR :	HOJA
	F.L.R.Q.	4

REGISTRO DE PERFORACION PP-05

SONDEO Nº: PP-05

PROYECTO : REPRESA MALCOMAYO  
 UBICACIÓN : EJE ENTRE ESTRIBO LADO IZQUIERDO DEL CAUCE  
 COORDENADAS : N 8233021 E 388678  
 COTA : 3919

INCLINACION DEL SONDEO : 90°  
 PROFUNDIDAD PROYECTADA : 50.00  
 PROFUNDIDAD EJECUTADA : 51.00  
 REGISTRADO POR : F.L.R.Q.  
 REVISADO POR :

EQUIPO : Ly-44  
 FECHA DE INICIO : 12/01/2014  
 FECHA DE FIN : 19/01/2014  
 PERFORISTA : O.MAMANI KENTA  
 NIVEL FREATICO : 4.72

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PERDIDA COLOR DEL AGUA DEFENSADO	LONGITUD CORRIERA DE PERFORACION (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	Nº CAJAS DE TESTIGOS	RECUPERACION (%)		R.Q.D. (%)	ENSAYO SPT	CARACTERISTIC. DE LA ROCA				CARACTERISTICAS DE FRACTURAS				CLASIFICACION DE MACIZO	PROFUNDIDAD (m) Y Nº LABORATORIO	
									20	40			60	80	Grado de Alteración	Fracturamiento	Grado de Resistencia	Fracturas / Corridos	Tipo	Retiño			Apertura
40.0																							
41.0				1.60					100%	26%		A-3	F-2	R-3	23	Oxidos	10mm	10mm	rugoso	moderada	53	regular	
42.0																							
43.0				1.40	Brecha traquiandesitica proveniente del grupo Tacaza con diseminaciones de pirita		Ki-Bia	CAJA Nº12	100%	70%		A-2	F-2	R-3	16	Oxidos	5mm	5mm	muy rugoso	moderada	72	buena	
44.0																							
45.0				1.60					100%	50%		A-3	F-3	R-3	13	oxidos	8mm	8mm	muy rugoso	moderada	53	regular	
46.0																							
47.0				1.40	brecha volcanica traquiandesita bastante fracturada y alterada por oxidos				100%	21%		A-3	F-2	R-3	21	Oxidos	7mm	7mm	muy rugoso	moderada	48	regular	
48.0																							
49.0				1.60	brecha volcanica traquiandesita bastante fracturada y alterada por oxidos				100%	46%		A-4	F-3	R-4	24	Oxidos	6mm	6mm	muy rugoso	alta	52	regular	
50.0																							
				1.30	presencia de la brecha volcanica traquiandesita hasta los 48.05 seguido por la presencia de roca fresca andesita		Ki-Ta	CAJA Nº13	100%	63%		A-2	F-2	R-3	11	Chiritta oxidos	7mm	7mm	rugoso	baja	66	buena	
				0.50	roca fresca andesita fracturada con presencia de una venillas de pirita			CAJA Nº14	100%	50%		F-2	R-3	7	Chiritta oxido	4mm	4mm	baja		68	buena		

ALTERACION DE LA ROCA	ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES	GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)	CLASIFICACION DEL MACIZO	LEYENDA
A - 1 Roca no alterada (fresca)	F - 1 Masiva	R - 1 Muy Dura > 250	I MUY BUENA	ARENA LIMOSA (SM)
A - 2 Roca poco alterada	F - 2 Fracturada	R - 2 Dura 100 - 250	II BUENA	SIN CLASIFICACION SIC
A - 3 Roca moderadamente alterada	F - 3 Muy Fracturada	R - 3 Medio Dura 50 - 100	III REGULAR	ARENA MAL GRADADA (SP)
A - 4 Roca muy alterada	F - 4 Extrem. Fracturada	R - 4 Ligeramente Dura 25 - 50	IV MALA	GRAVA BIEN GRADADA (GW)
A - 5 Roca completamente alterada	F - 5 Fragmentada	R - 5 Suave ó Blanda < 25	V MUY MALA	GRAVA MAL GRADADA (GP)
A - 6 suelo residual				

OBSERVACIONES		

SONDEO Nº: PP-05		
ELABORADO POR:	REVISADO POR:	HOJA
	F.L.R.Q.	5

**REGISTRO DE PERFORACION PP-05**

**SONDEO Nº: PP-05**

PROYECTO : REPRESA MALCOMAYO  
 UBIACIÓN : EJE ENTRE ESTRIBO LADO IZQUIERDO DEL CAUCE  
 COORDENADAS : N 8233021 E 388678  
 COTA : 3919  
 INCLINACION DEL SONDEO : 90°  
 PROFUNDIDAD PROYECTADA : 50.00  
 PROFUNDIDAD EJECUTADA : 51.00  
 REGISTRADO POR : F.L.R.Q.  
 REVISADO POR :  
 EQUIPO : Ly-44  
 FECHA DE INICIO : 12/01/2014  
 FECHA DE FIN : 19/01/2014  
 PERFORISTA : O.MAMANU/KENTA  
 NIVEL FREATICO : 4.72

PROFUNDIDAD (m)	TIPO DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PERDIDA COLOR DEL AGUA DE REGIMO	LONGITUD CORRIJA DE PERFORACION (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	N° CAJAS DE TIEMPOS	RECUPERACION (%)		R.G.D. (%)	PERMEABILIDAD Y UNIDAD LOGION (cm/s)	Ensayo SPT		CARACTERISTIC. DE LA ROCA				CARACTERISTICAS DE FRACTURAS				R.M.R	CLASIFICACION DE MACIZO	PROFUNDIDAD (m) Y N° MUESTRA A LABORATORIO			
									20 40 60 80				20 40 60 80		Int (m)	N	Grav. de Alteración	Grav. de Fracturamiento	Grav. de Resistencia	Fracturas / Corrida	Tipo	Ritmo				Apertura	Rugosidad	Alteración
									100	46			14	Oxidos y dolita														
50.0	HQ3			1.30	roca andesita fracturada con prescencia de venillas de pirita hasta los 50.60 posteriormente la roca es alterada .	V V V V V V V V V V	Kt-Ta		100	46			A-3	F-3	R-4	14												
51.0								51.00																				
52.0																												
53.0																												
54.0																												
55.0																												
56.0																												
57.0																												
58.0																												
59.0																												
60.0																												

ALTERACION DE LA ROCA		ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES		GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)		CLASIFICACION DEL MACIZO	LEYENDA	
A - 1	Roca no alterada (fresca)	F - 1	Masiva	R - 1	Muy Dura	> 250	I	MUY BUENA
A - 2	Roca poco alterada	F - 2	Fracturada	R - 2	Dura	100 - 250	II	BUENA
A - 3	Roca moderadamente alterada	F - 3	Muy Fracturada	R - 3	Medio Dura	50 - 100	III	REGULAR
A - 4	Roca muy alterada	F - 4	Extrem. Fracturada	R - 4	Ligeramente Dura	25 - 50	IV	MALA
A - 5	Roca completamente alterada	F - 5	Fragmentada	R - 5	Suave ó Blanda	< 25	V	MUY MALA
A - 6	suelo residual							

OBSERVACIONES		

SONDEO Nº : PP-05		
ELABORADO POR :	REVISADO POR :	HOJA
	F.L.R.Q.	6



**SONDAJE PP-06**

REGISTRO DE PERFORACION PP-06

SONDEO Nº: PP-06

PROYECTO	: REPRESA MALCOMAYO	INCLINACION DEL SONDEO	: 0°	EQUIPO	: Ly-44
UBICACION	: EJE DE PRESA ENTRE ESTRIBO LADO IZQUIERDO DEL CAUCE	PROFUNDIDAD PROYECTADA	: 50.00	FECHA DE INICIO	: 21/01/2014
COORDENADAS	: N 8233017 E 388710	PROFUNDIDAD EJECUTADA	: 38.00	FECHA DE FIN	: 02/02/2014
COTA	: 3918	REGISTRADO POR	: F.L.R.Q.	PERFORISTA	: A.GUZMAN/QUENTA
		REVISADO POR	:	NIVEL FREATICO	: 0.20

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PERDIDA DE COLOR DEL AGUA DE PERFORACION	LONGITUD CORRIDA DE PERFORACION (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	Nº CLASIF. TESTIGOS	RECUPERACION (%)		R.Q.D. (%)	PRUEBA EN BARRAS Y UNIDAD LUGERON (cm/m)	Ensayo SPT	CARACTERISTICAS DE LA ROCA				CARACTERISTICAS DE FRACTURAS				R.M.R	CLASIFICACION DE MACIZO	PROFUNDIDAD (m) Y Nº MUESTRA LABORATORIO
									Int (m)	N				Grupo de Alteracion	Grupo de Fracturamiento	Grupo de Resistencia	Fracturas / Corrida	Tipo	Refino	Apertura	Rugosidad			
0.0					ARENA GRAVOSA Material suelto de color marron oscuro, arena mal gradada con mezcla de gravas mal gradada subangulosas con una composicion volumetrica de 60% de arena y 40% de gravas.		SM		100%															
0.7																								
1.0																								
1.40																								
2.0					SUELO RESIDUAL Arenas gravosas mal gradadas de origen traquiandesitico con contenido de arcillas y oxidos bastante alteradas		GM		100%															
2.7																								
3.0																								
3.3																								
4.0																								
4.9																								
5.0																								
5.70																								
6.0					BRECHA VOLCANICA TRACUIANDESITICA Roca volcanica de color marron claro bastante fracturada con presencia de oxidos y limos con baja dureza con presencia de fracturas rellenas de arcillas limos y oxi		Tia-taiba		88%	39%				A-3	F-4	R-4	18	arclitas y limos	3mm	3mm	rugoso	moderada	48	regular
6.20																								
7.0																								
8.1																								
9.0					BRECHA VOLCANICA TRACUIANDESITICA Roca volcanica de color marron claro bastante fracturada con presencia de oxidos y limos con baja dureza con presencia de fracturas rellenas de arcillas limos y oxi				88%	27%														
9.60																								
9.60																								
9.60																								
10.0																								

