

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO**

**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y METALURGICA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA**



---

**ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA  
PRESA MARHUAY DEL DISTRITO DE COYA, PROVINCIA DE CALCA,  
CUSCO.**

---

**TESIS PRESENTADO POR:**

Bach. NIELS HUAMAN ZUÑIGA

Bach. LIZ PAMELA CABALLERO CAYLLAHUA

**Para optar al Título Profesional de:**

INGENIERO GEÓLOGO

**ASESORA:**

Mgt. Ing. Josefina Escalante Gutiérrez

**CUSCO - PERU**

**2022**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de tesis va dirigido a mis padres; Guillermo Huaman Cárdenas, Celia Zuñiga Quispe y a mis hermanos, por apoyarme en los momentos más difíciles y por haberme brindado todo su apoyo necesario para poder concluir con este trabajo.

Br. Niels Huaman Zuñiga

## **DEDICATORIA**

A mis padres Beatriz Cayllahua Ramírez y Víctor Caballero Sánchez, por su apoyo incondicional, amor y ayuda en momentos difíciles, quienes han sido pieza fundamental para poder concluir este trabajo.

Br. Liz Pamela Caballero Cayllahua

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, quiero agradecer a Dios por todo lo que me ha brindado hasta ahora y por lo que procede en mi destino, por haberme dado fortaleza, perseverancia y paciencia en todo este largo tiempo de trabajo.

Así mismo agradecer a nuestra casa de estudios, la Universidad Nacional de san Antonio Abad del Cusco, por haberme brindado la formación profesional que necesito, a la Escuela Profesional de Ingeniería Geologica y a todos los ingenieros docentes, muchas gracias.

Br. Niels Huaman Zuñiga

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios, a mis padres quienes me dieron la vida, los cuales con su sabiduría hicieron posible que pueda lograr todos mis objetivos.

De la misma manera agradezco a nuestra casa de formación profesional, Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco y a la escuela profesional de Ingeniería Geológica.

Br. Liz Pamela Caballero Cayllahua

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en la microcuenca de Marhuay, distrito de Coya, provincia de Calca, departamento del Cusco. Desde el punto de vista hidrológico perteneciente a la subcuenca del valle de Coya, que es fuente principal del riachuelo Marhuay el cual vierte sus aguas a la cuenca del Vilcanota. Debido a que existe una demanda hídrica en la zona de estudio, es de vital importancia la construcción de una presa, para ello se debe disponer de una buena infraestructura, para el abastecimiento del agua y así poder incrementar el volumen de almacenamiento de agua en la Laguna de Marhuay, que beneficiara a las Comunidades Campesinas de Coya Qosqo, Coya Runa y Ayarcancha, mejorando así el nivel de vida de la población dedicadas a las distintas actividades económicas.

El clima que se presenta la zona de estudio corresponde a la Región Puna, ya que el área de estudio se extiende entre los 4300 y 4600 msnm, las precipitaciones muestran una tendencia estacional definida por un período lluvioso (diciembre-abril) 70% y un período seco (mayo-noviembre) 30% con una temperatura media de 13.3 °C, teniendo una temperatura mínima de 4.5 °C y una temperatura máxima de 19 °C en promedio.

Geomorfológicamente la zona de estudio es un valle glaciar en forma de U, que está relacionado a los procesos físicos de arranque y abrasión por la acción erosiva del glaciar presentando una dirección NE-SO. Geológicamente en la zona de estudio se identificaron las siguientes secuencias lito estratigráficas correspondientes a las formaciones Pachatusan y Pisac del Grupo Mitu, así como los depósitos cuaternarios glacio - aluviales y depósitos coluvio aluviales

Los estudios geotécnicos realizados en el presente estudio, tendrán por finalidad determinar las características físicas y mecánicas del subsuelo de cimentación en que se fundarán la presa Marhuay.

La laguna de Marhuay es de origen glaciar cuaternaria, lo que garantiza su estanqueidad. Su suelo es orgánico con promedio de 60 cm de profundidad y como substrato un macizo rocoso moderadamente fracturado, determinado por el estudio geofísico.

La permeabilidad en general es de media a baja según los análisis de coeficiente de permeabilidad que va entre  $7.62E-05$  cm/s a  $2.75E-04$  cm./s, por ser suelos de cobertura superficial en estado húmedo seguido de saturación de agua en materiales principalmente de granulometría heterogénea como: limos, arcillas y arenas. También tenemos que la capacidad portante es favorable, por haber alcanzado el valor de  $23.22$  kg/cm<sup>2</sup> para la ejecución de la presa de Marhuay. De acuerdo a los valores obtenidos en la clasificación RMR, por ser de clase III que indica que es resistente al corte y a la compresión, lo que garantiza la estabilidad de las rocas y su resistencia a la erosión por su contenido de plagioclasas en abundancia que le dan una dureza de 5 en la escala de Mohs.

## ABSTRACT

The present work was carried out in the micro-basin of Marhuay, district of Coya, province of Calca, department of Cusco. From the hydrological point of view belonging to the sub-basin of the Coya Valley, which is the main source of the Marhuay stream which pours its waters into the Vilcanota basin. Because there is a water demand in the study area, it is of vital importance to build a dam, for this you must have a good infrastructure, for the supply of water and thus be able to increase the volume of water storage in the Marhuay Lagoon, which will benefit the Peasant Communities of Coya Qosqo, Coya Runa and Ayarcancha, thus improving the standard of living of the population dedicated to different economic activities.

The climate presented in the study area corresponds to the Puna Region, since the study area extends between 4300 and 4600 meters above sea level, rainfall shows a seasonal trend defined by a rainy period (December-April) 70% and a dry period (May-November) 30% with an average temperature of 13.3 ° C, having a minimum temperature of 4.5 ° C and a maximum temperature of 19 ° C on average.

Geomorphologically the study area is a U-shaped glacial valley, which is related to the physical processes of uprooting and abrasion by the erosive action of the glacier presenting a NE-SW direction. Geologically in the study area, the following lithostratigraphic sequences corresponding to the Pachatusan and Pisac formations of the Mitu Group were identified, as well as the quaternary glacial-alluvial deposits and alluvial colluvial deposits.

The geotechnical studies carried out in this study will aim to determine the physical and mechanical characteristics of the foundation subsoil on which the Marhuay dam will be founded.

The Marhuay lagoon is of Quaternary glacial origin, which guarantees its tightness. Its soil is organic with an average depth of 60 cm and as a substrate a moderately fractured rocky massif, determined by the geophysical study.

The permeability in general is medium to low according to the analysis of permeability coefficient ranging from  $7.62E-05$  cm / s to  $2.75E-04$  cm./s, because they are surface cover soils in a humid state followed by water saturation in materials mainly of heterogeneous granulometry such as: silts, clays and sands. We also have that the bearing capacity is favorable, having reached the value of  $23.22$  kg / cm<sup>2</sup> for the execution of the Marhuay dam. According to the values obtained in the RMR classification, because it is class III that indicates that it is resistant to cutting and compression, which guarantees the stability of the rocks and their resistance to erosion due to their content of plagioclase in abundance that give it a hardness of 5 on the Mohs scale.



## INDICE DE CONTENIDO

<b>CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES .....</b>	<b>12</b>
1.1. INTRODUCCION. ....	12
1.2. UBICACIÓN. ....	13
1.2.1. UBICACIÓN POLITICA. ....	13
1.2.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA. ....	13
1.2.3. UBICACIÓN HIDROGRAFICA. ....	13
1.3. ACCESIBILIDAD. ....	15
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
1.4.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	15
1.4.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	16
1.5. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA.....	16
1.6. OBJETIVOS DE ESTUDIO. ....	17
1.6.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
1.7. HIPOTESIS.....	17
1.7.1. HIPOTESIS GENERAL. ....	17
1.7.2. HIPOTESIS ESPECIFICAS. ....	17
1.8. VARIABLES.....	17
1.8.1. VARIABLE DEPENDIENTE. ....	17
1.8.2. VARIABLE INDEPENDIENTE. ....	17
1.9. METODOLOGIA DE TRABAJO. ....	18
1.9.1. METODO CIENTIFICO. ....	18
1.9.2. METODO DE TRABAJO. ....	18
1.10. INSTRUMENTOS UTILIZADOS. ....	19
1.11. CLIMA Y VEGETACION. ....	20
1.11.1. CLIMA.....	20
1.11.2. VEGETACION. ....	21
1.12. MARCO TEORICO .....	21
1.12.1. MARCO REFERENCIAL.....	22
1.12.2. MARCO CONCEPTUAL.....	25
<b>CAPITULO II: GEOMORFOLOGIA .....</b>	<b>38</b>
2.1. GENERALIDADES.....	38
2.1.1. GEOMORFOGENESIS.....	38
2.2. GEOMORFOLOGIA REGIONAL .....	39



2.2.1. ALTIPLANICIES.....	39
2.2.2. CORDILLERA ORIENTAL.....	40
2.2.3. VALLE DEL VILCANOTA URUBAMBA (VALLE INTERANDINO).....	41
2.3. GEOMORFOLOGIA LOCAL.....	43
2.3.1. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS DEL AREA DE ESTUDIO.....	45
2.3.2. PENDIENTES.....	49
2.3.3. TOPOGRAFIA.....	50
<b>CAPITULO III: GEOLOGIA.....</b>	<b>53</b>
3.1. GENERALIDADES.....	53
3.2. UNIDADES ESTRATIGRAFICAS REGIONALES.....	53
3.2.1. PALEOZOICO.....	53
3.2.2. PALEOZOICO-MESOZOICO.....	54
3.2.3. MESOZOICO.....	55
3.2.4. CENOZOICO.....	60
3.3. UNIDADES ESTRATIGRAFICAS LOCALES.....	66
3.3.1. GRUPO MITU.....	66
3.3.2. DEPOSITOS CUATERNARIOS.....	68
<b>CAPITULO IV: GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....</b>	<b>72</b>
4.1. GENERALIDADES.....	72
4.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL.....	72
4.2.1. PLIEGUES REGIONALES.....	73
4.2.2. FALLAMIENTOS REGIONALES.....	73
4.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL.....	76
4.3.1. FALLAS.....	76
4.3.2. DIACLASAS Y FRACTURAS.....	77
4.3.3. LA INFLUENCIA TECTONICA EN LA ZONA DE ESTUDIO.....	79
<b>CAPITULO V: GEOFISICA.....</b>	<b>80</b>
5.1. GENERALIDADES.....	80
5.2. PROSPECCION GEOFISICA.....	80
5.2.1. OBJETIVOS DE LA PROSPECCION.....	80
5.2.2. METODO DE SONDEO ELECTRICO VERTICAL, SEV.....	81
5.2.3. TRABAJO DE CAMPO.....	83
5.2.4. TRABAJO DE GABINETE.....	84
5.3. RESULTADOS DE LA PROSPECCION GEOFISICA.....	85
5.3.1. SECCION GEOELECTRICA EN EJE DE PRESA MARHUAY.....	87



<b>CAPITULO VI: HIDROLOGIA.</b>	<b>90</b>
6.1. PARAMETROS METEOROLOGICOS.	90
6.1.1. CLIMA.	90
6.1.2. TEMPERATURA.	90
6.1.3. HUMEDAD RELATIVA.	91
6.2. CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EPOCAS DE LLUVIA.	92
6.2.1. PRECIPITACION.	92
6.2.2. COEFICIENTE DE ESCURRIMEINTO.	95
6.2.3. CUADROS DE ANALISIS DE REGIONALIZACION DE LA PRECIPITACION.	97
6.2.4. OFERTA HIDRICA DEL AREA DE ESCURRIMIENTO DE LA LAGUNA.	98
6.3. INCREMENTO DE LA OFERTA HIDRICA POR INFILTRACION.	98
6.3.1. COEFICIENTE DE ESCORRENTIA.	99
6.4. DESCARGAS MAXIMAS.	102
6.4.1. CALCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACION.	103
6.4.2. CALCULOS Y SUS RESULTADOS.	104
6.5. CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DEL VASO.	105
<b>CAPITULO VII: GEODINAMICA.</b>	<b>108</b>
7.1. GEODINAMICA INTERNA.	108
7.1.1. ANTECEDENTES SISMICOS EN LA REGION DEL CUSCO.	108
7.1.2. MAPA DE INTENSIDAD SISMICA EN EL AREA DEL PROYECTO.	112
7.1.3. MAPA DE ZONAS DE SISMICIDAD EN EL AREA DEL PROYECTO.	112
7.2. GEODINAMICA EXTERNA.	113
7.2.1. FLUJO DE DERRUBIOS.	113
7.2.2. CAIDA DE ROCAS.	114
<b>CAPITULO VIII: GEOTECNIA.</b>	<b>115</b>
8.1. CARACTERIZACION GEOTECNICA.	115
8.2. CARACTERIZACION MORFOLOGICA DEL VASO.	115
8.3. CARACTERIZACION MORFOLOGICA DE LA GARGANTA.	115
8.4. CARACTERIZACION LITOLOGICA.	116
8.5. CARACTERIZACION PETROGRAFICAS.	117
8.6. CARACTERIZACION GEOMECANICA.	118
8.7. CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO.	121
8.7.1. CLASIFICACION GEOMECANICA RMR (Bieniawski, 1989).	121
8.8. CARACTERIZACION DE PERMEABILIDAD DEL AREA.	122
8.9. CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE.	123