ALTERACION DE LA ROCA	ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES	GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)	CLASIFICACION DEL MACIZO	LEYENDA
A - 1 Roca no alterada (fresca)	F - 1 Masiva	R - 1 Muy Dura > 250	I MUY BUENA	ARENA LIMOSA (SM)
A - 2 Roca poco alterada	F - 2 Fracturada	R - 2 Dura 100 - 250	II BUENA	ARENA MAL GRADADA (SP)
A - 3 Roca moderadamente alterada	F - 3 Muy Fracturada	R - 3 Medio Dura 50 - 100	III REGULAR	GRAVA BIEN GRADADA (GW)
A - 4 Roca muy alterada	F - 4 Extrem. Fracturada	R - 4 Ligeramente Dura 25 - 50	IV MALA	GRAVA MAL GRADADA (GP)
A - 5 Roca completamente alterada	F - 5 Fragmentada	R - 5 Suave o Blanda < 25	V MUY MALA	SIN CLASIFICACION SIC
A - 6 suelo residual				

OBSERVACIONES		

SONDEO Nº : P-04		
ELABORADO POR :	REVISADO POR :	HOJA
F.L.R.Q.		1

REGISTRO DE PERFORACION PP-06

SONDEO Nº: PP-06

PROYECTO	: REPRESA MALCOMAYO	INCLINACION DEL SONDEO	: 0°	EQUIPO	: Ly-44
UBICACION	: EJE DE PRESA ENTRE ESTRIBO LADO IZQUIERDO DEL CAUCE	PROFUNDIDAD PROYECTADA	: 35.00	FECHA DE INICIO	: 21/01/2014
COORDENADAS	: N 8233017 E 388710	PROFUNDIDAD EJECUTADA	: 38.00	FECHA DE FIN	: 02/02/2014
COTA	: 3918	REGISTRADO POR	: F.L.R.Q.	PERFORISTA	: A.GUZMANQUENTZ
		REVISADO POR	:	NIVEL FREATICO	: 0.20

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PENETRACION DEL AGUA DE DESBORDO	LONGITUD CORRIENTE DE PERFORACION (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	RECUPERACION (%)		R.O.D. (%)	PERMEABILIDAD Y UNIDAD LUGBON (cm/s)	Ensayo SPT	CARACTERISTICAS DE LA ROCA				CARACTERISTICAS DE LAS FRACTURAS				CLASIFICACION DE MACIZO	PROFUNDIDAD (m) y % MUESTRA A LABORATORIO
								Nº CAJAS DE TESTIDOS					Ensayo A	Ensayo B	Ensayo C	Ensayo D	Ensayo E	Ensayo F	Ensayo G	Ensayo H		
10.0				1.00	BRECHA VOLCANICA TRAUQUIANDESITICA Roca volcanica de color marron claro poco fracturada con presencia de arcillas y piritas diseminada con fracturas rellenas de oxidos y limos de 4mm moderadamente alterada		CAJA Nº 04	50%		20%		A-3	F-3	R-4	12	oxidos y arcillas	4mm	poco rugoso	moderada	47	regular	
11.0				1.30				85%		19%		A-3	F-4	R-3	20	oxidos y arcillas	3mm	moderada	moderada	44	regular	
12.0				1.00	BRECHA VOLCANICA TRAUQUIANDESITICA Roca volcanica de color marron verdusco poco fracturada con presencia de gravas y piritas diseminada con fracturas rellenas de oxidos y limos de 5mm moderadamente alterada		CAJA Nº 05	90%		0%		A-3	F-5	R-4	26	oxidos y arcillas	5mm	muy rugoso	moderada	53	regular	
13.0				1.50				93%		26%		A-3	F-4	R-3	22	oxidos y arcillas	4mm	moderada	moderada	55	regular	
14.0				1.30				100%		19%		A-3	F-4	R-4	23	Oxidos y limos	4mm	moderada	moderada	57	regular	
15.0				1.60	BRECHA VOLCANICA TRAUQUIANDESITICA Roca volcanica de color marron grisaceo con presencia de clastos subangulosos de 1cm a 5cm de color marron oscuro con presencia de piritas diseminada y fracturas rellenas		CAJA Nº 06	100%		41%		A-3	F-4	R-4	23	Oxidos y limos	4mm	moderada	moderada	48	regular	
16.0				0.90				100%		67%		A-3	F-4	R-4	14	oxidos	3mm	moderada	moderada	47	regular	
17.0				1.40				86%		23%		A-4	F-3	R-5	12	oxidos y limos	5mm	poco rugoso	moderada	58	regular	

ALTERACION DE LA ROCA	ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES	GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)	CLASIFICACION DEL MACIZO	LEYENDA
A - 1 Roca no alterada (fresca)	F - 1 Masiva	R - 1 Muy Dura > 250	I MUY BUENA	ARENA LIMOSA (SM)
A - 2 Roca poco alterada	F - 2 Fracturada	R - 2 Dura 100 - 250	II BUENA	SIN CLASIFICACION SIC
A - 3 Roca moderadamente alterada	F - 3 Muy Fracturada	R - 3 Medio Dura 50 - 100	III REGULAR	ARENA MAL GRADADA (SP)
A - 4 Roca muy alterada	F - 4 Extrem. Fracturada	R - 4 Ligero Dura 25 - 50	IV MALA	GRAVA BIEN GRADADA (GW)
A - 5 Roca completamente alterada	F - 5 Fragmentada	R - 5 Suave o Blanda < 25	V MUY MALA	GRAVA MAL GRADADA (GP)
A - 6 suelo residual				

OBSERVACIONES

SONDEO Nº : P-04		
ELABORADO POR :	REVISADO POR :	HOJA
F.L.R.Q.		2

REGISTRO DE PERFORACION PP-06

SONDEO N°: PP-06

PROYECTO	: REPRESA MALCOMAYO	INCLINACION DEL SONDEO	: 0°	EQUIPO	: Ly-44
UBICACION	: EJE DE PRESA ENTRE ESTRIBO LADO IZQUIERDO DEL CAUCE	PROFUNDIDAD PROYECTADA	: 50.00	FECHA DE INICIO	: 21/01/2014
COORDENADAS	: N 8233017 E 388710	PROFUNDIDAD EJECUTADA	: 38.00	FECHA DE FIN	: 02/02/2014
COTA	: 3918	REGISTRADO POR	: F.L.R.Q.	PERFORISTA	: A.GUZMAN/QUENTA
		REVISADO POR		NIVEL FREATICO	: 0.20

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PERDIDA, COLOR DEL AGUA Y TENDIDO	LONGITUD CORRIADA DE PERFORACION (m)	DESCRIPCION LITOLOGICA	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	N° CALAS DE TESTIGOS	RECUPERACION (%)		R.Q.D. (%)	PERMEABILIDAD Y UNIDAD LOGEN (cm/s)	Ensayo SPT Int (m) N	CARACTERISTIC. DE LA ROCA				CARACTERISTICAS DE FRACTURAS				N. R.R	CLASIFICACION DE MACIZO	PROFUNDIDAD (m) Y N° MUESTRA A LABORATORIO
									20	40				60	80	20	40	60	80	Grado de Alteracion	Grado de Alteracion			
20.0				1.60	BRECHA VOLCANICA TRAQUIANDESITICA Roca volcanica de color marron claro con clastos subangulosos poco fracturadas con presencia de pirita diseminada ;roca poco dura con fracturas rellenas de oxidos y limos de 3mm a 4mm.		CAJA N°07	22.10	88%	68%			A-3	F-3	R-3	12	oxidos y limos	4mm	4mm	rugoso	moderada	50	regular	
21.0			1.50	93%					46%			A-3	F-3	R-3	13	oxidos y limos	3mm	3mm	rugoso	moderada	50	regular		
22.0			1.20	100%					32%			A-3	F-4	R-3	16	oxidos y limos	4mm	4mm	rugoso	moderada	52	regular		
23.0			25.10	100%					24%			A-3	F-4	R-3	23	oxidos y limos	4mm	4mm	rugoso	moderada	50	regular		
24.0			24.30				25.20						A-3	F-3	R-3	13	oxidos y limos	3mm	3mm	rugoso	moderada	58	regular	
25.0			25.9										A-4	F-3	R-3	7	OxFe	1-2 mm	1-2 mm	plano rugoso	moderada	55	Regular	
26.0			27.0										A-4	F-3	R-3	7	OxFe	1-2 mm	1-2 mm	plano rugoso	moderada	49	Regular	
27.0			27.50										A-4	F-3	R-3	7	OxFe	1-2 mm	1-2 mm	plano rugoso	moderada	55	Regular	
28.0			28.50										A-4	F-3	R-3	7	OxFe	1-2 mm	1-2 mm	plano rugoso	moderada	55	Regular	
29.0			30.0										A-4	F-3	R-3	7	OxFe	1-2 mm	1-2 mm	plano rugoso	moderada	55	Regular	
				1.60	Roca volcanica Brecha traquiandesitica de color gris a marron rojizo con clastos subangulosos poco fracturadas con, roca poco dura con fracturas rellenas de oxidos y limos de 1mm a 2mm.				78%	9%			A-4	F-3	R-3	7	OxFe	1-2 mm	1-2 mm	plano rugoso	moderada	55	Regular	

ALTERACION DE LA ROCA	ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES	GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)	CLASIFICACION DEL MACIZO	LEYENDA
A - 1 Roca no alterada (fresca)	F - 1 Masiva	R - 1 Muy Dura > 250	I MUY BUENA	ARENA LIMOSA (SM)
A - 2 Roca poco alterada	F - 2 Fracturada	R - 2 Dura 100 - 250	II BUENA	ARENA MAL GRADADA (SP)
A - 3 Roca moderadamente alterada	F - 3 Muy Fracturada	R - 3 Medio Dura 50 - 100	III REGULAR	GRAVA BIEN GRADADA (GW)
A - 4 Roca muy alterada	F - 4 Extrem. Fracturada	R - 4 Ligeramente Dura 25 - 50	IV MALA	GRAVA MAL GRADADA (GP)
A - 5 Roca completamente alterada	F - 5 Fragmentada	R - 5 Suave o Blanda < 25	V MUY MALA	SIN CLASIFICACION S/C
A - 6 Suselo residual				
OBSERVACIONES				
<b>SONDEO N°: PP-06</b>				
ELABORADO POR :	REVISADO POR :	HOJA		
F.L.R.Q.		3		







REGISTRO DE PERFORACION PP-07

SONDEO Nº: PP-07

PROYECTO : "Represa Malcomayo"	INCLINACION DEL SONDEO : -60°	EQUIPO : 710
UBICACION : Malcomayo	AZIMUT DEL SONDEO : 35.00	FECHA DE INICIO : 31/01/2014
COORDENADAS : NORTE 8232973 ESTE 0388733	PROFUNDIDAD PROYECTADA : 36.00	FECHA DE FIN : 1/02/2014
	PROFUNDIDAD EJECUTADA : 36.30	PERFORISTA : K. CONDO/M. QUENTA.
	REGISTRADO POR : F.L.R.Q.	NIVEL FREATICO :
COTA : 3,921.00 m.s.n.m	REVISADO POR :	

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PERDIDA COLOR AGUA DE FORTINO	LONGITUD CORRIJA PERFORACION (m)	NIVEL FREATICO	DESCRIPCION LITOLOGICA	CLASIFICACION BUCS	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	N/CALAJE DE TESTIGOS	RECUPERACION (%)		R.Q.D. (%)	ENSAYO SPT		CARACTERISTICAS DE LA ROCA			CARACTERISTICAS DE FRACTURAS			R.M.F. (Barros)	CLASIFICACION DE MACIZO (RMP)	PROFUNDIDAD (m) Y Nº MUESTRA A LABORATORIO		
											20	40		60	80	20	40	60	80	Int (m)	N				Grado de Alteración	Grado de fragmentación
10.0											96%	75%				A-3	F-2	R-5	5	OxFe	2 mm	plano rugoso	moderada	54	Regular	
11.0											100%	56%				A-4	F-3	R-5	7	OxFe	1-2 mm	rugoso	muy alterada	53	Regular	
12.0											100%	61%				A-4	F-3	R-4	7	OxFe	2 mm	rugoso	muy alterada	59	Regular	
13.0						Roca volcánica, traquiandesita, color decolorada gris rosacea, fracturamiento en juntas subvertical, subhorizontal e inclinadas en 40° a 60° y paralelas al eje de perforación, roca moderada dura; medianamente consiste la matriz volcánica y plagioclasas					100%	61%				A-4	F-3	R-4	7	OxFe	2 mm	rugoso	muy alterada	59	Regular	
14.0											100%	72%				A-3	F-3	R-5	6	OxFe	2 mm	rugoso	moderada	64	Regular	
15.0											100%	72%				A-3	F-3	R-5	6	OxFe	3 mm	rugoso	moderada	64	Regular	
16.0											100%	50%				A-3	F-3	R-5	12	OxFe	1-2 mm	plano rugoso	moderada	67	Regular	
17.0											100%	50%				A-3	F-3	R-5	12	OxFe	1-2 mm	plano rugoso	moderada	67	Regular	
18.0						Roca volcánica, brecha volcánica de colapso, sus fragmentos de brechas son angulosas de tamaños diferentes en roca traquiandesitas, diseminación de pirita que ocurre en brechas tectónicas, intercalado con andesita color gris, presenta fracturas en siso					100%	43%				A-3	F-4	R-5	15	OxFe	2 mm	plano rugoso	moderada	47	Regular	
19.0											100%	47%				A-4	F-5	R-5	20	OxFe	1-2 mm	plano rugoso	muy alterada	54	Regular	
20.0											100%	47%				A-4	F-5	R-5	20	OxFe	1-2 mm	plano rugoso	muy alterada	54	Regular	

ALTERACION DE LA ROCA		ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES		GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)		CLASIFICACION DEL MACIZO		LEYENDA	
A - 1	Roca no alterada (fresca)	F - 1	Masiva	R - 6	Muy Dura > 250	I	MUY BUENA		
A - 2	Roca poco alterada	F - 2	Fracturada	R - 5	Dura 100 - 250	II	BUENA		
A - 3	Roca moderadamente alterada	F - 3	Muy Fracturada	R - 4	Medio Dura 50 - 100	III	REGULAR		
A - 4	Roca muy alterada	F - 4	Extrem. Fracturada	R - 3	Ligamiento Duro 25 - 50	IV	MALA		
A - 5	Roca completamente alterada	F - 5	Fragmentada	R - 2	Suave o Blanda < 25	V	MUY MALA		
A - 6	suelo residual								

OBSERVACIONES		

SONDEO Nº: PP-07		
ELABORADO POR : F.L.R.Q.	REVISADO POR :	HOJA 2

REGISTRO DE PERFORACION PP-07

SONDEO N°: PP-07

PROYECTO : "Represa Malcomayo"	INCLINACION DEL SONDEO : -60°	EQUIPO : 710
UBICACION : Malcomayo	AZIMUT DEL SONDEO : 35.00	FECHA DE INICIO : 31/01/2014
COORDENADAS : NORTE 8232973 ESTE 0388733	PROFUNDIDAD PROYECTADA : 36.30	FECHA DE FIN : 1/02/2014
COTA : 3,921.00 m.s.n.m	REGISTRADO POR : F.L.R.Q	PERFORISTA : K. CONDO/ M. QUENTA.
	REVISADO POR :	NIVEL FREATICO :

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	% PERDIDA DE AGUA DE BOMBEO	LONGITUD CORRIERA PERFORADA (m)	NIVEL FREATICO	DESCRIPCION LITOLOGICA	CLASIFICACION SIUS	FERIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	N° CAJAS DE TESTIGOS	RECUPERACION (%)		R.Q.D. (%)	ENSAYO SPT		CARACTERISTICAS DE LA ROCA					CLASIFICACION DE MACIZO (RMI)	PROFUNDIDAD (m) Y N° MUESTRA A LUSTRAR EN CADA						
											20	40		60	80	20	40	60	80	Int (m)			N	Grado de Alteracion	Grado de Fracturamiento	Grado de Resistencia	Fracturas / Cantidad	Tipos
20.0										CAJA N° 06	100%	63%				A-3	F-3	R-5	10	OxFe	2 mm	2 mm	2 mm	moderada	59	Buena		
21.0				1.60						21.35																		
22.0										CAJA N° 07	100%	62%				A-4	F-4	R-5	11	OxFe	2 - mm	2 - mm	3 - mm	moderada	64	Buena		
23.0				1.60																								
23.30				0.60							100%					A-4	F-5	R-4	20	OxFe	2 - 3 mm	2 - 3 mm	3 - 3 mm	moderada	67	Regular		
24.0										24.15																		
24.70				0.80							100%	97%				A-2	F-2	R-5	2	OxFe	1-3 mm	1-3 mm	1-3 mm	leve	47	Regular		
25.0										CAJA N° 08	96%	19%				A-4	F-4	R-3	11	OxFe	2 mm	2 mm	2 mm	moderada	54	Regular		
26.0				1.30																								
27.0										27.25																		
27.60				1.60							100%	97%				A-2	F-2	R-4	2	OxFe	2mm	2mm	2mm	leve	59	Regular		
28.0										CAJA N° 09	100%	69%				A-3	F-2	R-4	5	OxFe	1-2 mm	1-2 mm	1-2 mm	moderada	57	Regular		
29.0				1.60																								
29.20											100%	77%				A-4	F-3	R-4	6	OxFe	2 mm	2 mm	2 mm	moderada	49			
30.0																												