8.10. CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS DE COBERTURA EN EL VASO. ....	123
8.10.1. PROSPECCION MEDIANTE CALICATAS.....	124
8.10.2. DISCUSIÓN DE LAS CALICATAS.....	127
8.11. MODELO GEOTECNICO DE LA ZONA DEL DIQUE DE LA PRESA.....	128
8.11.1. SECCIONES GEOLOGICAS – GEOTECNICAS. ....	128
8.12. DISCUSION SOBRE EL TIPO DE LA PRESA. ....	131
8.13. CANTERAS.....	131
8.13.1. CANTERAS DE PIEDRA. ....	131
8.13.2. AGREGADOS PARA CONCRETO.....	132
<b>CAPITULO IX: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL. ....</b>	<b>133</b>
9.1. GENERALIDADES.....	133
9.2. IDENTIFICACION DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES. ....	133
9.3. IDENTIFICACION DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO. ....	134
9.3.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN. 134	
9.4. FACTORES AMBIENTALES. ....	135
9.4.1. FACTORES FISICOS. ....	135
9.4.2. FACTORES BIOLOGICOS. ....	135
9.4.3. FACTORES SOCIOECONOMICOS.....	135
9.5. DESCRIPCION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.....	135
9.5.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS Y APROVECHAMIENTO DE MATERIALES ..... 136	
9.5.2. TRANSPORTE DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y MATERIALES. ....	138
9.5.3. CONSTRUCCION DEL CAMPAMENTO.....	139
9.5.4. ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE PARA MAQUINARIA Y EQUIPOS. ....	140
9.5.5. ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO. ....	141
9.6. MEDIDAS DE MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL. ....	141
9.7. PLAN DE CONTINGENCIAS. ....	142
9.7.1. DISTRIBUCION GENERAL DEL PLAN DE CONTINGENCIA.....	143
9.7.2. MANEJO DE CONTINGENCIAS.....	144
CONCLUSIONES. ....	145
RECOMENDACIONES. ....	147
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS. ....	148
ANEXOS.....	150



## INDICE DE TABLAS

TABLA 01: ACCESIBILIDAD A LA ZONA DE ESTUDIO .....	15
TABLA 02: CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN EL TOTAL DE EVALUACIÓN (RMR) .....	31
TABLA 03: CALIDAD DE ROCA .....	32
TABLA 04: NÚMERO DE FRACTURAS POR METRO LINEAL .....	36
TABLA 05: GRADO DE ALTERACIÓN MATRIZ ROCOSA .....	37
TABLA N° 06: SE MUESTRA LA PENDIENTE EN %, SU SIMBOLOGÍA, DESCRIPCIÓN Y PROCESOS CARACTERÍSTICOS.....	49
FUENTE: JAIRO ALONSO FIGUEREDO RODRÍGUEZ -CLASIFICACIÓN DE PENDIENTES Y SUS CARACTERÍSTICAS. .....	49
TABLA N° 07: CLASIFICACIÓN DE FASES POR PENDIENTE. FUENTE: REGLAMENTO DE CLASIFICACIÓN DE TIERRAS .....	50
MINAG – 2002. ....	50
TABLA N° 08: COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA REGIÓN DEL CUSCO. FUENTE: INGEMMET. ....	64
TABLA N° 09: COLUMNA ESTRATIGRÁFICA LOCAL DE LAS FORMACIONES PISAC Y PACHATUSAN PERTENECIENTES AL GRUPO MITU. FUENTE: INGEMMET. ....	71
TABLA N° 10: FALLAMIENTOS NORMALES EN LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: PROPIO. ....	76
TABLA N° 11: COORDENADAS DE LOS SONDAJES ELÉCTRICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO. FUENTE: GEO CUSCO E.I.R.L. ....	83
TABLA N° 12: RESULTADOS DE INTERPRETACIÓN DE SONDAJES ELÉCTRICOS DE EJE DE PRESA DE LA LAGUNA MARHUAY. FUENTE: GEO CUSCO E.I.R.L. ....	86
TABLA N° 13: SE MUESTRAN DATOS DE HUMEDAD RELATIVA PARA CADA MES SEGÚN LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA DE PISAC. FUENTE: PROPIA.....	92
TABLA N° 14: SE MUESTRAN ESTACIONES METEOROLÓGICAS QUE SE EMPLEÓ PARA EL ESTUDIO. FUENTE: PROPIA.....	93
TABLA N° 15: SE MUESTRAN FORMULAS EMPLEADAS CON RESPECTO A ECUACIÓN DE REGRESIÓN PARA EL ESTUDIO. FUENTE: PROPIA.....	94
TABLA N° 16: SE MUESTRAN EL TIEMPO SEGÚN LA DURACIÓN DE LAS LLUVIAS. FUENTE: EXPRESIONES MATEMÁTICAS DE HOAD. ....	95
TABLA N° 17: SE MUESTRAN EL PERIODO DE RETORNO Y SUS CARACTERÍSTICAS DE SUPERFICIE. FUENTE: HIDROLOGÍA APLICADA – VEN TE CHOW – MAIDMENT – MAYS.....	95
TABLA N° 18: SE MUESTRAN LA NATURALEZA DE LA SUPERFICIE Y LA TOPOGRAFÍA. FUENTE: RIESGOS Y AVENAMIENTOS – ENRIQUE BLAIR.....	96



**“ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA  
MARHUAY DEL DISTRITO DE COYA, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO.”**



TABLA N° 19: SE MUESTRAN LAS VARIABLES DE LAS CUENCAS CON SUS VALORES RESPECTIVOS. FUENTE: FORMULAS DE JUSTIN.....	96
TABLA N° 20: SE MUESTRAN LAS VARIABLES DE LAS CUENCAS CON SUS VALORES RESPECTIVOS. FUENTE: FORMULAS DE TURC.....	96
TABLA N° 21: SE MUESTRAN LOS COEFICIENTES DE ESCORRENTÍA REALIZADAS PARA LA MICROCUENCA DE LA LAGUNA MARHUAY. FUENTE: PROPIA.....	97
TABLA N° 22: SE MUESTRAN EL ANÁLISIS REGIONAL DE PRECIPITACIÓN DE LA LAGUNA MARHUAY EN SITUACIÓN ACTUAL. FUENTE: PROPIA. ....	97
TABLA N° 23: SE MUESTRAN LA OFERTA HÍDRICA DEL ÁREA DE ESCURRIMIENTO DE LA LAGUNA MARHUAY EN SITUACIÓN ACTUAL. FUENTE: PROPIA. ....	98
TABLA N° 24: COEFICIENTE DE ESCURRIMIENTO. FUENTE: TOMADO DE U.S. SOIL CONSERVATION SERVICE 1964. ....	100
TABLA N° 25: CALCULO DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO SCS – SITUACIÓN ACTUAL DE LA ZONA. FUENTE: PROPIA.....	101
TABLA N° 26: CALCULO DE INFILTRACIÓN POR EL MÉTODO SCS – SITUACIÓN CON PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE LA ZONA. FUENTE: PROPIA.....	102
TABLA N° 27: CALCULO DE CÁLCULO DE LA INTENSIDAD APLICADO POR EL PLAN MERISS. FUENTE: PROPIA. ....	104
TABLA N° 28: CÁLCULOS Y RESULTADOS DEL ESTUDIO HIDROLÓGICO. FUENTE: PROPIA. ....	104
TABLA N° 29: SE MUESTRA LAS CARACTERÍSTICAS DE ESCORRENTÍA DE LA MICROCUENCA MARHUAY. FUENTE: PROPIA. ....	105
TABLA N° 30: SE MUESTRA LA ESTIMACIÓN DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE VASO DE LA LAGUNA MARHUAY. FUENTE: PROPIA. ....	106
TABLA N° 31: SE MUESTRA LOS PARÁMETROS SÍSMICOS EN LA ZONA DE ESTUDIO DEL PROYECTO EN LA MICROCUENCA DE MARHUAY. FUENTE: PROPIA. ....	110
TABLA N° 32: SE MUESTRA LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA M1. FUENTE: LABORATORIO GEO CUSCO E.I.R.L. ....	117
TABLA N° 33: SE MUESTRA LA CARACTERIZACIÓN PETROGRÁFICA DE LA MUESTRA M2. FUENTE: LABORATORIO GEO CUSCO E.I.R.L. ....	118
TABLA N° 34: SE MUESTRA LOS RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN SIMPLE DE LAS DOS MUESTRAS. FUENTE: LABORATORIO GEO CUSCO E.I.R.L.....	121
TABLA N° 35: SE MUESTRA LOS PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN DE GEOMECÁNICA DE ROCAS RMR. FUENTE: LABORATORIO GEO CUSCO E.I.R.L. ....	122
TABLA N° 36: SE MUESTRA LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE COBERTURA DEL VASO, SEGÚN SUS CALICATAS. FUENTE: LABORATORIO GEO CUSCO E.I.R.L. ....	124



**“ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA  
MARHUAY DEL DISTRITO DE COYA, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO.”**

---



TABLA N° 37: TABLA DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL EN LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN, EN BASE A LOS DATOS COLECTADOS EN CAMPO. FUENTE: PROPIO.....	134
TABLA N° 38: TABLA DE FACTORES AMBIENTALES FÍSICOS, EN BASE A LOS DATOS COLECTADOS EN CAMPO. FUENTE: PROPIO. ....	135
TABLA N° 39: TABLA DE FACTORES AMBIENTALES BIOLÓGICOS, EN BASE A LOS DATOS COLECTADOS EN CAMPO. FUENTE: PROPIO.....	135
TABLA N° 40: TABLA DE FACTORES AMBIENTALES SOCIOECONÓMICOS, EN BASE A LOS DATOS COLECTADOS EN CAMPO. FUENTE: PROPIO. ....	135
TABLA N° 41: TABLA DE FACTORES AMBIENTALES. FUENTE: PROPIO.....	141



## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01: SE MUESTRA UN ESQUEMA CON ONDAS REFRACTADAS, MÉTODO EMPLEADO PARA EN MÉTODO DE REFRACCIÓN SÍSMICA (MANUAL SEISIMAGER,2005).....	27
FIGURA N° 02: UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS REGIONALES, LA ZONA DE ESTUDIO SE ENCUENTRA EN LA ZONA INTERMEDIA ALTIPLANO - CORDILLERA ORIENTAL. FUENTE: CARLOTTO CAILLAUX, CÁRDENAS ROQUE, CARLIER, 2011.....	40
FIGURA N° 03: ESQUEMA DEL MÉTODO DE RESISTIVIDAD ELÉCTRICA. FUENTE: MÉTODO DE WENNER.....	82
FIGURA N° 04: RESULTADOS DE LA INTERPRETACIÓN CUANTITATIVA DEL PRIMER SONDAJE ELÉCTRICO. FUENTE: GEO CUSCO E.I.R.L. ....	85
FIGURA N° 05: RESULTADOS DE LA INTERPRETACIÓN CUANTITATIVA DEL SEGUNDO SONDAJE ELÉCTRICO. FUENTE: GEO CUSCO E.I.R.L. ....	86
FIGURA N° 06: MAPA DE ISOACELERACIONES, DE MODO QUE, PARA NUESTRA ZONA DE ESTUDIO SE PUEDE OBSERVAR UNA ACELERACIÓN SÍSMICA DE (0.22 A 0.26) G. CORRESPONDIENTE A UN PERIODO DE EXPOSICIÓN DE 50 AÑOS Y UNA PROBABILIDAD DE EXCEDENCIA DE 10% DE ACUERDO AL MAPA DE ISOACELERACIONES DEL PERÚ. FUENTE: MANUEL MONRROY.....	111
FIGURA N° 07: SE OBSERVA EL MAPA DE INTENSIDAD SÍSMICA MERCALLI MODIFICADA, POR ENDE, EN LA ZONA DEL PROYECTO SE PUEDEN PRODUCIR SISMOS CON INTENSIDAD MÁXIMA DE VIII GRADOS EN LA ESCALA MODIFICADA DE MERCALLI. FUENTE: JORGE ALVA HURTADO ET AL-1984.....	112
FIGURA N° 08: SE OBSERVA EL MAPA DE LAS ZONAS DE SISMICIDAD, EN DONDE LA ZONA DE ESTUDIO SE ENCUENTRA EN LA ZONA 1 DE SISMICIDAD ALTA. FUENTE: DGPM-MEF.....	113



**INDICE DE PLANOS**

PLANO N° 01: PLANO DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO FUENTE: PROPIA. ....	14
PLANO N° 02: PLANO GEOMORFOLÓGICO REGIONAL. FUENTE: PROPIO .....	42
PLANO N° 03: PLANO GEOMORFOLÓGICO LOCAL. FUENTE: PROPIO.....	48
PLANO N° 04: PLANO DE PENDIENTES. FUENTE: PROPIO.....	51
PLANO N° 05: PLANO DE TOPOGRÁFICO. FUENTE: PROPIO.....	52
PLANO N° 06: PLANO GEOLÓGICO REGIONAL. FUENTE: PROPIO .....	65
PLANO N° 07: PLANO GEOLÓGICO LOCAL. FUENTE: PROPIO .....	70
PLANO N° 08: PLANO ESTRUCTURAL REGIONAL. FUENTE: PROPIO.....	75
PLANO N° 09: PLANO ESTRUCTURAL LOCAL. FUENTE: PROPIO.....	78
PLANO N° 10: SECCIÓN DEL EJE DE LA PRESA PROYECTADA, MIRANDO AGUAS ABAJO. FUENTE: GEO CUSCO E.I.R.L. ....	88
PLANO N° 11: PLANO HIDROLÓGICO. FUENTE: PROPIO .....	107
PLANO N° 12: SE MUESTRA EL EJE DE PERFIL QUE ES PARALELA AL EJE DE LA PRESA. FUENTE: PROPIO. ....	130



**INDICE DE FOTOGRAFIAS.**

FOTOGRAFÍA N° 01: VISTA DE LA VEGETACIÓN DE HUARACO EN LA ZONA. FUENTE: PROPIA.....21

FOTOGRAFÍA N° 02: VISTA DEL VALLE GLACIAR CON SECCIÓN TRANSVERSAL EN “U”. FUENTE: PROPIA. ....44

FOTOGRAFÍA N° 03: VISTA DE MORRENAS EN EL FLANCO DERECHO DE LA LAGUNA MARHUAY. FUENTE: PROPIA.  
.....44

FOTOGRAFÍA N° 04: VISTA DE LAS LADERAS DEL CERRO HATUNSAYACCASA CON DIFERENTES PENDIENTES.  
FUENTE: PROPIA. ....45

FOTOGRAFÍA N° 05: VISTA DE LAS LOMADAS QUE CONSTITUYEN LA LAGUNA DE MARHUAY. FUENTE: PROPIA.  
.....47

FOTOGRAFÍA N° 06: VISTA DE LA FORMACIÓN HUANCANÉ. FUENTE: PROPIA.....56

FOTOGRAFÍA N° 07: VISTA DEL AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN PAUCARBAMBA. FUENTE: PROPIA.....58

FOTOGRAFÍA N° 08: VISTA DE AFLORAMIENTO ROCOSO DE LA FORMACIÓN PISAC. FUENTE: PROPIA.....67

FOTOGRAFÍA N° 09: VISTA DE AFLORAMIENTO DE LA FORMACIÓN PACHATUSAN. FUENTE: PROPIA. ....68

FOTOGRAFÍA N° 10: VISTA DEL DEPÓSITO GLACIO-ALUVIAL, QUE SE ENCUENTRA AL SUR-ESTE DE LA LAGUNA  
MARHUAY. FUENTE: PROPIA .....69

FOTOGRAFÍA N° 11: VISTA DE LOS DEPÓSITOS COLUVIALES Y GRUPO MITU UBICADO AL NOR-ESTE DE LA  
LAGUNA MARHUAY. FUENTE: PROPIA.....69

FOTOGRAFÍA N° 12: VISTA DEL SISTEMA DE FALLAS CUYA ORIENTACIÓN PRINCIPAL ES NE-SW EN EL CERRO  
HATUNSAYACCASA. FUENTE: PROPIA. ....76

FOTOGRAFÍA N° 13: VISTA DE SISTEMA DE FRACTURAMIENTO EN MACIZO ROCOSO DEL GRUPO MITU. FUENTE:  
PROPIA. ....77

FOTOGRAFÍA N° 14: VISTA DE UNA FUERTE INCLINACIÓN DE LOS ESTRATOS CON EVIDENTE FALLAMIENTO  
NORMAL CON DIRECCIÓN DE NE-SO UBICADO EN EL CERRO HATUNSAYACCASA. FUENTE: PROPIA. ....79

FOTOGRAFÍA N° 15: VISTA DEL FLUJO DE DETRITOS EN EL CERRO HATUNSAYACCASA, HACIA EL SUR ESTE DE  
LA LAGUNA MARHUAY. FUENTE: PROPIA. ....114

FOTOGRAFÍA N° 16: VISTA DE LAS CAÍDAS DE ROCAS DEL AFLORAMIENTO DEL GRUPO MITU QUE SE  
ENCUENTRAN AL NOR-ESTE DE LAGUNA MARHUAY. FUENTE: PROPIA. ....114

FOTOGRAFÍA N° 17: VISTA DE LA ZONA DE LA BOQUILLA DESDE EL CERRO HATUNSAYCCASA. FUENTE: PROPIA.  
.....116

FOTOGRAFÍA N° 18: VISTA DEL MACIZO ROCOSO DEL GRUPO MITU, VOLCANO SEDIMENTARIOS. FUENTE:  
PROPIA .....116

FOTOGRAFÍA N° 19: SE OBSERVA LA CALICATA CON AUSENCIA DE NIVEL FREÁTICO Y PRESENCIA DE MATERIA  
ORGÁNICA. FUENTE: PROPIA.....125



**“ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA  
MARHUAY DEL DISTRITO DE COYA, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO.”**



FOTOGRAFÍA N° 20: SE OBSERVA LA CALICATA CON ESTRATIFICACIONES CON MATERIA ORGÁNICA. FUENTE:  
PROPIA .....126

FOTOGRAFÍA N° 21: SE OBSERVA LA CALICATA CON SUELO EDÁFICO Y MATERIA ORGÁNICA COLOR NEGRO.  
FUENTE: PROPIA .....127

FOTOGRAFÍA N° 22: VISTA DESDE EL FONDO DE LA LAGUNA MIRANDO AL DIQUE, SE PUEDE OBSERVAR LA  
LOMADA PROPUESTA COMO CANTERA. FUENTE: PROPIO. ....131



## **CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES**

### **1.1. INTRODUCCION.**

Por la necesidad de disponer de una buena infraestructura para el abastecimiento de agua e incrementar el volumen de almacenamiento de agua en la Laguna de Marhuay, y para mejorar el nivel de vida de la población dedicada a distintas actividades económicas; es de vital importancia realizar un estudio geológico y geotécnico, para garantizar la sostenibilidad y estabilidad de la presa en dicho sector que atiende a las Comunidades Campesinas de Coya Qosqo, Coya Runa y Ayarcancha, correspondiente al distrito de Coya de la provincia de Calca del departamento del Cusco. ubicada geográficamente en la zona 19L y coordenadas UTM: 8520593mN, 0190614mE, con una altitud de 4312.15 msnm.

El presente estudio estará fundamentado en el reconocimiento de las distintas formaciones geológicas del substrato donde se proyecta la construcción de la presa Marhuay, reconocer las distintas unidades geomorfológicas donde se proyecta la presa, reconocer la acción geodinámica interna y externa de la zona, caracterizar la actividad estructural que nos permita saber si presenta actividad.

Es necesario desarrollar normas, criterios y enfoques que permitan diseñar y construir presas que brinden altas condiciones de calidad, durabilidad y seguridad, pero que a la vez permitan optimizar los costos de las inversiones en los períodos de construcción.

Los estudios geotécnicos realizados en el presente estudio, tendrán por finalidad determinar las características físicas y mecánicas del subsuelo de cimentación en que se fundaran la presa Marhuay y obras conexas, así como las características de los materiales de préstamo a utilizarse en la construcción de las obras; así mismo tendrán por objeto determinar las características geológicas



y estructurales de las rutas a lo largo del canales principales y los parámetros geotécnicos aproximados, necesarios para su diseño.

El presente trabajo, estará además fundamentado en una serie de disciplinas, tales como, geología, geofísica, investigaciones directas en base a perforaciones diamantinas, excavaciones, ensayos in-situ, y ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelos, Mecánica de Rocas, que debidamente correlacionadas y evaluadas, nos permitirán obtener la información necesaria para la evaluación y en consecuencia la elaboración de la tesis.

## **1.2. UBICACIÓN.**

### **1.2.1. UBICACIÓN POLITICA.**

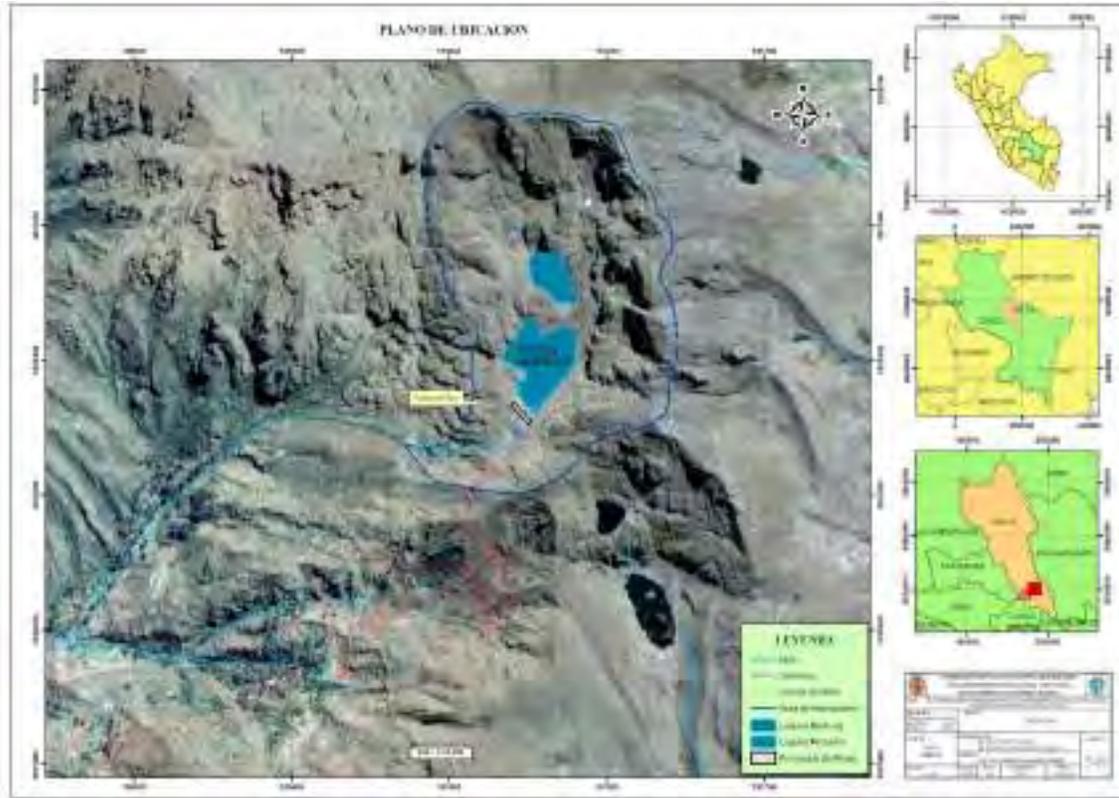
- Departamento : **Cusco**
- Provincia : **Calca**
- Distrito : **Coya**

### **1.2.2. UBICACIÓN GEOGRAFICA.**

- Datum : **WGS84**
- Zona : **19L**
- Este : **0190614 m**
- Norte : **8520593 m**
- Altitud : **4312.15 m.s.n.m.**

### **1.2.3. UBICACIÓN HIDROGRAFICA.**

- Cuenca : **Del Vilcanota**
- Microcuenca : **Marhuay**



*Plano N° 01: Plano de ubicación de la zona de estudio FUENTE: propia.*



### **1.3. ACCESIBILIDAD.**

Para llegar a la zona de estudio, se puede acceder por la vía asfaltada de 41 kilómetros en promedio de la ciudad de Cusco (Unsaac) al distrito de Coya, en un tiempo aproximado de una hora y cinco minutos, luego al NE del distrito de Coya, se continúa por la trocha carrozable de 16 kilómetros, que va directo a la laguna Marhuay en un tiempo aproximado de 39 minutos. Todo el recorrido en total es de 57 kilómetros llegando en 1 hora y 44 minutos, considerando desde la ciudad de Cusco (Unsaac) a la laguna Marhuay, considerando que el medio de transporte es una camioneta.

<b>ACCESIBILIDAD A LA ZONA DE ESTUDIO</b>					
RUTA	TRAMO	ACCESO	VIA DE ACCESO	DISTANCIA	TIEMPO
01	Cusco-Coya	Terrestre	Asfaltado	41 km	1Hora y 05 Minutos
01	Coya-Marhuay	Terrestre	Trocha Carrozable	16 km	39 minutos
Total	Cusco-Marhuay	Terrestre	Asfalto - Trocha	57 km	1 hora y 44 Minutos

*Tabla 01: Accesibilidad a la zona de estudio*

### **1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.4.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

En las comunidades campesinas de Coya Runa, Coya Qosqo y Ayarcancha, existe un déficit de agua en épocas de sequía para el uso agrícola, por lo cual es necesario la construcción de una presa que aumentaría el volumen de agua de la laguna Marhuay, por este motivo el problema principal es conocer la caracterización geológica y geotécnica que permitirán conservar las propiedades adecuadas al terreno de fundación y así garantizar la estanqueidad para el diseño óptimo de la presa.



## **1.4.2. FORMULACION DEL PROBLEMA**

### **1.4.2.1.PROBLEMA GENERAL**

¿Cuáles son las características geológicas y geotécnicas para el diseño de la construcción de la presa de la laguna Marhuay?

### **1.4.2.2.PROBLEMAS ESPECIFICOS**

- a. ¿Cuáles son las características geológicas de la zona donde se construirá la presa Marhuay?
- b. ¿Cuáles son las características geotécnicas de estabilidad y de consolidación de los materiales existentes en la zona que son necesarios para la construcción de la presa Marhuay?
- c. ¿Cuáles son los parámetros hidrológicos condicionantes en la construcción de la presa Marhuay?
- d. ¿Cuál es el diseño de presa adecuada para la construcción en la zona?

## **1.5. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA**

El fundamento de dicha investigación, tiene como finalidad, ofrecer datos de caracterización geológica y geotécnica que será la base para elaborar el diseño de construcción de la presa que permitirá la incrementación del volumen de agua de la laguna Marhuay, para cubrir la necesidad de la población y poder ejecutar una irrigación, que conducirá a elevar el nivel de vida de las comunidades campesinas de Coya Qosqo, Coya Runa y Ayarcancha, correspondiente al distrito de Coya de la provincia de Calca de la región de Cusco; dedicadas a las distintas actividades económicas agrícolas.



## **1.6. OBJETIVOS DE ESTUDIO.**

### **1.6.1. OBJETIVO GENERAL.**

Determinar las características geológicas y geotécnicas del diseño de la presa Marhuay.

### **1.6.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.**

a. Determinar las características geológicas de la zona sobre la cual se construirá la presa Marhuay.

b. Determinar las características geotécnicas de la zona, necesarias para el diseño de la presa Marhuay.

## **1.7. HIPOTESIS.**

### **1.7.1. HIPOTESIS GENERAL.**

Las características geológicas y geotécnicas de la zona, son favorables para el diseño de construcción de la presa en la laguna de Marhuay.

### **1.7.2. HIPOTESIS ESPECIFICAS.**

a. Las características geológicas del terreno de fundación y área de embalse son favorables para la construcción de la presa Marhuay.

b. Las características geotécnicas son favorables para la construcción de la presa Marhuay.

## **1.8. VARIABLES.**

### **1.8.1. VARIABLE DEPENDIENTE.**

Diseño de la presa Marhuay.

### **1.8.2. VARIABLE INDEPENDIENTE.**

a. Geología (geomorfología, estratigrafía, estructural, geodinámica)

b. Geotecnia (mecánica de suelos, mecánica de rocas, canteras, laboratorio, características técnicas)



## **1.9. METODOLOGIA DE TRABAJO.**

### **1.9.1. METODO CIENTIFICO.**

#### **1.9.1.1. INDUCTIVO.**

Recolección de información de las variables independientes, iniciando de las observaciones de hechos y fenómenos, para clasificar y estudiar los datos recaudados, con lo cual finalmente llegaremos a una conclusión.

#### **1.9.1.2. HIPOTÉTICO.**

Técnica metodológica que consiste en tomar unas aseveraciones en calidad de hipótesis y en constatar las hipótesis. Junto con los conocimientos que ya disponemos.