ALTERACION DE LA ROCA		ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES		GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)		CLASIFICACION DEL MACIZO		LEYENDA				
A - 1	Roca no alterada (fresca)	F - 1	Masiva	R - 6	Muy Dura	I	MUY BUENA					
A - 2	Roca poco alterada	F - 2	Fracturada	R - 5	Dura	II	BUENA					
A - 3	Roca moderadamente alterada	F - 3	Muy Fracturada	R - 4	Medio Dura	III	REGULAR					
A - 4	Roca muy alterada	F - 4	Extrem. Fracturada	R - 3	Ligeramente Dura	IV	MALA					
A - 5	Roca completamente alterada	F - 5	Fragmentada	R - 2	Suave o Blanda	V	MUY MALA					
A - 6	suelo residual											
OBSERVACIONES												

<b>SONDEO N° : PP-07</b>		
ELABORADO POR : F.L.R.Q.	REVISADO POR :	HOJA 3

### REGISTRO DE PERFORACION PP-07

**SONDEO Nº: PP-07**

PROYECTO : "Represa Malcomayo" UBICACIÓN : Malcomayo COORDENADAS : NORTE 8232973 ESTE 0388733 COTA : 3,921.00 m.s.n.m	INCLINACION DEL SONDEO : -60° AZIMUT DEL SONDEO : PROFUNDIDAD PROYECTADA : 35.00 PROFUNDIDAD EJECUTADA : 36.30 REGISTRADO POR : F.L.R.Q. REVISADO POR :	EQUIPO : 710 FECHA DE INICIO : 31/01/2014 FECHA DE FIN : 1/02/2014 PERFORISTA : K. CONDO/ M. QUENTA. NIVEL FREATICO :
--	--	---

PROFUNDIDAD (m)	TIPO Y DIAMETRO DE PERFORACION	REVESTIMIENTO	CANTIDAD DE AGUA DE FONDO	LONGITUD CORRIERA PERFORACION (m)	NIVEL FREATICO	DESCRIPCION LITOLOGICA	CLASIFICACION BUCS	PERFIL GEOLOGICO	UNIDAD GEOLOGICA	Nº CLAS. DE TESTIGOS	RECUPERACION (%)		R.Q.D. (%)	ENSAYO SPT		CARACTERISTICAS DE LA ROCA		CARACTERISTICAS DE FRACTURAS					PROFUNDIDAD (m) Y Nº MUESTRA A LABORATORIO				
											20	40		60	80	20	40	60	80	Int (m)	N	Grado de Alteración		Grado de Fracturamiento	Resistencia	Fracturas Control	Tipo
30.0											100%	77%															
30.50																											
31.0					1.50	Brecha volcánica traquiandesita bastante alterada intercalada, intercalada con roca traquiandesita color gris, sus fragmentos de brechas son angulosas de tamaños diferentes se encuentran soldadas por polvo de roca traquiandesitas color gris a gris ros				CAJA Nº 10	90%	33%					A-5	F-3	R-3	7	OxFe	2-3 mm	2-3 mm	rugosa	fuerte	60	Regular
32.0					1.20						82%	36%					A-5	F-3	R-2	7	OxFe	2-3 mm	2-3 mm	rugosa ondulado	fuerte	53	Regular
33.0																											
33.20																											
34.0					1.60																						
34.80										33.55																	
35.0					1.50	Roca volcánica, traquiandesita, tramos de Brecha Volcanica traquiandesitica gris amarillento, bastante alterado en oquedades y patillas OxFe				CAJA Nº 11	100%	73%					A-5	F-3	R-4	8	OxFe	1-2 mm	1-2 mm	plano rugoso	fuerte	63	Buena
36.0																											
36.30																											

ALTERACION DE LA ROCA		ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES		GRADO DE DUREZA DE LA ROCA (Mpa)		CLASIFICACION DEL MACIZO	
A - 1	Roca no alterada (fresca)	F - 1	Masiva	R - 6	Muy Dura	> 250	I MUY BUENA
A - 2	Roca poco alterada	F - 2	Fracturada	R - 5	Dura	100 - 250	II BUENA
A - 3	Roca moderadamente alterada	F - 3	Muy Fracturada	R - 4	Medio Dura	50 - 100	III REGULAR
A - 4	Roca muy alterada	F - 4	Extrem. Fracturada	R - 3	Ligeramente Dura	25 - 50	IV MALA
A - 5	Roca completamente alterada	F - 5	Fragmentada	R - 2	Sluave ó Blanda	< 25	V MUY MALA
A - 6	suelo residual						

OBSERVACIONES			

SONDEO Nº : PP-07		
ELABORADO POR : F.L.R.Q.	REVISADO POR :	HOJA 4





**CLASIFICACION RMR SONDAJE PP-01**

**CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI, 89)**

SONDAGE: **PP-01**      SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)      ORIENTACION DEL COLLAR  
 PROYECTO: **REPRESAMIENTO MALCOMAYO**      NORTE : 8232845      AZIMUT :      CIA. DE PERFORACION : **CONSORCIO SYC**  
 UBICACIÓN : **EJE DE PRESA**      ESTE : 388615      BUZAMEN : 45°      TIPO DE PERFORACION / HQ  
 FECHA INICIO: 18-01-2014      ELEVACION (msnm) : 3948      D/AMETRO : HQ      ELABORADO POR: F.L.R.Q.      PROF. PERFORACION (m) 34.10

Nº	DE (m)	A (m)	LONGITUD DE AVANCE (m)	LITOLOGIA	RECUPERACION		RQD		FRACTURAS			COND. DISCONTINUIDAD		DUREZA		CONDICION DE AGUA SUBTERRANEA	RMR BASICO	TIPO DE ROCA		
					LONG. (m)	(%)	LONG. (m)	(%)	Nº FRAC.	LONG. (cm)	R	GRADO	R	GRADO	R				GRADO	
1	0.00	2.20	2.20	B.Traquiandesitica	1.45	66	0.38	17	4.5	27	5	5	C	20	R-4	7	E	15	52	Regular
2	2.20	3.60	1.40	B.Traquiandesitica	0.70	50	0.10	7	3	13	5	5	C	20	R-4	7	E	15	50	Regular
3	3.60	5.30	1.70	B.Traquiandesitica	1.70	100	0.73	43	8	29	6	5	C	20	R-4	7	E	15	55	Regular
4	5.30	6.70	1.40	B.Traquiandesitica	1.40	100	1.13	81	16	12	11	7	C	20	R-4	7	E	15	65	Buena
5	6.70	8.30	1.60	B.Traquiandesitica	1.60	100	1.38	86	17	10	15	7	D	25	R-3	4	E	15	68	Buena
6	8.30	9.60	1.30	B.Traquiandesitica	1.30	100	1.00	77	15	8	14	7	C	20	R-3	4	E	15	61	Buena
7	9.60	11.10	1.50	B.Traquiandesitica	1.50	100	1.22	81	16	9	15	7	D	25	R-3	4	D	10	62	Buena
8	11.10	12.60	1.50	B.Traquiandesitica	1.50	100	1.14	76	15	13	11	7	D	25	R-3	4	D	10	61	Buena
9	12.60	14.10	1.50	B.Traquiandesitica	1.50	100	0.57	38	7.5	23	6	6	C	20	R-3	4	E	15	53	Regular
10	14.10	15.60	1.50	B.Traquiandesitica	1.50	100	0.64	43	8	24	6	6	C	20	R-4	7	E	15	56	Regular
11	15.60	17.20	1.60	B.Traquiandesitica	1.60	100	1.31	82	16	8	18	7	D	25	R-3	4	D	10	62	Buena
12	17.20	18.50	1.30	B.Traquiandesitica	1.25	96	0.98	75	15	8	14	7	C	20	R-3	4	D	10	56	Regular
13	18.50	20.00	1.50	B.Traquiandesitica	1.40	93	1.00	67	13	12	11	7	D	25	R-3	4	E	15	64	Buena
14	20.00	21.40	1.40	B.Traquiandesitica	1.40	100	1.07	76	15	11	12	7	C	20	R-2	2	E	15	59	Regular
15	21.40	21.70	0.30	B.Traquiandesitica	0.20	67	0.00	0	3	3	5	5	C	20	R-2	2	E	15	45	Regular
16	21.70	23.20	1.50	B.Traquiandesitica	1.50	100	0.96	64	12	13	11	7	C	20	R-2	2	E	15	56	Regular
17	23.20	23.80	0.60	B.Traquiandesitica	0.60	100	0.40	67	13	0	60	11	D	25	R-2	2	E	15	66	Buena
18	23.80	25.40	1.60	B.Traquiandesitica	1.60	100	1.06	66	13	17	9	6	D	25	R-2	2	E	15	61	Buena
19	25.40	26.40	1.00	B.Traquiandesitica	1.00	100	0.82	82	16	9	10	7	C	20	R-2	2	E	15	60	Regular
20	26.40	27.90	1.50	B.Traquiandesitica	1.40	93	1.10	73	14	9	14	7	D	25	R-2	2	E	15	63	Buena
21	27.90	29.50	1.60	B.Traquiandesitica	1.60	100	0.78	49	9	20	8	6	C	20	R-3	4	E	15	54	Regular
22	29.50	31.10	1.60	B.Traquiandesitica	1.60	100	0.98	61	12	17	9	6	C	20	R-3	4	E	15	57	Regular
23	31.10	32.70	1.60	B.Traquiandesitica	1.60	100	1.28	80	15	12	12	7	D	25	R-3	4	E	15	66	Buena
24	32.70	34.10	1.40	B.Traquiandesitica	1.20	86	1.05	75	15	6	17	7	C	20	R-3	4	E	15	61	Buena