#### **1.9.1.3. DEDUCTIVO.**

Llegar al objetivo principal, iniciando de las cogniciones anteriores y/o existentes para poder llegar a casos peculiares en dicha zona de estudio empleando la lógica y el pleno razonamiento.

### **1.9.2. METODO DE TRABAJO.**

El método de trabajo consiste en las siguientes etapas:

#### **1.9.2.1. ETAPA DE PRE CAMPO.**

- Se realizará una exhaustiva revisión de la documentación existente relacionada con la microcuenca Marhuay, centrada principalmente en las investigaciones geológico - estructurales y geotécnicas realizadas.
- Reconocimiento de la zona donde se diseñará la presa para la obtención de resultados previos.
- Planificación del trabajo de campo.

#### **1.9.2.2. ETAPA DE CAMPO.**

- Preparar el equipo e instrumentos y material necesarios para el campo.
- Se elaborará un mapa topográfico y se cartografiará la geología local a detalle.



- Determinación de los aspectos de geodinámica externa, aspectos geotécnicos de la zona de cimentación del eje de la presa Marhuay, así como del área del vaso y de las obras conexas. Investigación e identificación de las zonas de canteras de materiales locales.
- Evaluación de resultados y tipificación de las características geotécnicas de los materiales de la cimentación del vaso, cuerpo de la presa, plinto, aliviadero, túnel de desvío, canal principal y otras obras conexas.

### **1.9.2.3. ETAPA DE POST-CAMPO.**

- Preparación de equipos de laboratorio y gabinete.
- Se realizará ensayos especiales de laboratorio que comprendieron ensayos de mecánica de suelos, mecánica de rocas y de materiales.
- Elaboración de planos.
- Elaboración y redacción de la tesis.

### **1.9.2.4. ETAPA FINAL.**

- Sustentación de la tesis.

## **1.10. INSTRUMENTOS UTILIZADOS.**

En este presente estudio de investigación se utilizaron los siguientes equipos y materiales.

- Brújula tipo brunton, para la orientación y medición de azimut, rumbos, buzamientos de afloramientos, litologías, diaclasas. estratificaciones, pliegues y fallas.
- GPS Garmin 62S, para ubicarnos en la posición geográfica de puntos de calicatas, canteras fuentes de agua, contactos geológicos y características relevantes en la zona de estudio.
- Picota de Geólogo, para golpear rocas y extraer muestras durante el trabajo del área de trabajo.
- Ácido clorhídrico, para caracterización de rocas y minerales carbonatados.



- Wincha (flexómetro) de 30 metros para la medición de distancias relativamente grandes en el cartografiado geológico.
- Rayador, con el objetivo de rayar minerales y diferenciar e interpretar minerales de acuerdo a su dureza, así como también minerales magnéticos como la magnetita, hematita, etc.
- Chaleco de geólogo, para cargar objetos como; cuadernos, lapiceros, lápices, plumones, reglas, brújula, gps, escalímetro, planos, lupa, ácido clorhídrico y otros.
- Bolsas y saquillos para guardas muestras de suelo y roca.
- Cámara fotográfica, con el objetivo de tener evidencias en fotografías del trabajo realizado en campo.
- Equipos de laboratorio para mecánica de suelos y rocas como son los tamices estándares, balanza electrónica, equipo de densidades de campo entre otros.

## **1.11. CLIMA Y VEGETACION.**

### **1.11.1. CLIMA.**

En la zona de estudio, el clima que se presenta corresponde a la región puna, según al geógrafo peruano Javier Pulgar Vidal, ya que el área de estudio se extiende entre los 4300 y 4600 msnm. Las estaciones que registran este parámetro, se encuentran ubicadas en la cuenca del río Vilcanota y pertenecen a la red de estaciones meteorológicas del SENAMHI. De acuerdo al diagrama climático u ombrotérmico de la zona, las precipitaciones muestran una tendencia estacional definida por un período lluvioso (diciembre-abril) 70%, el mes más lluvioso es enero y un período seco (mayo-noviembre) 30%, donde el mes más seco es junio, La precipitación promedio anual en esta zona de acuerdo a la extensión de registros varía desde los 990 mm a 1070 mm, la temperatura media que se encuentra es de 13.3 °C, teniendo una temperatura mínima de 4.5 °C y una temperatura máxima de 19 °C en promedio.



### **1.11.2. VEGETACION.**

La vegetación de la zona de estudio se caracteriza por la presencia de una gran variedad de especies arbustivas como cushuro, huaraco, azorella, aciachne y en la parte alta se encuentra pastos naturales propios de las zonas alto andinas como los pajonales y césped de puna conformado por pastos naturales.



*Fotografía N° 01: Vista de la vegetación de huaraco en la zona. FUENTE: propia*

### **1.12. MARCO TEORICO**

- **Geología del cuadrángulo de Urubamba y Calca 27r y 27s.**

**(Carlotto Caillaux, Gil Rodríguez, Cárdenas Roque, Chávez, 1996).** El estudio geológico de los dos cuadrángulos (Urubamba y Calca), de acuerdo a la división política, incluye las provincias de Urubamba y Calca del departamento de Cusco. el mapa geológico a la escala de 1:100,000. También comprenden parte de la Cordillera Oriental y de las Altiplanicies, que establecen dos dominios morfo estructurales, reducido por un dominio intermedio, en donde corresponde al valle del Vilcanota - Urubamba. En la Cordillera Oriental surgen rocas que van desde el Cámbrico hasta el Devónico y en el Altiplano rocas meso - cenozoicas, mientras tanto en el Dominio Intermedio, rocas paleozoicas y meso - cenozoicas. Pero las rocas más antiguas



corresponden a la formación Ollantaytambo (Cámbrico), considerando ser el resultado de la tectónica Brasilide. Le sigue discordantemente una cadena conglomerádica de procedencia aluvial (formación Verónica). Esta información fue descargada del INGEMMET, cuadrángulo de Urubamba y Calca, hojas 27r y 27s, con la finalidad de usar esta información como modelo para elaborar el cartografiado Geológico.

### **1.12.1. MARCO REFERENCIAL.**

Para la elaboración de este proyecto de tesis se revisó detalladamente la siguiente información referencial:

- **Tesis “Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa Kullko” (Esquivel y Pinares, 2019).** El área del proyecto se encuentra ubicado en la provincia de Jorge Basadre, en el departamento de Tacna. Según la geomorfología existente en la zona de boquilla presenta una forma de uve, en cañón como resultado de la erosión del río Ilabaya y específicamente por la acción del río Camilaca en donde se une a la quebrada Borogueña, sobre el substrato andesítico. Por lo que corresponde al estribo derecho, el cual presenta una topografía con una fuerte inclinación de pendiente, con valores entre 46-55°, con algún sector que supera los 65°, en donde su estribo izquierdo tiene una pendiente que es un poco más llano, con valores de 40°. En el capítulo de geotecnia se da a entender que los aspectos técnicos que están relacionados a la geomecánica de rocas (clasificación del macizo rocoso, discontinuidad, RQD, RMR, etc. Considerando el cálculo de la capacidad portante, lo cual nos servirá para diseñar la subestructura de la presa, por lo tanto, se contempla determinar las áreas de abastecimiento de los materiales (como, canteras en volúmenes necesarios para la construcción de la presa).



- **Tesis “estudio geológico - geotécnico para la construcción de la presa Quillca, alto Pichigua - Espinar, Cusco”**

**(Prado y Velasquez, 2015).** El área del Proyecto se encuentra ubicado en la microcuenca denominada, alcamarina políticamente se encuentra dentro del distrito de Alto Pichigua de la provincia de Espinar del departamento del Cusco, presenta un valle de origen glaciar cuyo aporte lo caracteriza los acuíferos existentes, así como los aportes en época de precipitaciones por parte de las vertientes montañosas que son empinadas que circundan a la laguna, producto de las precipitaciones y la escorrentía que se origina en los meses de octubre a abril, Geomorfológicamente la zona de estudio se ubica en la parte media de la microcuenca, que se sitúa en la vertiente este, de la cordillera oriental. El relieve es muy pronunciado a consecuencia de la acción glaciar y fluvio-glaciar formando un valle glaciar en forma de "U". Geológicamente se ubica sobre las rocas volcánicas de la formación Orcopampa, todo ello cubierto por materiales nuevos y Pleistocenos de poca potencia. Este estudio tomamos como referencia por que se realizó para la construcción de una presa sobre depósitos cuaternarios y todo el sector concierne a un medio glaciar, en específico esta zona de estudio tiene características semejantes a nuestra jurisdicción de estudio.

- **Tesis “estudio geológico - geotécnico para la construcción de la presa Ccomerccochoa, distrito de Coyllurqui, provincia de Cotabambas, Apurímac 2019”**

**(Gonzales y Sencia, 2019).** El área de trabajo políticamente se ubica en el departamento Apurímac, provincia Cotabambas, distrito Coyllurqui, hidrogeográficamente está en la cuenca Alto Apurímac, en la subcuenca Vilcabamba, microcuenca Mesanipampa y Ccomerccochoa. La presa está planificada para construirse en la unidad geomorfológica del valle, sub unidad fondo de valle fluvio-glaciar, con 200 metros de ancho en promedio, conformado por desplazamiento de masas glaciares, en donde tuvo origen la laguna Ccomerccochoa, el ambiente de la zona de estudio pertenece



a la Cordillera Occidental. Los flancos de la zona media y sur son afectados por caídas de rocas, deslizamientos de tipo traslacional y rotativos, presentan baja erosión en laderas, por lo general no son un peligro para la presa y el vaso de la misma. El área de estudio se encuentra en una zona de sismicidad media, con una intensidad sísmica de VI y un peligro sísmico de II. La presa se cimentará sobre depósitos morrénicos, mezclado con gravas limo arcillosas y arenosas, la masa rocosa presenta areniscas cuarzosas con intercalación de lutitas rojas de la formación. Murco, las calizas de la Fm. Arcurquina inferior, está conformado por los depósitos morrénicos, areniscas de la Fm. Murco, calizas de la Fm. Arcurquina y granodioritas. En la zona norte de la presa, se encuentra una falla normal dextral, de rumbo  $S72^{\circ}E$ , buzamiento  $77^{\circ}SO$ , en la parte sur se ubican lineamientos que cortan a la formación arcurquina en dirección NE-SO. La zona de construcción y embalse de la presa, reposa encima de pliegues sinclinales y anticlinales, con ejes en dirección NO-SE, con materiales rocosos alterados.

- **Tesis “evaluación geológico - geotécnica para la construcción de la presa Huathua laguna, distrito de Quiquijana, provincia de Quispicanchis, departamento de Cusco”**

**(Huamán y Baca, 2020).** La zona de estudio está ubicada en Huathua laguna distrito de Quiquijana, provincia de Quispicanchis, departamento de Cusco, debido a la gran demanda hídrica con fines de siembra de cultivo y siembra de pasto cultivado, se tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de los pobladores en dicha zona. Por ende se plantea construir un dique de concreto armado forrado con material geotextil de 3 m de altura, que optimizara el volumen de agua de la presa, motivo por el cual se plantea la hipótesis características geológicas y geotécnicas del subsuelo donde se creara la presa, el sistema hidrológico permitirá la edificación de la presa Huathua, en el lugar planteado, teniendo en cuenta la información narrada anteriormente se conoce que el problema es: ¿Cuáles son las características geológicas y geotécnicas de la zona de estudio donde se localizara



la represa Huathua?. El lugar de estudio contiene una biotemperatura media anual de 6C°, según la clasificación de pulgar Vidal el área de estudio está ubicada en el piso ecológico puna, que geomorfológicamente contiene unidades predominantes como las geformas, así como las colinas, laderas, quebradas, cumbres y valles. en el ámbito regional y local destacan los depósitos cuaternarios como los depósitos morrénicos perjudicados por fallas locales con dirección predominante NW-SE. la presa se construirá en la parte oeste de la zona en un material rocoso impermeable, para evitar desbordes por abundantes precipitaciones por estar en la parte baja de la laguna, así como se reforestará el área de influencia en la presa y en lugares aledaños para un atractivo turístico en la zona sin perjudicar la fauna de la zona.

### **1.12.2. MARCO CONCEPTUAL.**

#### **1.12.2.1. CARACTERIZACION GEOMORFOLOGICA.**

Esta geometría se refiere a las figuras que, por lo tanto, estos factores que conducen estas técnicas de modelado (estructurales, litológicos, tectónicos, volcánicos, etc.), son métodos de modelado o factores ambientales (procesos) y el tiempo o un elemento de transformación (su estado), que son elementos o conceptos básicos de metodologías geomorfológicas. El cual procede del trabajo de la fuente **(Morris, Davis William.)**

La geomorfología es considerada como una ciencia que busca explicar el relieve, describir las formas, su evolución, además de los procesos de modelamiento según **(Dearrau M,1996.)**

#### **1.12.2.2. VALLE ALUVIAL.**

Los valles aluviales son una definición de tipo paisaje geográfico según Zinck, 1980. Ahora bien, se cree que están vinculadas con áreas estrechas y alargadas en donde están intercaladas por áreas de mayor despeje y presenta arroyos a lo largo del eje.



Es un relieve que es muy característico en donde puede formarse en paisajes montañosos, mesetas y laderas.

Por una parte, la formación de un valle está vinculada al proceso de sucesión de sedimentación y erosión, que fueron producidas por el caudal de un río. No obstante, se presenta un perfil con el espacio modelado por una curva moderadamente suave y un segundo proceso de sucesión de superficie irregular que es el producto de la erosión de diferentes materiales que se encuentran entrecruzados como afloramientos rocosos y sedimentos blandos. (Villota, 2005).

### **1.12.2.3. ESTRUCTURAS GEOLOGICAS REGIONALES.**

Las deformaciones se dan de acuerdo a factores como son la temperatura y presiones hidrostáticas en medida que éstas apliquen un esfuerzo. De manera que las deformaciones estructurales en los bloques de roca, en consecuencias forman las estructuras geológicas locales. Esto se puede simular para las propiedades reológicas del macizo.

Ahora bien, se tiene como estructural regional a fallamientos y mantos de corrimiento que son considerados como un nivel que es mayor geomorfológicamente en paridad a una estructura local como son los pliegues, las fracturas y unidades de desplazamiento.