**CLASIFICACION RMR SONDAJE PP-02**

**CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI, 89)**

SISTEMA DE COORDENADAS (UTM) ORIENTACION DEL COLLAR

SONDAJE: PP-02 C/A. DE PERFORACION: CONSORCIO SY  
 PROYECTO: REPRESENTAMIENTO MALCOMAYO TIPO DE PERFORACION / HQ  
 UBICACIÓN :EJE DE PRESA DIA METRO : HQ  
 FECHA INICIO: 21-01-2014 FECHA TERMINO: 21-01-2014 ELABORADO POR: F.L.R.Q. PROF. PERFORACION (nº29.40)

NORTE : 8232870  
 ESTE : 388626  
 ELEVACION (msnm) : 3914

Nº	DE (m)	A (m)	LONGITUD DE AVANCE (m)	LITOLOGIA	RECUPERACION		RQD			FRACTURAS			COND. DISCONTINUIDAD		DUREZA		CONDICIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA		RMR BÁSICO	TIPO DE ROCA
					LONG. (m)	(%)	LONG. (m)	(%)	R	Nº FRAC.	LONG. (cm)	R	GRADO	R	GRADO	R	GRADO	R		
1	0.00	1.40	1.40	B.traquiandesítica	1.40	100	1.06	76	15	9	14	7	C	20	R-3	4	E	15	61	Buena
2	1.40	2.60	1.20	B.traquiandesítica	1.10	92	1.07	89	17	6	16	7	D	25	R-3	4	E	15	68	Buena
3	2.60	3.90	1.30	B.traquiandesítica	0.60	46	0.13	10	4	12	5	5	C	20	R-3	4	E	15	48	Regular
4	3.90	5.40	1.50	B.traquiandesítica	0.50	33	0.23	15	4.5	9	5	5	D	25	R-3	4	E	15	54	Regular
5	5.40	9.70	4.30	B.traquiandesítica	0.10	2	0.00	0	3	2	3	5	D	25	R-3	4	E	15	52	Regular
6	9.70	12.90	3.20	B.traquiandesítica	0.50	16	0.25	8	3	7	6	6	D	25	R-3	4	E	15	53	Regular
7	12.90	14.20	1.30	B.traquiandesítica	1.30	100	1.19	92	18	15	8	6	D	25	R-4	7	E	15	71	Buena
8	14.20	15.50	1.30	B.traquiandesítica	1.30	100	0.83	64	12	15	8	6	C	20	R-4	7	E	15	60	Regular
9	15.50	17.10	1.60	B.traquiandesítica	1.50	94	1.07	67	13	14	10	7	C	20	R-4	7	E	15	62	Buena
10	17.10	18.40	1.30	B.traquiandesítica	1.30	100	0.74	57	11	10	12	7	C	20	R-3	4	D	10	52	Regular
11	18.40	20.00	1.60	B.traquiandesítica	1.60	100	0.96	60	11	12	12	7	C	20	R-3	4	E	15	57	Regular
12	20.00	21.30	1.30	B.traquiandesítica	1.30	100	0.98	75	15	7	16	7	C	20	R-3	4	E	15	61	Buena
13	21.30	22.90	1.60	B.traquiandesítica	1.60	100	1.09	68	13	17	9	6	D	25	R-4	7	E	15	66	Buena
14	22.90	24.20	1.30	B.traquiandesítica	0.00	0	0.00	0	3	0	0	5	C	20	R-4	7	E	15	50	Regular
15	24.20	29.40	5.20	B.traquiandesítica	0.00	0	0.00	0	3	0	0	5	D	25	R-4	7	E	15	55	Regular



**CLASIFICACION RMR SONDAJE PP-03**

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI, 89)

SONDAJE: PP-03  
 PROYECTO: REPRESAMIENTO MALCOMAYO  
 UBICACIÓN: EJE DE PLINTO  
 FECHA INICIO: 25-01-2014 FECHA TERMINO: 30-01-2014

SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)  
 NORTE : 8232955  
 ESTE : 388623  
 ELEVACION (msnm) : 3914

ORIENTACION DEL COLLAR  
 AZIMUT : CIA. DE PERFORACION : CONSORCIO SYC  
 BUZAMEN : 0° TIPO DE PERFORACION / HQ- NQ  
 DIAMETRO : HQ  
 ELABORADO POR: F.L.R.Q. PROF. PERFORACION (m) : 58.00

Nº	DE (m)	A (m)	LONGITUD DE AVANCE (m)	LITOLOGIA	RECUPERACION		RQD			FRACTURAS			COND. DISCONTINUIDAD		DUREZA		CONDICIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA		RMR BÁSICO	TIPO DE ROCA	
					LONG. (m)	(%)	LONG. (m)	(%)	R	Nº FRAC.	LONG. (cm)	R	GRADO	R	GRADO	R	GRADO	R			
1	0.00	0.60	0.60	arena gravosa	0.60	100	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
2	0.60	1.20	0.60	arena con grava	0.60	100	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
3	1.20	1.90	0.70	sin clasificacion	0.70	100	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
4	1.90	2.50	0.60	sin clasificacion	0.60	100	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
5	2.50	2.95	0.45	grava con arena	0.00	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
6	2.95	4.00	1.05	grava con arena	1.05	100	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
7	4.00	4.45	0.45	grava con arena	0.00	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
8	4.45	6.00	1.55	arena con grava	0.70	45	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
9	6.00	6.60	0.60	grava con arena	0.00	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
10	6.60	8.50	1.90	grava con arena	0.70	37	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
11	8.50	9.10	0.60	grava con arena	0.00	0	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
12	9.10	10.10	1.00	grava con arena	0.80	80	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
13	10.10	10.70	0.60	grava con arena	0.35	58	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
14	10.70	10.90	0.20	grava con arena	0.20	100	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
15	10.90	12.00	1.10	grava con arena	1.00	91	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
16	12.00	12.60	0.60	grava con arena	0.60	100	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
17	12.60	13.80	1.20	grava con arena	0.90	75	0.00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
18	13.80	15.00	1.20	grava con arena	1.05	88	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
19	15.00	15.60	0.60	grava con arena	0.35	58	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
20	15.60	16.70	1.10	grava con arena	0.65	59	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
21	16.70	17.60	0.90	grava con arena	0.40	44	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
22	17.60	18.40	0.80	grava con arena	0.80	100	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
23	18.40	20.20	1.80	grava con arena	1.15	64	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
24	20.20	21.20	1.00	grava con arena	0.70	70	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
25	21.20	21.30	0.10	grava con arena	0.00	0	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
26	21.30	21.80	0.50	arena gravosa	0.50	100	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
27	21.80	23.00	1.20	arena gravosa	1.20	100	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
28	23.00	24.00	1.00	arena gravosa	0.70	70	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
29	24.00	24.80	0.80	arena gravosa	0.60	75	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
30	24.80	25.40	0.60	arena gravosa	0.60	100	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
31	25.40	26.30	0.90	arena gravosa	0.90	100	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
32	26.30	26.80	0.50	arena con grava	0.50	100	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
33	26.80	27.70	0.90	arena con grava	0.90	100	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
34	27.70	28.60	0.90	grava con arena	0.90	100	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
35	28.60	29.60	1.00	grava con arena	0.98	98	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
36	29.60	30.20	0.60	arena gravosa	0.60	100	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
37	30.20	30.60	0.40	arena gravosa	0.37	92	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
38	30.60	31.80	1.20	arena gravosa	1.00	83	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
39	31.80	32.80	1.00	arena gravosa	0.77	77	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
40	32.80	33.50	0.70	arena gravosa	0.55	79	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
41	33.50	34.50	1.00	arena gravosa	0.60	60	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
42	34.50	35.00	0.50	arena gravosa	0.25	50	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
43	35.00	35.45	0.45	arena gravosa	0.00	0	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
44	35.45	36.40	0.95	arena gravosa	0.60	63	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
45	36.40	37.40	1.00	arena gravosa	0.40	40	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
46	37.40	38.40	1.00	arena gravosa	0.45	45	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
47	38.40	38.60	0.20	arena gravosa	0.20	100	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
48	38.60	40.00	1.40	sin clasificacion	0.70	50	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
49	40.00	40.45	0.45	sin clasificacion	0.00	0	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
50	40.45	41.20	0.75	sin clasificacion	0.28	37	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
51	41.20	42.80	1.60	sin clasificacion	0.45	28	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
52	42.80	44.50	1.70	sin clasificacion	0.50	29	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
53	44.50	46.50	2.00	sin clasificacion	0.20	10	0.00	0	3	20	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
54	46.50	48.20	1.70	sin clasificacion	0.20	12	0.00	0	3	20	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
55	48.20	49.80	1.60	sin clasificacion	0.25	16	0.00	0	3	20	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
56	49.80	51.50	1.70	sin clasificacion	0.35	21	0.00	0	3	20	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Muy Mala
57	51.50	53.00	1.50	sin clasificacion	0.25	17	0.00	0	3	20	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Muy Mala
58	53.00	54.60	1.60	b. traquiandesita	0.25	16	0.00	0	3	20	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Muy Mala
59	54.60	56.30	1.70	b. traquiandesita	0.28	16	0.00	0	3	20	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Muy Mala
60	56.30	57.30	1.00	b. traquiandesita	0.30	19	0.00	0	3	20	1	5	0	0	R-4	7	E	15	0	Mala	
61	57.30	58.00	0.70	b. traquiandesita	0.20	29	0.12	17	4.5	10	2	5	C	20	R-4	7	D	10	0	Regular	