Sin embargo, existen distintas nociones utilizadas por los ingenieros geólogos y civiles, al momento de presentar un concepto o pensamiento para poder interpretar el origen de algunos fenómenos que estén relacionados a deformaciones mecánicas. En consecuencia, por esta razón se tienen valores asignados a las unidades geológicas para poder establecer en un solo concepto o idea de término. (Suarez L., 2015).

### **1.12.2.4. PROSPECCION GEOFISICA.**

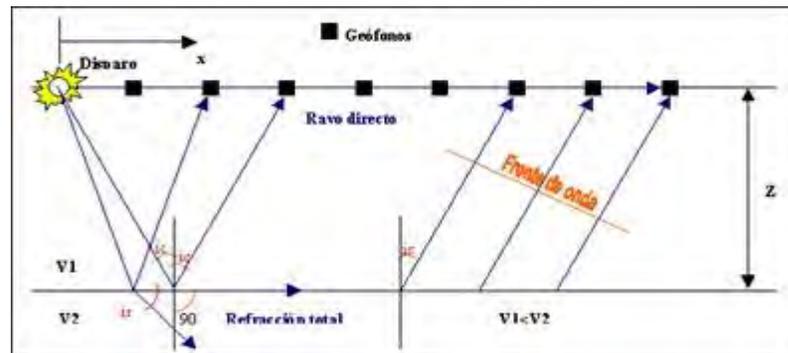
Este presente texto trata de una prospección a través de la medida de las variaciones de parámetros físicos en los cuales están relacionadas con propiedades geológicas. En donde son



considerados como procedimientos de prospección que no son destructivos, de manera que se complementan con las investigaciones directas, en particular como sondeos o calicatas. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

#### 1.12.2.5. REFRACCION SISMICA.

En cuanto a este método nos permite la realización de perfiles longitudinales, en base a la adquisición de la información de los sensores que están ubicados de manera equidistante y así pues una fuente de disparo que es realizado con un martillo de 8 kg generalmente, para diferentes longitudes de 25 m y 100 m respectivamente, el espaciado entre los geófonos no suele sobresalir en los 5 m y los disparos que se realizan como mínimo 3 disparos, aunque se pueden realizar 5 disparos para poder así garantizar el mayor detalle de investigación. (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).



*Figura N° 01: se muestra un esquema con ondas refractadas, método empleado para en método de refracción sísmica (Manual Seisimager,2005)*

#### 1.12.2.6. ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS

Los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos son argumentos que se realizan para disponer propiedades mecánicas en suelos que forman parte de técnicas de indagación del terreno, la muestra que se obtiene, se ensaya de forma representativa del total de suelo que se tiene.



Los ensayos de mecánica de suelos más comunes con el objetivo de conseguir las características indicativas que se realizan en el reconocimiento geotécnico del terreno donde se va a ubicar el sistema hidráulico son los siguientes; ensayos de identificación:

- Guía de muestreo de suelos y rocas MTC E 101-2000
- Análisis granulométrico por tamizado ASTM-D-422 MTC E 107-2000
- Limite liquido ASTM-D423 MTC E 110-2000
- Limite plástico ASTM-D424 MTC E 111-2000
- Contenido de humedad ASTM-D-2216 MTC E 108-2000
- Ensayo de Proctor modificado ASTM-D-1557 MTC E 115-2000
- Clasificación de ASSTHO Y SUCS STM-D-2487

#### **Análisis granulométrico de suelos por tamizado.**

Es un método directo, para dividir el suelo en fracciones de distintas dimensiones, que consiste en hacer pasar el material a través de una secuencia de tamices.

Según la indicación en la norma (ASTM-D-422 MTC E107-2000) este ensayo tiene por propósito calcular las diferentes dimensiones de las partículas de un suelo y obtener la cantidad expresada en porcentaje, de estas que pasan por los tamices de la secuencia empleada en el ensayo es hasta el 0.08 mm (tamiz N° 200 AST).

Después del respectivo vibrado que puede ser manual o mecánico, posteriormente se pesa la cantidad de la muestra retenida en cada uno de los tamices, determinando así su porcentaje y por último, se grafica la curva acumulada de lo que pasa por cada uno de los tamices, obteniendo así la curva granulométrica. **(Terzaghi K. y Peck R. B. 1975)**



### **Límites de Consistencia.**

Se determina en realidad mediante dos ensayos de laboratorio, el de “Indicar el Límite Líquido de un suelo por el método de Casa Grande ASTM –D-423 MTC E110-2000” y la de “Determinación del límite plástico de suelos ASTM-D- 424 MTC E111-2000”. Por medio de estos dos ensayos se efectuarán las propiedades plásticas del área de terreno, facultando conocer su límite líquido, su límite plástico é índice de plasticidad.

Los ensayos antes mencionados, se solicitan al laboratorio como uno solo, con el nombre de “límites de consistencia” de manera que se efectúan los dos ensayos. **(Terzaghi K. y Peck R. B. 1975).**

### **Humedad Natural.**

El procedimiento de este ensayo viene regulado por la norma ASTM-D-2216 MTC E108-2000 “determinación de la humedad del suelo mediante el secado en horno”, que tiene por objeto la determinación de la humedad del suelo, mediante secado en un horno. **(Braja M. d. 2006).**

### **Sistema de Clasificación Unificada de Suelos (SUCS).**

Esta clasificación de suelos que es utilizada para agrupar los suelos en todos los trabajos geotécnicos y se basa de la granulometría del material y su plasticidad.

Esta norma técnica es para clasificar cualquier tipo de suelo, para poder realizar esta clasificación, necesitamos haber realizado los ensayos correspondientes de Análisis Granulométrico y de Límites de Consistencia para su respectiva clasificación del tipo de suelo que se está realizando.

Las divisiones que se realizan son las siguientes:

- **Suelos de grano grueso:** Es cuando pasa menos del 50% en peso por el tamiz 200 (0.074 mm).
- **Suelos de grano fino:** Es cuando pasa más del 50% en peso por el tamiz 200.



- **Suelos de estructura orgánica:** Son identificados por su olor, su color negruzco y el tacto esponjoso que son suelos altamente Compresibles.

Los suelos de grano grueso se fraccionan en:

- **Gravas (G):** Es cuando pasa menos del 50% en peso por el tamiz N° 4 (5mm).
- **Arenas (S):** Es cuando pasa más del 50% en peso por el tamiz N° 4.

#### **Proctor Modificado.**

Este texto, con este método de compactación Proctor, estudia el influjo que ejercía en el procedimiento del contenido inicial de agua en el suelo. Se aprecia que, a contenidos de humedad ascendente a partir de los valores descendentes se alcanzaban más altos pesos específicos secos y por ende mejores compactaciones de suelos, porque esa inclinación no se mantenía indefinidamente, si no que, al traspasar la humedad de una cierta estimación de los pesos específicos secos obtenidos, descenderán, con consecuencia de peores compactaciones en la muestra. puesto que existe una humedad inicial conocido como humedad optima, que origina el máximo peso específico seco que se puede lograr con este procedimiento de compactación y que por lo tanto se tenga la mejor compactación del suelo. (Terzaghi K. y Peck R. B. 1975)

#### **1.12.2.7. MECANICA DE ROCAS**

En cuanto a la mecánica de rocas, se apropia del estudio teórico y práctico de las propiedades y comportamiento mecánico desde los componentes rocosos y de sus reacciones ante el acto de las fuerzas colocadas en su entorno físico.

Los distintos campos de la adaptación de la mecánica de rocas se pueden reunir en aquellas en donde la roca compone la estructura principal (excavaciones, túneles, galerías, taludes, etc.), son aquellos en que el macizo rocoso es el soporte de otras estructuras (como en cimentaciones de



edificios, presas, cimiento para puentes, etc.) y aquellos en donde la roca se dispone como material de construcción (escolleras, terraplenes, rellenos, etc.). **(Bieniawski Z. T. 1979)**

**Clasificación Geomecánica del Macizo Rocos.**

Dado las clasificaciones de los macizos rocosos están asentadas en algunos o varios factores que determinan su comportamiento mecánico.

- Propiedad de la matriz rocosa.
- Frecuencia y tipo de discontinuidades, que precisan el grado de fracturación, el tamaño y la forma de los bloques del macizo, propiedades hidrogeológicas, etc.
- Grado de meteorización o alteración.
- Estado de tensiones in situ.
- Presencia de agua.

Las clasificaciones geomecánicas constituyen un procedimiento para la caracterización de los macizos rocosos a partir de datos de afloramientos y sondeos, se aplican principalmente en los túneles, dado la dificultad del estudio de los macizos rocosos en profundidad. Pero igualmente se aplica a la caracterización de los macizos en forma general, como medio para clasificar geotécnicamente las rocas. El cálculo del índice RMR permite estimar los parámetros de resistencia y deformabilidad del macizo (a partir de correlaciones empíricas).

*Tabla 02: clasificación del macizo rocoso según el total de evaluación (RMR)*

CLASE	CALIDAD	VALORACION RMR	COHESION	ANGULO DE ROZAMIENTO
I	MUY BUENA	100 -81	Mayor a 4 Kg. /cm2.	Mayor a 45°
II	BUENA	80 – 61	3 - 4 Kg. /cm2.	35° - 45°
III	MEDIA	60 – 41	2 -3 Kg. /cm2.	25° - 35°
IV	MALA	40 -21	1 – 2 Kg. /cm2.	15° - 25°
V	MUY MALA	MENOR A 20	Menor a Kg. /cm2.	Menor a 15°

**Fuente:** Rango de valores que son propuestos por Gonzales de Vallejo (2002)



**Índice de calidad de la roca.**

El estudio de la calidad de una muestra de roca, es la evaluación de una ecuación diferencial; dado que el nivel de Fracturamiento es cuantificado por metro lineal en los afloramientos de la matriz rocosa. Algunos macizos rocosos se presentan en el medio de una manera no uniforme, no constante y no isotrópica, y se ve afectada por discontinuidades como, por ejemplo: fallas, pliegues, juntas, agrietamientos, por este motivo se determinarán sus propiedades mecánicas.

Para evaluar la calidad del macizo rocoso RQD, se utiliza una ecuación diferencial propuesta por Priest y Hodson 1976; donde se tomará en consideración el número de discontinuidades por metro lineal.

$$RQD = 100 e^{-0.1\lambda}(0.1 \lambda+1)$$

De donde:  $\lambda$ = Numero de juntas por metro lineal

*Tabla 03: calidad de roca*

<b>RQD</b>	<b>CALIDAD DE ROCA</b>
25%	Muy mala
25 – 50%	Mala
50 – 75%	Regular
75 – 90%	Buena
90 – 100%	Muy buena

**Fuente:** Clasificación de la calidad de roca según Deere 1964

**1.12.2.8. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD**

**Ensayo de Gilg-Gavard.**

El ensayo de permeabilidad se realiza en el terreno, en condiciones atmosféricas naturales, que se desarrollan en el progreso del sondeo y en el ensayo de una parte de la perforación, después de retirar una parte de la tubería de revestimiento. Para poder desarrollar el ensayo se llena la tubería con suficiente agua hasta llegar a la boca, la presión del agua en el tramo de sondeo ensayado pertenece únicamente a la altura del agua en el interior de la entubación por encima del nivel freático.



Generalmente es un ensayo que se realiza en suelos, roca alterada o roca muy fisurada, materiales en los que, por teoría te permiten desarrollar una permeabilidad relativamente alta.

### **Ensayo de Lugeon.**

El ensayo Lugeon, se realiza inyectando agua a una determinada presión manométrica y de obturación en un determinado taladro de perforación diamantina en roca dura; los resultados obtenidos en los procesos de saturación a presión se consiguen a través de la conductividad del macizo rocoso; para ser usados con fines de construcción en obras de ingeniería, en presas, embalses, hidroeléctricas, casas de máquinas, entre otras varias obras de ingeniería, la estabilidad del talud de corte en roca.

En el ensayo Lugeon se puede desarrollar a medida que se va avanzando en la perforación o también puede hacerse una vez finalizada la perforación. En caso de realizar el ensayo, una vez culminada la perforación, esta se suele efectuar de forma ascendente empezando por el tramo más profundo del sondeo de perforación. **(Comité Nacional Español de Grandes presas, Madrid España 1999) (Revista de la Universidad de la Salle – junio 1991)**

**1 Lugeon** = Perdida de 1 litro/minuto y metro lineal bajo una presión de 10kp/cm<sup>2</sup>

**1 Lugeon** =  $1 \times 10^{-7}$

### **1.12.2.9. CIMENTACIONES EN ARCILLAS EXPANCIVAS**

Las cimentaciones se producen en suelos arcillosos debido a la reacción de algunos componentes de la arcilla al entrar en contacto con el agua. Estos componentes mineralógicos absorben agua y aumentan su volumen. Un ejemplo de arcillas expansivas es la montmorillonita, que puede alcanzar un aumento en su volumen del 100%. **(Braja M.D. 2006).**



#### 1.12.2.10. CIMENTACIONES EN ROCAS

Los cimientos en las rocas, incorporando a las pizarras duras, no presentan problemas en la resistencia para presas de tierra pequeñas. Los peligros principales que debemos de tener en cuenta, son ocasionados por la erosión y por la filtración, la gran cantidad de pérdida del agua a través de las juntas, fisuras, grietas, estratos permeables y planos de fractura. **(Deere 1964).**

#### 1.12.2.11. CAPACIDAD PORTANTE DEL TERRENO

Si encima de una cimentación se va ejerciendo una carga creciente con el transcurso del tiempo, vertical y centrada, se apreciará un aumento significativo en el asentamiento de la cimentación y en la del terreno que puede ser graficada. Mientras que algunas cargas sobre el cimiento son de menor magnitud, el asentamiento crece de manera proporcional a la carga ejercida presentándose un comportamiento elástico.