**CLASIFICACION RMR SONDAJE PP-04**

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI, 89)

SISTEMA DE COORDENADAS (UTM) ORIENTACION DEL COLLAR  
 AZIMUT : CIA. DE PERFORACION : CONSORCIO SYC  
 BUZAMIENT : 0° TIPO DE PERFORACION / HQ/NQ  
 DIAMETRO : HQ/NQ  
 ELABORADO POR: F.L.R.Q. PROF. PERFORACION (m) : 56.00

SONDAJE: PP-04  
 PROYECTO: REPRESAMIENTO MALCOMAYO NORTE : 8232916  
 UBICACIÓN : EJE DE PRESA ESTE : 388688  
 FECHA INICIO: 13-01-2014 FECHA TERMINO: 24-01-2014 ELEVACION (msnm) : 3913

Nº	DE (m)	A (m)	LONGITUD DE AVANCE (m)	LITOLOGIA	RECUPERACION		RQD			FRACTURAS		COND. DISCONTINUIDAD		DUREZA		CONDICIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA		RMR BÁSICO	TIPO DE ROCA		
					LONG. (m)	(%)	LONG. (m)	(%)	R	Nº FRAC.	LONG. (cm)	R	GRADO	R	GRADO	R	GRADO			R	
1	0.00	0.50	0.50	Arena gravosa	0.50	100	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
2	0.50	1.20	0.70	Arena gravosa	0.70	100	0.00	0	3	0	70	12	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
3	1.20	1.60	0.40	Arena gravosa	0.40	100	0.00	0	3	0	40	10	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
4	1.60	2.60	1.00	Arena gravosa	1.00	100	0.00	0	3	0	100	14	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
5	2.60	3.20	0.60	Arena gravosa	0.60	100	0.00	0	3	0	60	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
6	3.20	3.80	0.60	Arena gravosa	0.60	100	0.00	0	3	0	60	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
7	3.80	4.50	0.70	Arena gravosa	0.70	100	0.00	0	3	0	70	12	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
8	4.50	5.00	0.50	Arena gravosa	0.50	100	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
9	5.00	5.90	0.90	Arena gravosa	0.90	100	0.00	0	3	0	90	13	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
10	5.90	6.40	0.50	Arena gravosa	0.50	100	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
11	6.40	6.70	0.30	Arena gravosa	0.30	100	0.00	0	3	0	30	9	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
12	6.70	7.10	0.40	Arena gravosa	0.40	100	0.00	0	3	0	40	10	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
13	7.10	7.40	0.30	Arena gravosa	0.30	100	0.00	0	3	0	30	9	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
14	7.40	8.40	1.00	Arena gravosa	0.70	70	0.00	0	3	0	70	12	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
15	8.40	9.40	1.00	Arena gravosa	0.80	80	0.00	0	3	0	80	13	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
16	9.40	10.00	0.60	Arena gravosa	0.40	67	0.00	0	3	0	40	10	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
17	10.00	10.60	0.60	Arena gravosa	0.00	0	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
18	10.60	11.60	1.00	Arena gravosa	0.50	50	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
19	11.60	12.60	1.00	Arena gravosa	0.50	50	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
20	12.60	13.20	0.60	Arena gravosa	0.36	60	0.00	0	3	0	36	9	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
21	13.20	13.70	0.50	Arena gravosa	0.34	68	0.00	0	3	0	34	9	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
22	13.70	14.20	0.50	Arena gravosa	0.50	100	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
23	14.20	14.90	0.70	Arena gravosa	0.60	86	0.00	0	3	0	60	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
24	14.90	15.20	0.30	Arena gravosa	0.30	100	0.00	0	3	0	30	9	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
25	15.20	15.60	0.40	Arena gravosa	0.40	100	0.00	0	3	0	40	10	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
26	15.60	16.10	0.50	Arena gravosa	0.50	100	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
27	16.10	16.60	0.50	Arena gravosa	0.50	100	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
28	16.60	18.00	1.40	Arena gravosa	1.11	79	0.00	0	3	0	111	15	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
29	18.00	19.00	1.00	Arena gravosa	0.70	70	0.00	0	3	0	70	12	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
30	19.00	20.00	1.00	Arena gravosa	0.70	70	0.00	0	3	0	70	12	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
31	20.00	20.50	0.50	Arena gravosa	0.50	100	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
32	20.50	21.10	0.60	Arena gravosa	0.50	83	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
33	21.10	21.90	0.80	Arena gravosa	0.80	100	0.00	0	3	0	80	13	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
34	21.90	23.10	1.20	Arena gravosa	0.90	75	0.00	0	3	0	90	13	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
35	23.10	24.10	1.00	Arena gravosa	0.60	60	0.00	0	3	0	60	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
36	24.10	24.80	0.70	Arena gravosa	0.60	86	0.00	0	3	0	60	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
37	24.80	26.00	1.20	Arena gravosa	0.70	58	0.00	0	3	0	70	12	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
38	26.00	27.70	1.70	Arena gravosa	1.70	100	0.00	0	3	0	170	18	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
39	27.70	28.70	1.00	Arena gravosa	1.00	100	0.00	0	3	0	100	14	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
40	28.70	30.10	1.40	Arena gravosa	1.40	100	0.00	0	3	0	140	17	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
41	30.10	30.60	0.50	Arena gravosa	0.30	60	0.00	0	3	0	30	9	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
42	30.60	32.90	2.30	Arena gravosa	1.40	61	0.00	0	3	0	140	17	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
43	32.90	33.10	0.20	Arena gravosa	0.00	0	0.00	0	3	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
44	33.10	34.00	0.90	Arena gravosa	0.48	53	0.00	0	3	0	48	10	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
45	34.00	35.20	1.20	Arena gravosa	0.90	75	0.00	0	3	0	90	13	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
46	35.20	36.00	0.80	Arena gravosa	0.70	88	0.00	0	3	0	70	12	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
47	36.00	36.50	0.50	Arena gravosa	0.50	100	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
48	36.50	37.00	0.50	Arena gravosa	0.50	100	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
49	37.00	37.50	0.50	Arena gravosa	0.50	100	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
50	37.50	38.00	0.50	Arena gravosa	0.50	100	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
51	38.00	38.70	0.70	Arena gravosa	0.70	100	0.00	0	3	0	70	12	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
52	38.70	39.40	0.70	Arena gravosa	0.40	57	0.00	0	3	0	40	10	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
53	39.40	39.60	0.20	Arena gravosa	0.10	50	0.00	0	3	0	10	7	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
54	39.60	40.10	0.50	Arena gravosa	0.30	60	0.00	0	3	0	30	9	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
55	40.10	41.50	1.40	Arena gravosa	0.45	32	0.00	0	3	0	45	10	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
56	41.50	44.40	2.90	B.traquiandestitica	0.70	24	0.20	7	3	7	9	6	D	25	R-3	4	E	15	53	Regular	
57	44.40	47.30	2.90	B.traquiandestitica	0.70	24	0.22	8	3	10	6	6	D	25	R-3	4	E	15	53	Regular	
58	47.30	50.20	2.90	B.traquiandestitica	1.15	40	0.21	7	3	12	9	6	C	20	R-3	4	E	15	48	Regular	
59	50.20	52.10	1.90	B.traquiandestitica	0.90	47	0.14	7	3	7	11	7	C	20	R-3	4	E	15	49	Regular	
60	52.10	53.10	1.00	B.traquiandestitica	0.70	44	0.16	10	4	13	5	5	D	25	R-3	4	E	15	53	Regular	
61	53.10	54.50	1.40	B.traquiandestitica	0.90	64	0.30	21	5	10	8	6	C	20	R-4	7	D	10	48	Regular	



**CLASIFICACION RMR SONDAJE PP-05**

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI, 89)

ORIENTACION DEL COLLAR :

AZIMUT :  
BUZAMIENT : 0°  
DIAMETRO : HQ  
ELABORADO POR: F.L.R.Q.  
C.I.A. DE PERFORACION : CONSORCIO SY  
TIPO DE PERFORACION / HQ  
PROF. PERFORACION (n 51.00)

SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)

NORTE : 8233021  
ESTE : 388678  
ELEVACION (msnm) : 3919

SONDAJE: PP-05  
PROYECTO: REPRESENTAMIENTO MALCOMAYO  
UBICACIÓN: "EJE PLINTO"  
FECHA INICIO: 12-01-2014 FECHA TERMINO: 19-01-2014

N°	DE (m)	A (m)	LONGITUD DE AVANCE (m)	LITOLOGIA	RECUPERACION		RGD		FRACTURAS			COND. DISCONTINUIDAD		DUREZA		CONDICIÓN DE AGUA SUBTERRANEA		RMR BÁSICO	TIPO DE ROCA	
					LONG. (m)	(%)	LONG. (m)	(%)	N° FRAC.	LONG. (cm)	R	GRADO	R	GRADO	R	GRADO	R			GRADO
1	0.00	0.50	0.50	arena gravosa	0.50	100	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
2	0.50	1.80	1.30	arena gravosa	1.30	100	0.00	0	3	0	130	16	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
3	1.80	2.70	0.90	arena gravosa	0.90	100	0.00	0	3	0	90	13	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
4	2.70	3.70	1.00	arena gravosa	1.00	100	0.00	0	3	0	100	14	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
5	3.70	4.20	0.50	arena gravosa	0.50	100	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
6	4.20	5.00	0.80	arena gravosa	0.38	48	0.00	0	3	0	38	9	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
7	5.00	5.70	0.70	arena gravosa	0.40	57	0.00	0	3	0	40	10	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
8	5.70	6.30	0.60	arena gravosa	0.60	100	0.00	0	3	0	60	11	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
9	6.30	6.90	0.60	arena gravosa	0.60	100	0.00	0	3	0	60	11	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
10	6.90	8.00	1.10	arena gravosa	1.10	100	0.00	0	3	0	110	15	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
11	8.00	9.00	1.00	arena gravosa	0.60	60	0.00	0	3	0	60	11	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
12	9.00	9.70	0.70	arena gravosa	0.10	14	0.00	0	3	0	10	7	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
13	9.70	10.70	1.00	arena gravosa	0.60	60	0.00	0	3	0	60	11	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
14	10.70	11.40	0.70	arena gravosa	0.50	71	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
15	11.40	12.30	0.90	arena gravosa	0.30	33	0.00	0	3	0	30	9	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
16	12.30	13.30	1.00	arena gravosa	0.50	50	0.00	0	3	0	50	11	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
17	13.30	14.50	1.20	arena gravosa	0.40	33	0.00	0	3	0	40	10	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
18	14.50	15.30	0.80	arena gravosa	0.80	100	0.00	0	3	0	80	13	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
19	15.30	16.90	1.60	B.Traquiandesitc	1.41	88	0.69	43	8	15	9	6	C	20	R-4	7	D	10	51	Regular
20	16.90	18.30	1.40	B.Traquiandesitc	1.30	93	0.24	17	4.5	12	10	7	C	20	R-4	7	D	10	49	Regular
21	18.30	19.90	1.60	B.Traquiandesitc	1.60	100	0.61	38	7.5	14	11	7	C	20	R-4	7	D	10	52	Regular
22	19.90	21.50	1.60	B.Traquiandesitc	1.60	100	0.86	54	10	16	9	6	C	20	R-4	7	E	15	58	Regular
23	21.50	22.90	1.40	B.Traquiandesitc	1.40	100	0.35	25	6	17	8	6	C	20	R-5	12	E	15	59	Regular
24	22.90	24.30	1.40	B.Traquiandesitc	1.40	100	0.29	21	5	22	6	6	C	20	R-5	12	E	15	58	Regular
25	24.30	25.70	1.40	B.Traquiandesitc	1.30	93	0.17	12	4	18	7	6	C	20	R-4	7	E	15	52	Regular
26	25.70	27.30	1.60	B.Traquiandesitc	1.60	100	0.11	7	3	22	7	6	D	25	R-5	12	E	15	61	Buena
27	27.30	28.70	1.40	B.Traquiandesitc	1.20	86	0.32	23	5	15	8	6	C	20	R-4	7	E	15	53	Regular
28	28.70	30.30	1.60	B.Traquiandesitc	1.50	94	0.80	50	9	15	9	6	C	20	R-4	7	E	15	57	Regular
29	30.30	31.90	1.60	B.Traquiandesitc	1.60	100	0.69	43	8	11	13	7	D	25	R-5	12	E	15	67	Buena
30	31.90	33.30	1.40	B.Traquiandesitc	1.34	96	1.02	73	14	12	10	7	D	25	R-5	12	E	15	73	Buena
31	33.30	34.90	1.60	B.Traquiandesitc	1.60	100	0.42	26	6	21	7	6	D	25	R-5	12	E	15	64	Buena
32	34.90	36.30	1.40	B.Traquiandesitc	1.00	71	0.00	0	3	14	7	6	C	20	R-5	12	E	15	56	Regular
33	36.30	37.70	1.40	B.Traquiandesitc	1.30	93	0.35	25	5	15	8	6	C	20	R-5	12	E	15	58	Buena
34	37.70	39.30	1.60	B.Traquiandesitc	1.41	88	0.69	43	8	14	9	6	D	25	R-5	12	E	15	66	Buena
35	39.30	41.90	2.60	B.Traquiandesitc	1.60	62	0.42	16	4.5	23	7	6	C	20	R-4	7	E	15	53	Regular
36	41.90	43.30	1.40	B.Traquiandesitc	1.40	100	0.98	70	14	16	8	6	D	25	R-5	12	E	15	72	Buena
37	43.30	44.90	1.60	B.Traquiandesitc	1.60	100	0.80	50	9	13	11	7	C	20	R-4	7	D	10	53	Regular
38	44.90	46.30	1.40	B.Traquiandesitc	1.40	100	0.29	21	5	24	6	6	C	20	R-4	7	D	10	48	Regular
39	46.30	47.90	1.60	B.Traquiandesitc	1.60	100	0.74	46	9	24	6	6	C	20	R-4	7	D	10	52	Regular
40	47.90	49.20	1.30	B.Traquiandesitc	1.30	100	0.82	63	12	11	11	7	C	20	R-5	12	E	15	66	Buena
41	49.20	49.70	0.50	B.Traquiandesitc	0.50	100	0.25	50	10	7	6	6	D	25	R-5	12	E	15	68	Buena
42	49.70	51.00	1.30	B.Traquiandesitc	1.30	100	0.60	46	9	14	9	6	C	20	R-5	12	E	15	62	Buena



**CLASIFICACION RMR SONDAJE PP-06**

**CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI, 89)**

ORIENTACION DEL COLLAR

AZIMUT :

SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)

SONDAJE: PP-06

PROYECTO: REPRESAMIENTO MALCOMAYO

UBICACIÓN :EJE PLINTO

FECHA INICIO:21-01-2014 FECHA TERMINO: 02-02-2014

CIA. DE PERFORACION : CONSORCIO SY

TIPO DE PERFORACION / HQ

BUZAMIENT : 60°

DIAMETRC : HQ

ELABORADO POR: F.L.R.Q.