Si seguimos aumentando la carga de manera progresiva la curva de asentamiento-carga se hace asintótica por lo que el terreno ya no admitirá más carga, pero este seguirá deformándose, por lo que se concluye entonces que el terreno a alcanzado la presión de hundimiento, que en cada suelo depende y varía según su resistencia al esfuerzo de corto, dimensiones de la cimentación, profundidad, etc. **(Vesic A. 1973)**

#### 1.12.2.12. INTEMPERISMO

Se le llama intemperismo o meteorización a la acción conjunta de procesos (climáticos, biológicos, etc.), procesos por los cuales la roca es descompuesta y desintegrada al estar expuesta continuamente a los agentes atmosféricos, cambiando a las rocas masivas y duras en un manto residual finamente fragmentado. En el transcurso de su movimiento la permeabilidad también influye en los diferentes tipos de materiales donde determinan el grado de meteorización, karstificación que se produce donde hay presencia de clarisas. **(Gonzales D. V. 2002).**



### 1.12.2.13. GEODINAMICA EXTERNA

#### **Grado de Meteorización.**

Inicialmente la transformación de meteorización que actúan sobre el macizo rocoso causando daños a la matriz rocosa como a los planos de discontinuidades existentes en la matriz rocosa. El resultado de la meteorización mecánica o física de los macizos rocosos, al fracturarse los contactos entre los granos o al ejecutarse la ruptura de los minerales por la disolución o inyección de las aguas de la glaciación, que finalmente se convierten en hielo llegando a desintegrarse y formar planos de debilidad generándose la inestabilidad del macizo rocoso. Las discontinuidades son senderos o caminos por donde discurren flujos de aguas meteóricas aportando la incrementación de la meteorización física y química.

#### **Procesos de Meteorización.**

Los procesos de meteorización se ven afectados por las condiciones climáticas y sus diferentes variables como la temperatura, humedad, precipitación, régimen de vientos, etc. Estas definen el tipo y la intensidad de los cambios físicos y químicos que afectan a la matriz rocosa en la superficie. **(Tumilan P., Carrillo G. A. 1993).**

#### **Meteorización de Matriz Rocosa.**

La meteorización física de la matriz rocosa da lugar a la presencia de planos con direcciones diferentes y preferentes, la apertura de micro discontinuidades por hielo o por el aumento de sales, diferentes tipos de volumen por cambios de humedad o temperatura, etc. Por la meteorización química se da la disolución de minerales solubles y la formación de minerales nuevos por procesos de oxidación, reducción, hidratación, etc. Los resultados finales de la alteración química van de la coloración de la matriz rocosa hasta desintegración de los silicatos y otros minerales, aunque algunos de estos minerales, como el cuarzo son fuertes a estas acciones. **(Gonzales de Vallejo L. 2002).**



### Grado de Fracturamiento.

El nivel de fracturamiento depende de las condiciones de meteorización que comprenden la cantidad de juntas o fracturas, halladas por metro lineal en el afloramiento del macizo rocoso, cuando el macizo rocoso está bajo esfuerzos cortantes, los movimientos tectónicos están fuertemente vinculados a la matriz rocosa. tectónicos. (Gonzales de Vallejo L. 2002).

Tabla 04: número de fracturas por metro lineal

ORDEN	SIMBOLO	NUMERO DE FRACTURAS/M	GRADO DE FRACTURAMIENTO
1	F – 1	$\leq 1$	Poco fracturado
2	F – 2	1 – 5	Fracturado
3	F – 3	6 – 10	Muy fracturado
4	F – 4	11 – 20	Altamente fracturado
5	F – 5	$\geq 20$	Triturado

Fuente: Merino L. 2001, Lima Perú.

### Grado de Alteración.

Proceso de alteración y/o descomposición de los minerales que se encuentran en la matriz rocosa, que se aprecian en los planos de fracturamiento o en la roca base; el mismo que se puede cuantificar según su consistencia en cuanto a su fragilidad en la matriz rocosa.



Tabla 05: Grado de Alteración matriz Rocosa

CLASE	CARACTERISTICAS DEL ALTERACION	CONDICION DE ROCA
A – 1	No existe señal visible de alteración o indicios leves en las superficies de las discontinuidades.	Roca sana
A – 2	sus superficies de las discontinuidades principales existentes están alteradas, pero la matriz se encuentra ligeramente alterada.	Roca poco alterada
A – 3	La alteración se expande a todo el macizo rocoso, pero la roca se desmenuza fácilmente, matriz poco deteriorada.	Roca alterada
A – 4	La alteración se expande a todo el macizo rocoso y la roca es gran parte que se desmenuza fácilmente, matriz altamente deteriorada.	Roca muy alterada
A – 5	La matriz del macizo rocoso está completamente desintegrada, se desmenuza fácilmente, solo se observa rastros de la estructura original.	La roca está completamente descompuesta, forman suelo residual

**Fuente:** Tesis de prospección geológica y geotécnica de presa macusani 1995. Ing. S. Machacca.

### **Movimiento de Masas.**

La remoción de masas es el movimiento lento o rápido de una cantidad de volumen de suelo, roca o ambos simultáneamente, en diferentes magnitudes provocando en la superficie terrestre principalmente por la acción directa de la gravedad terrestre y por otros factores que son condicionantes, fenómenos geodinámicos.



## CAPITULO II: GEOMORFOLOGIA

### 2.1. GENERALIDADES.

#### 2.1.1. GEOMORFOGENESIS.

El tectonismo andino de edad Terciaria es el responsable del modelado de la superficie de la región, deformando las rocas metamórficas del Ordovícico Medio y Superior y del Siluriano - Cretácico, elevándolas; posteriormente se produjo un período volcánico representado por las rocas del grupo Mítu que se encuentran cubriendo las montañas al nor oeste del área de estudio, seguidamente se produjo una fuerte erosión fluvio-glacial a fines del Neógeno y fluvial hasta el presente.

Las grandes oscilaciones climáticas ocurridas en el cuaternario antiguo (pleistoceno) influyeron decisivamente en la configuración de los rasgos morfológicos de detalle.

Esto debido a que, durante las pasadas glaciaciones, las cumbres más altas de los andes orientales estuvieron cubiertas por mantos de hielo y, las zonas periglaciares y templadas descendieron a altitudes bastante más bajas que las actuales. Muchas de las acumulaciones aluviales y torrenciales de los fondos de valle interandinos tienen su origen en esta época.

El cuaternario holocénico, se caracteriza por una elevación de las temperaturas y el establecimiento de claras configuraciones selváticas en la región. Los procesos erosivos y disección del relieve disminuyen por la mayor cobertura boscosa del terreno, en tanto que los caudales de los ríos aumentan paulatinamente con el calentamiento climático post glacial, acelerando su labor de socavamiento, inundabilidad e incisionamiento.

El levantamiento plio-cuaternario de los andes produjo intensa actividad geodinámica en toda la región erosionando las partes altas de las montañas y rellenando cuencas sedimentarias, formando así conos aluviales, sumado a esto Las glaciaciones pleistocénicas no sólo modelaron



directamente los relieves, sino que a la vez produjeron incidencias indirectas en toda el área como depósitos glaciares. Dándole el aspecto actual que muestra.

## **2.2. GEOMORFOLOGIA REGIONAL.**

La superficie que presenta el área de estudio, se han reconocido tres unidades geomorfológicas regionales es el resultado de los procesos endógenos, tectónicos, erosivos y geodinámicas que se han desarrollado y vienen desarrollándose en este territorio a lo largo de millones de años. Estos procesos desarrollaron en zonas muy características, en la parte más alta de la Superficie Quechua y Suni, lagunas, valles fluviales de estrechos a amplios y numerosas quebradas confortantes de una geomorfología particular.

### **2.2.1. ALTIPLANICIES.**

En esta unidad se presentan áreas con relieves casi planos cuyas altitudes oscilan entre 4200 y 4300 msnm. En la zona norte del cuadrángulo de Urubamba y Calca se observa mejor las altiplanicies, que limitan con la cordillera oriental. Este límite es bastante desigual y surgen a través de varias geoformas. En el área de estudio intervienen las siguientes unidades; pampa de Piuray - Maras, que tiene un relieve casi plano y se encuentra a mayor altura que la depresión de Anta. Mediante una ladera escarpada por la parte oriental esta la unidad que limita al norte con el rio Urubamba y existe una pendiente moderada hacia el sector occidental, montañas del Cusco al este y por intermedio se encuentran con fallas de N-S que se observa reactivaciones holocenas y cuaternarias; montañas de Cusco, están ubicadas al norte de las altiplanicies colindando con la cordillera oriental. (Fuente: INGEMMET).



*Figura N° 02: Unidades Geomorfológicas regionales, la zona de estudio se encuentra en la Zona intermedia Altiplano - Cordillera oriental. FUENTE: Carlotta Caillaux, Cárdenas Roque, Carlier, 2011.*

### 2.2.2. CORDILLERA ORIENTAL.

La zona es fuertemente individualizada morfo-estructuralmente, abarca una gran área en los cuadrángulos por la parte occidental y septentrional. Esta unidad está delimitada por fallas con dirección NO-SE. En la parte más elevada casi siempre se hayan los glaciares, estos muestran signos de retroceso y vestigios de antiguas glaciaciones. Los linderos inferiores en la nieve comúnmente se encuentran a 4800 msnm. Aparte de los glaciares se pueden observar circos, valles en U y morrenas. En la cordillera oriental afloran rocas metamórficas que pertenecen al paleozoico inferior y rocas volcánicas del grupo Mitu que pertenecen al Permo – Triásico, que están divididas por rocas



intrusivas pertenecientes al Permiano Inferior, tectónicamente se aprecian pliegues vinculados a un metamorfismo en cabalgamiento y fallas inversas. (Fuente: INGEMMET).

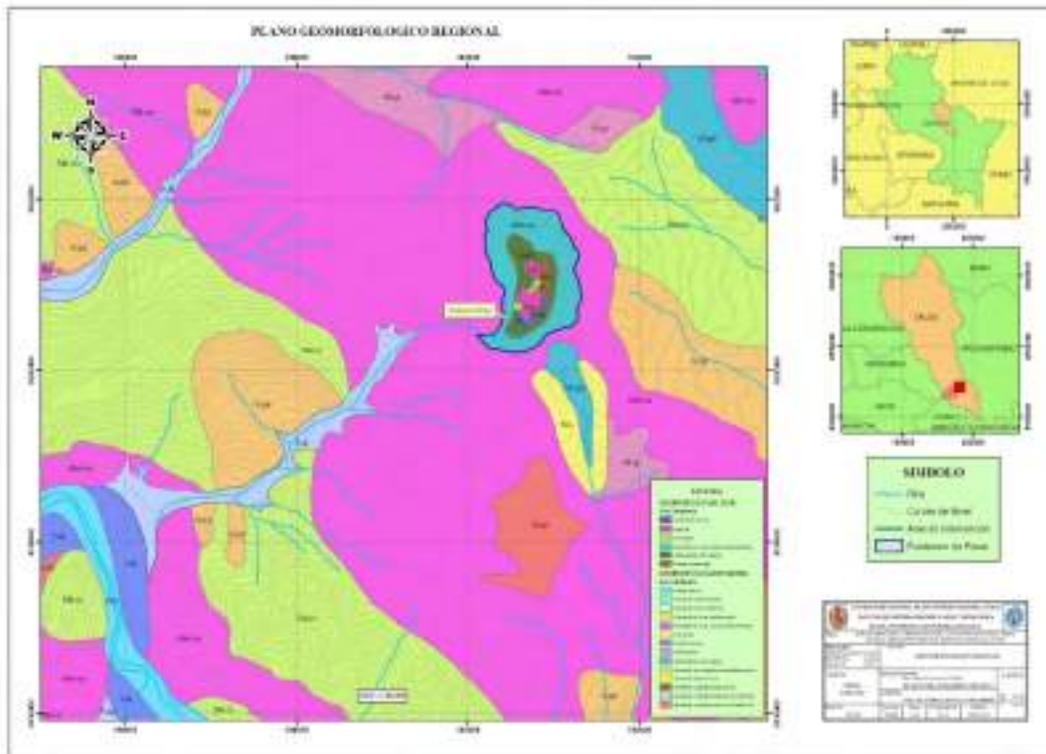
### **2.2.3. VALLE DEL VILCANOTA URUBAMBA (VALLE INTERANDINO)**

En el ámbito de intervención se pueden dividir en dos partes: el primero va desde san salvador hasta pacha, en donde se constituye el límite entre la cordillera oriental y las altiplanicies, por otro lado, el segundo que va desde pachar hasta machu picchu, que divide la cordillera oriental desglosando la cadena de Huayanay-Paljay de la cadena Verónica-Bonanta.

En la primera parte del tramo del valle se observa una dirección preferencial SEE al NOO. En el cuadrángulo, el inicio del valle está a una altitud de 3000 msnm, que presenta terrazas altas, parecida a las de Pisac, Yucay, Huayllabamba, Lamay, Aurin, Huaran, mientras que en la segunda parte del tramo tienen una altitud de 2262 msnm.

La primera parte del tramo se observa un valle ancho, que en algunas áreas se expande hasta los 1000 m, indicando la evolución madura, en donde el cauce va formando canales entrelazados. Las vertientes son ligeramente suaves hasta empinadas y en los bordes se aprecian importantes conos aluviales, parecidas al de las quebradas Chicon, Calca, Pumahuanca.

Los ríos Jochoc, Carmen; Huaynapata, Patacancha son constituyentes al principal afluente del río Urubamba en su parte septentrional, de manera que en su parte meridional lo constituyen los ríos Huarcoondo, Cusichaca, Silque, Pahuayoc, son los que muestra drenajes detríticos (Fuente: INGEMMET).



*Plano N° 02: Plano Geomorfológico Regional. FUENTE: Propio*



### **2.3. GEOMORFOLOGIA LOCAL.**

La zona asignada para la evaluación como zona de represamiento de la laguna Marhuay o también conocido como Orconcocha se encuentra ubicada en la cordillera oriental, constituyendo así un valle glaciar interandino, cuyo rumbo es NE – SO.

Localmente la laguna de Marhuay se encuentra dentro de un valle glaciar con una altitud de 4331 m.s.n.m. y está limitada por el norte con el cerro Hatunsayaccasa, por el sur con la quebrada Marhuay, por el este con el cerro Condorpuñuna y por el oeste con el cerro Marhuay loma; morfoestructuras de relieve irregular que evidencian modelamiento glaciar ocurrido durante el pleistoceno presentando a su vez altitudes comprendidas entre 4320 y 4500 m.s.n.m.

Su origen está relacionado a los procesos físicos de arranque y abrasión por el que el glaciar fluyo sobre superficies fracturadas de lecho de roca, puliendo las paredes, profundizando, ensanchando y depositando roca fragmentada en el fondo del valle, dándole el aspecto que muestra actualmente.

- **VALLE GLACIAR.**

Esta unidad geomorfológica es bastante reducida en cuanto a longitud se refiere ya que desde los tramos iniciales hasta la zona de salto vertical donde termina el valle glaciar tiene un aproximado de 1.20 km en el cual está emplazado la laguna Marhuay. Sus flancos laterales sur este contrasta de manera abrupta con el fondo de valle y con el flanco nor este que tiene menos altura.

El valle en general presenta una sección transversal en “u”, característico de un valle glaciar su origen está relacionado a los procesos físicos de arranque y abrasión por la acción erosiva del glaciar. Tiene dirección NE-SO.



*Fotografía N° 02: Vista del valle glaciar con sección transversal en “U”. FUENTE: Propia.*

#### ▪ ZONAS MORRENICAS.

Son geoformas de tipo deposicionales que están constituidos por fragmentos rocosos que se deslizan o son transportados dentro de una masa de hielo, este fenómeno se da mayormente en laderas con una pendiente considerable, en terrenos de sedimentación. En el área de estudio encontramos áreas morrénicas con material sedimentario al nor-este de la laguna Marhuay, en el pie de montaña del cerro Hatunsayaccasa



*Fotografía N° 03: Vista de morrenas en el flanco derecho de la laguna Marhuay. FUENTE: propia.*



#### ▪ **CERRO HATUNSAYACCASA.**

Estas geoformas están emplazadas en el flanco sur este de la laguna Marhuay con una altitud comprendida entre 4300 y 4500 m.s.n.m. presentan un aspecto escarpado y accidentado presentando una pendiente fuerte, con un alineamiento del valle glaciar.

#### ▪ **LADERA DE CERROS.**

Esta morfología en el terreno presenta una variación de pendiente siendo en algunos sectores de los cerros fuerte a moderado, en su mayoría está constituido por el macizo rocoso, siendo el resultado de la acción desintegradora de agentes físicos como el hielo, la lluvia etc., que intemperizaron las rocas de la formación Pachatusan.



*Fotografía N° 04: Vista de las laderas del cerro Hatunsayaccasa con diferentes pendientes. FUENTE: propia.*

### **2.3.1. UNIDADES GEOMORFOLOGICAS DEL AREA DE ESTUDIO.**

#### **2.3.1.1. LAGUNAS.**

Son las principales unidades morfológicas de interés, han sido formados como resultado de la actividad glaciar durante el cuaternario y que en la actualidad subsisten como depósitos de agua limitados por cerros y lomadas.



La laguna Marhuay es de origen glaciar, que ha sido formada por la fuerte erosión de fondo y lateral ocurrida en esta zona, evidenciándose estrías glaciares por la fuerte fricción ocurrida entre el macizo rocoso y el glaciar en las rocas que actualmente sirven de flancos y diques naturales de las lagunas.

#### **2.3.1.2. LADERA DE LOS CERROS.**

Estas geoformas sirven de flancos laterales de las lagunas, por los alrededores de la laguna de Marhuay, constituyendo barreras naturales que están constituidos por depósitos de pie de talud y que están en contacto directo con la laguna en su sector nor este principalmente.

#### **2.3.1.3. LOMADAS.**

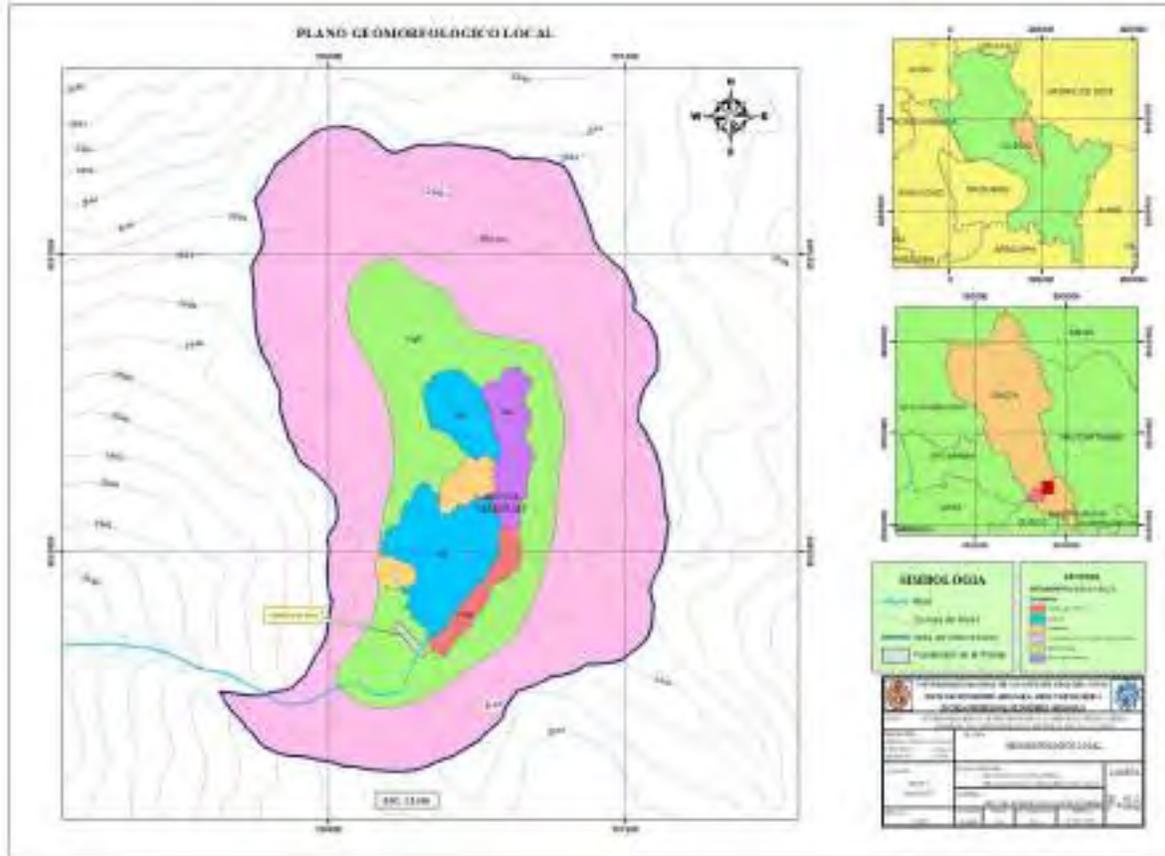
Estas geoformas sirven de barrera entre la laguna mayor y la laguna pequeña, a manera de un circo glaciar, estas lomadas tienen altitudes que van disminuyendo hacia la laguna de Marhuay, como resultado de la acción erosiva de los glaciares que han modelado al macizo rocoso de estas formas. Tiene formas de escalinatas de grandes dimensiones, en algunos casos que sirven como caídas de agua formando pequeñas cascadas, principalmente en la pequeña laguna que se encuentra al nor oeste de la laguna mayor.

Su origen está relacionado a la abrasión causada por el hielo formando relieves irregulares con depresiones escalonadas y pendientes abruptas.

Estas geoformas constituyen áreas positivas que son el resultado de la acción glaciar, por erosión en los macizos y por acumulación de depósitos glaciares y fluvioglaciares rellenando los espacios del macizo en forma de remanentes glaciares.



*Fotografía N° 05: Vista de las lomadas que constituyen la laguna de Marhuay. FUENTE: propia.*



Plano N° 03: Plano Geomorfológico Local. FUENTE: Propio



### 2.3.2. PENDIENTES.

Vale la pena decir que para la preparación del mapa de pendientes se empleó una guía de elevación digital elaborado a partir de las curvas de nivel en donde se puede distinguir las clases, al principio la clasificación se efectuó por porcentajes, manteniendo en cuenta que es la más empleada para manifestar la variable de pendientes, hay que destacar que está establecida su interpretación de acuerdo con los intervalos utilizados de la siguiente manera:

PENDIENTE	SIMBOLO	DESCRIPCION	PROCESOS CARCATERISTICOS Y CONDICIONES DEL TERRENO.
0 – 3%	A	A nivel / Casi nivel	Denudación no apreciable; por su condición transitable y laborable, es objeto de uso agrícola, solamente se dificulta su uso bajo condiciones secas.
3 – 5%	B	Ligeramente inclinada / Ligeramente ondulada	Laderas afectadas especialmente por erosión hídrica en sectores desprovistos.
5 – 12%	C	Moderadamente inclinada / Moderadamente	Laderas que pueden generar movimientos en masa de diferentes clases y baja velocidad, especialmente soliflucción.
12 – 25%	D	Fuertemente inclinada / Fuertemente ondulada / Moderadamente quebrada	Movimientos en masa de todo tipo, especialmente soliflucción, reptación erosión en surcos, ocasionalmente deslizamiento.
25 – 50%	E	Fuertemente quebrada / Ligeramente escarpada	Procesos denudacionales intensivos de diferentes clases de zonas con reemplazos forestales evidencias claras de erosión del suelo.
50 – 75%	F	Moderadamente escarpada	Desprendimiento de rocas, coluviación.
75 – 100%	G	Fuertemente escarpada (incluye escarpe subverticales y verticales)	Caída de rocas, por efectos de tectonismo y bioclastia.

**Tabla N° 06:** se muestra la pendiente en %, su simbología, descripción y procesos característicos.

FUENTE: Jairo alonso Figueredo Rodríguez -Clasificación de pendientes y sus características.

Otro punto de pendientes es según el reglamento de clasificación de tierras MINAG – 2002.

Que se refiere a una inclinación que se observa en la superficie terrestre con respecto a la horizontal, lo cual está representada en porcentajes, dicho de otra manera, la diferencia de alturas es en 100



metros horizontales, por consiguiente, para fines de estudio, se ha decidido ocho rangos de pendientes, a continuación, se muestran en la tabla siguiente:

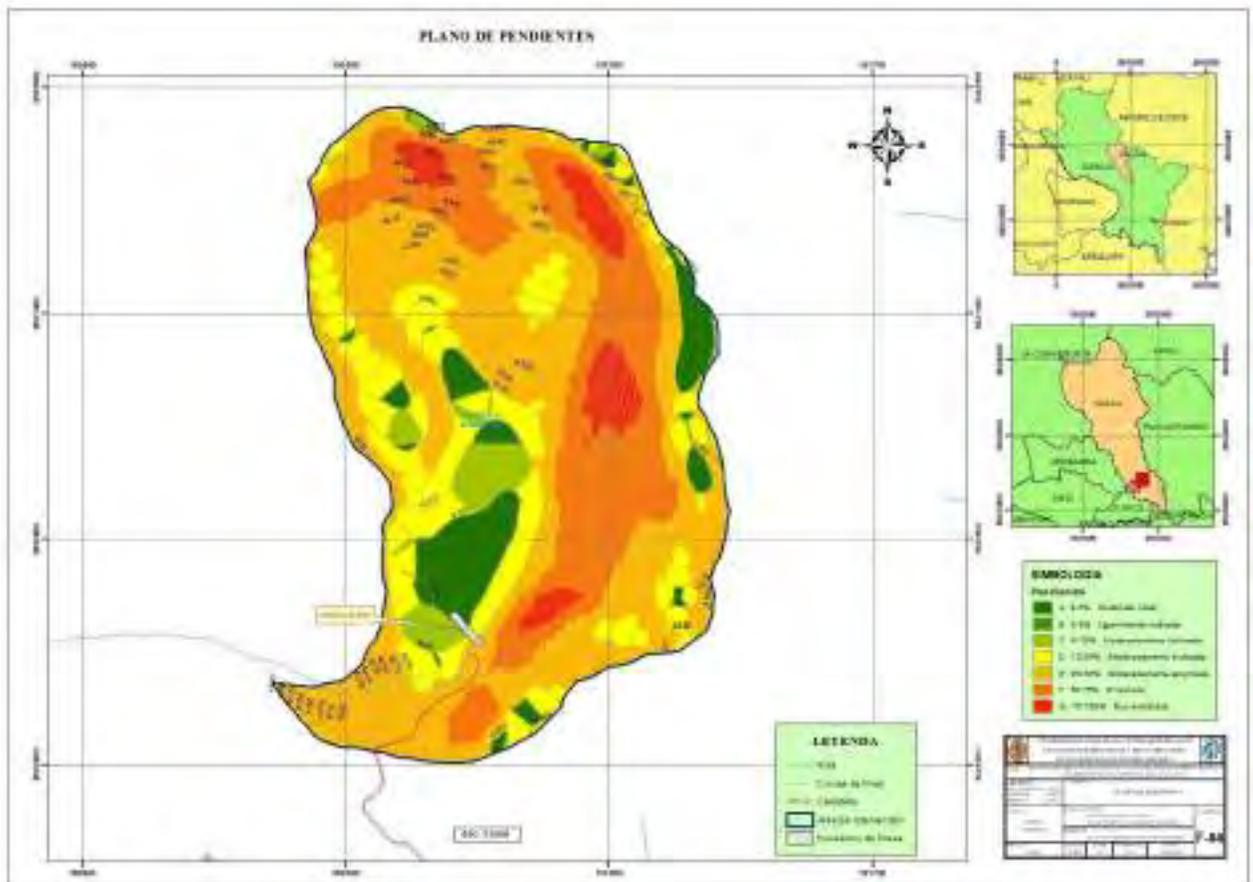
TERMINO DESCRIPTIVO	RANGO (%)	SIMBOLO
Plana o casi a nivel.	0 - 2	A
Ligeramente inclinada.	2 - 4	B
Moderadamente inclinada.	4 - 8	C
Fuertemente inclinada.	8 - 15	D
Moderadamente empinada.	15 - 25	E
Empinada.	25 - 50	F
Muy empinada.	50 - 75	G
Extremadamente empinada.	>75	H

*Tabla N° 07: Clasificación de fases por pendiente. FUENTE: Reglamento de clasificación de tierras MINAG – 2002.*