ELEVACION (msnm) : 3918

PROF. PERFORACION (r 38.00

Nº	DE (m)	A (m)	LONGITUD DE AVANCE (m)	LITOLOGIA	RECUPERACION		ROD		FRACTURAS			COND. DISCONTINUIDAD		DUREZA		CONDICION DE AGUA SUBTERRANEA		RMR BASICO	TIPO DE ROCA	
					LONG. (m)	(%)	LONG. (m)	(%)	Nº FRAC.	LONG. (cm)	R	R	GRADO	R	GRADO	R	R			
1	0.00	0.70	0.70	Arena gravosa	0.70	100	0.00	0	0	0	70	12	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
2	0.70	1.40	0.70	Arena gravosa	0.70	100	0.00	0	0	0	70	12	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
3	1.40	2.00	0.60	Arena gravosa	0.60	100	0.00	0	0	0	60	11	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
4	2.00	2.70	0.70	Arena gravosa	0.70	100	0.00	0	0	0	70	12	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
5	2.70	3.30	0.60	Arena gravosa	0.60	100	0.00	0	0	0	60	11	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
6	3.30	4.90	1.60	Arena gravosa	1.40	88	0.54	18	0	18	7	6	6	C	20	R-4	7	E	15	Regular
7	4.90	5.70	0.80	B. Traquiandesitico	0.70	88	0.19	9	0	9	7	6	6	C	20	R-4	7	D	10	Regular
8	5.70	6.95	1.25	B. Traquiandesitico	1.25	100	0.00	22	0	22	5	5	5	D	25	R-4	7	D	10	Regular
9	6.95	8.05	1.10	B. Traquiandesitico	1.00	91	0.13	20	0	20	5	5	5	D	25	R-4	7	D	10	Regular
10	8.05	9.60	1.55	B. Traquiandesitico	1.55	100	0.27	30	0	30	5	5	5	C	20	R-4	7	D	10	Regular
11	9.60	10.00	0.40	B. Traquiandesitico	0.35	87	0.16	5	0	5	6	5	5	C	20	R-4	7	E	15	Regular
12	10.00	11.00	1.00	B. Traquiandesitico	0.50	50	0.10	12	0	12	4	5	5	C	20	R-4	7	E	15	Regular
13	11.00	12.30	1.30	B. Traquiandesitico	1.10	85	0.20	19	0	19	6	6	6	C	20	R-3	4	E	15	Regular
14	12.30	13.30	1.00	B. Traquiandesitico	0.90	90	0.00	27	6	27	3	5	5	C	20	R-4	7	E	15	Regular
15	13.30	14.80	1.50	B. Traquiandesitico	1.40	93	0.37	22	5	22	6	6	6	D	25	R-3	4	E	15	Regular
16	14.80	16.10	1.30	B. Traquiandesitico	1.30	100	0.23	23	5	23	5	5	5	D	25	R-4	7	E	15	Regular
17	16.10	17.70	1.60	B. Traquiandesitico	1.60	100	0.65	23	5	23	7	6	6	C	20	R-4	7	D	10	Regular
18	17.70	18.60	0.90	B. Traquiandesitico	0.90	100	0.60	14	4	14	6	6	6	C	20	R-4	7	D	10	Regular
19	18.60	20.00	1.40	B. Traquiandesitico	1.20	86	0.28	18	4.5	18	6	6	6	C	20	R-5	12	E	15	Regular
20	20.00	21.60	1.60	B. Traquiandesitico	1.40	87	0.95	12	4	12	11	7	7	C	20	R-3	4	E	15	Regular
21	21.60	23.10	1.50	B. Traquiandesitico	1.40	93	0.65	13	4	13	10	7	7	C	20	R-3	4	E	15	Regular
22	23.10	24.30	1.20	B. Traquiandesitico	1.20	100	0.38	32	7	16	7	6	6	C	20	R-3	4	E	15	Regular
23	24.30	25.90	1.60	B. Traquiandesitico	1.60	100	0.39	24	5	23	7	6	6	C	20	R-3	4	E	15	Regular
24	25.90	27.50	1.60	B. Traquiandesitico	1.60	100	1.03	64	12	13	11	7	7	C	20	R-3	4	E	15	Regular
25	27.50	28.50	1.00	B. Traquiandesitico	0.80	80	0.47	47	9	7	10	7	7	C	20	R-3	4	E	15	Regular
26	28.50	30.10	1.60	B. Traquiandesitico	1.25	78	0.15	9	3	7	16	7	7	C	20	R-3	4	E	15	Regular
27	30.10	31.50	1.40	B. Traquiandesitico	0.90	64	0.00	0	3	10	8	6	6	D	25	R-4	7	E	15	Regular
28	31.50	32.90	1.40	B. Traquiandesitico	1.05	75	0.15	11	4	20	5	5	5	D	25	R-3	4	E	15	Regular
29	32.90	34.50	1.60	B. Traquiandesitico	0.80	50	0.00	0	3	20	4	5	5	D	25	R-3	4	E	15	Regular
30	34.50	36.10	1.60	B. Traquiandesitico	0.93	58	0.13	8	3	20	4	5	5	D	25	R-4	7	E	15	Regular
31	36.10	37.50	1.40	B. Traquiandesitico	1.15	82	0.47	34	7	20	5	5	5	D	25	R-4	7	E	15	Regular
32	37.50	38.00	0.50	B. Traquiandesitico	0.50	100	0.00	0	3	20	2	5	5	D	25	R-3	4	E	15	Regular



**CLASIFICACION RMR SONDAJE PP-07**

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI, 89)

SISTEMA DE COORDENADAS (UTM) ORIENTACION DEL COLLAR :  
 AZIMUT :  
 BUZAMEN : 0°  
 DIAMETRO : HQ  
 ELABORADO POR: F.L.R.Q.  
 ELEVACION (msnm) : 3,921.00  
 C.A. DE PERFORACION : CONSORCIO SY  
 TIPO DE PERFORACION / HQ  
 NIVEL FREÁTICO (m): 6.70  
 PROF. PERFORACION (m) 36.30

SONDAJE: PP-07  
 PROYECTO: REPRESENTAMIENTO MALCOMAYO  
 UBICACIÓN :EJE DE PRESA  
 FECHA INICIO:31-01-2014 FECHA TERMINO: 01-02-2014

Nº	DE (m)	A (m)	LONGITUD DE AVANCE (m)	LITOLOGIA	RECUPERACION		RQD		FRACTURAS			COND. DISCONTINUIDAD		DUREZA		CONDICIÓN DE AGUA SUBTERRANEA			RMR BÁSICO	TIPO DE ROCA		
					LONG. (m)	(%)	LONG. (m)	(%)	R	Nº FRAC.	LONG. (cm)	R	GRADO	R	GRADO	R	GRADO	R			GRADO	
1	0.00	1.00	1.00	Arena limosa	0.97	97	0.00	0	0	0	97	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
2	1.00	2.40	1.40	B.Traquiandesitica	0.92	66	0.00	0	0	0	92	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
3	2.40	4.00	1.60	B.Traquiandesitica	0.60	38	0.00	0	0	0	60	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
4	4.00	5.50	1.50	B.Traquiandesitica	0.43	29	0.00	0	0	0	43	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
5	5.50	7.00	1.50	B.Traquiandesitica	0.48	32	0.00	0	0	0	48	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Suelo
6	7.00	8.70	1.70	B.Traquiandesitica	1.00	59	0.20	18	0	20	5	5	C	20	R-5	12	E	15	52	52	Regular	
7	8.70	9.60	0.90	B.Traquiandesitica	0.70	78	0.16	9	0	20	3	5	C	20	R-5	12	D	10	47	47	Regular	
8	9.60	10.80	1.20	B.Traquiandesitica	1.15	96	0.90	22	0	5	19	7	D	25	R-5	12	D	10	54	54	Regular	
9	10.80	12.40	1.60	B.Traquiandesitica	1.60	100	0.90	20	0	7	20	8	D	25	R-5	12	D	10	55	55	Regular	
10	12.40	14.00	1.60	B.Traquiandesitica	1.60	100	0.98	30	0	7	20	8	C	20	R-5	12	D	10	50	50	Regular	
11	14.00	15.60	1.60	B.Traquiandesitica	1.60	100	1.15	5	0	6	23	8	C	20	R-4	7	E	15	50	50	Regular	
12	15.60	17.20	1.60	B.Traquiandesitica	1.60	100	0.80	12	0	12	12	7	C	20	R-5	12	E	15	54	54	Regular	
13	17.20	18.60	1.40	B.Traquiandesitica	1.40	100	0.60	19	0	15	9	6	C	20	R-5	12	E	15	53	53	Regular	
14	18.60	20.10	1.50	B.Traquiandesitica	1.50	100	0.70	27	6	20	7	6	C	20	R-5	12	E	15	59	59	Regular	
15	20.10	21.70	1.60	B.Traquiandesitica	1.60	100	1.00	22	5	10	15	7	D	25	R-5	12	E	15	64	64	Buena	
16	21.70	23.30	1.60	B.Traquiandesitica	1.60	100	1.00	23	5	11	13	7	D	25	R-6	15	E	15	67	67	Buena	
17	23.30	23.90	0.60	B.Traquiandesitica	0.80	100	0.00	23	5	20	3	5	C	20	R-4	7	D	10	47	47	Regular	
18	23.90	24.70	0.80	B.Traquiandesitica	0.80	100	0.78	14	4	2	27	8	C	20	R-5	12	D	10	54	54	Regular	
19	24.70	26.00	1.30	B.Traquiandesitica	1.25	96	0.25	18	4.5	11	10	7	C	20	R-5	12	E	15	59	59	Regular	
20	26.00	27.60	1.60	B.Traquiandesitica	1.60	100	1.55	12	4	2	53	11	C	20	R-4	7	E	15	57	57	Regular	
21	27.60	29.20	1.60	B.Traquiandesitica	1.60	100	1.10	13	4	5	27	8	C	20	R-4	7	D	10	49	49	Regular	
22	29.20	30.50	1.30	B.Traquiandesitica	1.30	100	1.00	77	15	5	22	8	C	20	R-4	7	D	10	60	60	Regular	
23	30.50	32.00	1.50	B.Traquiandesitica	1.35	90	0.50	33	7	7	17	7	C	20	R-3	4	E	15	53	53	Regular	
24	32.00	33.20	1.20	B.Traquiandesitica	0.98	82	0.43	36	7.5	7	12	7	C	20	R-2	2	E	15	52	52	Regular	
25	33.20	34.80	1.60	B.Traquiandesitica	1.45	91	0.55	34	7	11	12	7	C	20	R-4	7	E	15	56	56	Regular	
26	34.80	36.30	1.50	B.Traquiandesitica	1.50	100	1.10	73	14	8	17	7	C	20	R-4	7	E	15	63	63	Buena	



## **ANEXO N°04**

### **MAPAS - PLANOS**

**MAPAS – PLANOS:**

- 1.- Mapa de ubicación
- 2.- Mapa geológico local
- 3.- Mapa geomorfológico
- 4.- Mapa lito estratigráfico
- 5.- Plano estructural
- 6.- Sección estratigráfica del eje
- 7.- Sección de permeabilidad del eje proyectado
- 8.- Sección de caracterización geotécnica
- 9.- Eje de presa proyectado
- 10.- Plano de ubicación de calicatas
- 11.- plano de zonificación de suelos
- 12.- plano de ubicación de canteras