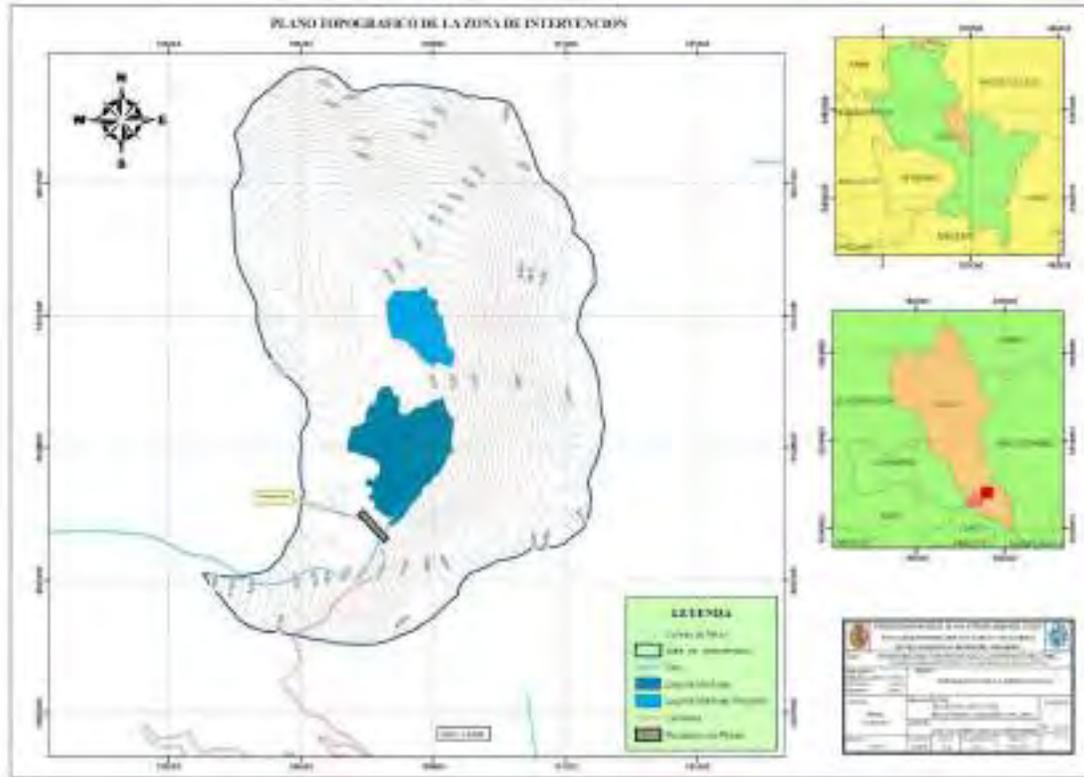
El siguiente punto nos indica que el área de estudio precisamente en la microcuenca Marhuay, se observan pendientes de clase C, D, E, F, G, en donde, el intervalo de pendiente va de 4 a 85%; con una pendiente predominante de 12 a 48%, debido a que corresponde a una pendiente moderadamente inclinada hasta fuertemente inclinada.

### **2.3.3. TOPOGRAFIA.**

Para la topografía se elaboró con sus respectivas curvas de nivel a cada 10 metros, para poder observar de manera más minuciosa al momento de elaborar el mapa, en el plano topográfico se observó que la cota mayor alcanzaba una altitud de 4600 m.s.n.m. y así mismo se observó la cota menor que es 4250 m.s.n.m. por ende, se realizó el plano topográfico en base a la información obtenida de los cuadrángulos de Urubamba - Calca de las hojas 27r y 27s del INGEMMET.



*Plano N° 04: Plano de Pendientes. FUENTE: Propio*



Plano N° 05: Plano de Topográfico. FUENTE: Propio



## **CAPITULO III: GEOLOGIA.**

### **3.1. GENERALIDADES.**

El presente estudio geológico plantea el reconocimiento de las principales formaciones rocosas del área, sus características físicas, químicas y estructurales, así como sus implicancias ambientales respecto a las obras previstas por el proyecto.

En términos generales, la geología del área del sector donde ha de construirse la presa no presenta complejidad en cuanto a la constitución lito estratigráfica como ocurre en otros sectores, por lo que es de relativa simplicidad. El substrato rocoso aparece cubierto de manera heterogénea por depósitos cuaternarios aluvial, coluvial, fluvio-glacial y glacial, básicamente constituidos por, el grupo Mito, y hacia la zona norte del proyecto el Paleozoico inferior y depósitos cuaternarios. Se ha extractado el plano geológico regional del INGEMMET.

### **3.2. UNIDADES ESTRATIGRAFICAS REGIONALES.**

#### **3.2.1. PALEOZOICO.**

##### **3.2.1.1. GRUPO CABANILLAS (D-CA) – DEVONIANO.**

El grupo Cabanillas aflora al NE de la provincia de cusco es en las partes altas de la zona de san jerónimo en las cercanías del abra que lleva al camino del santuario del señor de huanca, este afloramiento es escaso, se observa en pocas áreas dividiendo la cuenca del Vilcanota y del Huatanay.

Su litoestratigrafía es pelítica principalmente en la parte baja, con presencia de intercalaciones en los estratos de areniscas hacia la parte alta. El material pelítico está compuesto de lutitas grises oscuras y limonitas carbonáceas, que se encuentran duras en los estratos de grosores medianos. También se presentan intercalaciones con limolitas grises claras arcillosas no calcáreas y con lutitas grisáceas que se encuentran en los estratos delgados, a esto le siguen intercalaciones de lutitas oscuras, lutitas claras y limolitas grises claras con aspecto de laja. (Fuente: INGEMMET).



### **3.2.1.2. GRUPO COPACABANA (PI-C) – PERMICO INFERIOR**

El grupo Copacabana (Newell et al., 1949) aflora demasiadamente en el anticlinal del Vilcanota y más apenas cerca de la laguna Azulcocha y al sur de Queqayoc. Este grupo está integrado fundamentalmente por calizas y lutitas marinas. Las calizas se presentan en varios tipos de grano fino, oolíticas con un color gris blanquecino a negro. Estas rocas calizas son singulares por que presentan silisificadas de fusulinas, braquiópodos, corales.

Las lutitas son carbonosas de color negra, además contiene restos de plantas. Entre Pisac y san salvador llegando a los afloramientos, se observan bancos de areniscas cuarzosas blancas con laminaciones oblicuas, pertenecientes a medios litorales, que tienen intercalaciones de calizas fosilíferas. Al anticlinal del Vilcanota, se da un grosor de 600 a 700 metros para este grupo, cabe resaltar que, en determinados lugares del área de estudio, en el techo del grupo Copacabana afloran niveles conglomeradicos con clastos de cuarcitas y chert. Las calizas contienen abundante cherts, que permiten diferenciarlas de los conglomerados que están en la base del grupo Mitu. (Fuente: INGEMMET).

### **3.2.2. PALEOZOICO-MESOZOICO.**

#### **3.2.2.1. GRUPO MITU (PSTI-M) – PERMICO SUPERIOR-TRIASICO INFERIOR.**

El grupo Mitu (Mc Laughlin, 1924) sobreyace en discordancia erosional al grupo Copacabana. Este grupo surge en la parte nororiental del cuadrángulo de Urubamba, y en el extremo occidental del cuadrángulo de Calca. El grupo Mitu aflora a lo largo del anticlinal del Vilcanota, desde Calca hasta San salvador y aflora en el cuadrángulo de Urubamba entre Patacancha y Arín. Donde deja de aflorar abruptamente en contacto con un accidente N-S. el grupo Mitu se caracteriza por presentar dos unidades litoestratigraficas, bien notables entre Lamay y San salvador, mientras



que en Calca y el valle de Patacancha, aflora en forma masiva y únicamente como paquetes volcánicos de gran potencia.

Las unidades litoestratigraficas del grupo Mitu precisan en el cuadrángulo de Calca, son las formaciones Pachatusan y Pisac. (Candia & Carlotto, 1985).

### **3.2.3. MESOZOICO.**

#### **3.2.3.1. FORMACION HUANCANE (KI-HUA) – (NEWELL, 1949)**

La formación Huancané yace en discordancia erosional o en la frágil discordancia angular encima de la formación Huanbutio o directamente sobre el grupo Mitu o el paleozoico inferior, en el cuadrángulo de Urubamba esta formación aflora en Paucarbamba, quebrada de Silque y en el sector de Muyomayo-Questa (sur del nevado Huayanay), precisando a la formación Huambutio, al grupo Mitu. La formación Huancané aflora en las partes altas de calca hasta San salvador-Huanca, en los flancos del Vilcanota precisando a su basamento a manera de escamas tectónicas.

Al norte de Calca se encuentra otro afloramiento de la formación Huancané, el que va desde el NO hacia Cancha Cancha, esta se encuentra en discordancia erosional, encima del grupo Mitu y debajo a la formación Paucarbamba. En el abra se encuentra los nevados Chicon y el Shirihuani, la formación Huancané es menos delgada y está ubicada encima de las rocas intrusivas del macizo rocoso de Urubamba. En el cartografiado, esta formación es un estrato guía por qué se diferencia en el color, así como formar acantilados. El grosor del estrato es delgado y va desde los 30 y 150 metros.

Esta formación está dividida en dos estratos (Candia y Carlotto, 1985). El miembro inferior está formado por conglomerados, areniscas cuarzosas de tonalidad blanca y areniscas conglomeradicos, en la base de los bancos se observan canales y la granulometría va decreciendo, pertenecientes a sucesiones de origen fluvial (Carlotto, 1992).



El miembro superior está compuesto localmente, por un nivel calcáreo (Queqayoc, parte superior de Huancalle y al norte de Pisac) o por niveles finos de lutitas rojas o negras.

Este segundo miembro está compuesto principalmente de barras arenosas masivas con laminaciones oblicuas que se caracterizan por ser continuas sobre decenas de kilómetros y que son interpretadas como consecuencia de la superposición y en combinación de distintos sistemas fluviales entrelazados con dirección NE, conocido también como el escudo brasileño (Carlotto, 1995).



*Fotografía N° 06: Vista de la formación Huancané. FUENTE: propia.*

### **3.2.3.2. GRUPO YUNCAYPATA: ALBIANO-MAESTRICHTIANO.**

Conocido anteriormente como la formación Yuncaypata (Kalafatovich, 1957), este grupo no tiene una columna completa, debido a que se presenta distintos niveles de despegue. Lleva este nombre de la localidad de Yuncaypata, que está ubicada a 5 kilómetros al norte del Cusco.

En un tiempo posterior, Carlotto et al., (1991), lo asciende de rango, deformación a grupo. Este grupo aflora en el lado sur de los cuadrángulos de Calca y Urubamba.



El grupo Yuncaypata está clasificado en varias secuencias estratigráficas (Carlotto, 1992). Estas secuencias fueron cartografiadas a una escala de uno en veinticinco mil. Para mayor utilidad y facilidad de la nomenclatura estratigráfica se ha dividido al grupo en cuatro formaciones cartográficas que son la formación Maras, la formación Ayabacas, la formación Puquin y la formación Paucarbamba (Fuente: INGEMMET).

▪ **FORMACION PAUCARBAMBA: ALBIANO INFERIOR (Ki-pb).**

Esta formación descansa sobre la formación Huancané, señalando un cambio importante en el medio de depósito, por ende, la sedimentación fluvial pasa a una sedimentación marina que alcanza una ligera profundidad areno-pelítica y luego se observa una sedimentación carbonatada.

En el cuadrángulo aflora en la mayoría de los sectores donde lo hace la formación Huancané, esta se distingue por su tonalidad rojiza. Esta formación presenta una alternancia de areniscas calcáreas, margas, lutitas amarillas, rojizas y verdes, formando secuencias grano-estrato crecientes depositados en una plataforma litoral (Chávez, 1995).

Los primeros depósitos de la formación Paucarbamba descansan sobre un ámbito de oxidación donde altera la última barra arenosa de la formación Huancané. El grosor medido en Paucarbamba es de 50 metros en donde puede variar lateralmente alcanzando hasta los 300 metros.

La formación Paucarbamba reposa a la formación Huancané e infra yace a la formación Maras no datada, bajo la formación Ayabacas o calizas Yuncaypata de edad Albiana - Turoniana. Por correlaciones regionales y por reposar a la formación Huancané se le asignaba una edad comprendida entre el Aptiano superior-Albiana inferior. (Fuente: INGEMMET).



*Fotografía N° 07: Vista del afloramiento de la formación Paucarbamba. FUENTE: Propia.*

- **FORMACION MARAS: ALBIANO MEDIO (Ki-ma).**

La formación maras descansa encima de la formación Paucarbamba. Esta unidad no se ha visualizada de forma completa debido a la presencia de yesos que le han permitido portarse como un nivel de despegue. Esta formación aflora en la Pampa de Maras – Piuray, en el sector de Cachijata (al sur de Ollantaytambo) y al norte en el sector de Limatambo - Zurite (Cuadrangulo de Urubamba). De la misma manera aflora en la meseta de Saqsayhuaman (al norte del Cusco) y en el sector de Patabamba – Raranniyoc (cuadrángulo de Calca). Los afloramientos, en estos sectores se observan de manera desordenada, es decir se observa una mixtura de yesos, lutitas y en menor cantidad calizas, como resultado de las deformaciones diapiricas. Por motivos cartográficos, se le ha considerado a la formación Maras, a todos sus afloramientos caóticos de lutitas y yesos que se encuentran dentro del grupo Yuncaypata, incluso los yesos que han sido afectados por removilizaciones por efectos tectónicos. Es por este motivo, que el mapa geológico del cuadrángulo de Urubamba, aparece cartografiada de manera irregular a las secuencias posteriores.



Esta formación está integrada básicamente por yesos, intercaladas con lutitas rojas y en menor cantidad lutitas verdes, algunos niveles de calizas son de grosores delgados que van desde los tres a siete metros. Estas lutitas son de origen lacustre o marino de poca profundidad. (Carlotto, 1992).

▪ **FORMACION AYAVACAS: ALBIANO SUPERIOR-TUNIANO (Ki-ay)**

La formación Ayavacas o calizas de Yuncaypata, surge de manera desordenada, nunca se ha observado una secuencia completa dentro del grupo Yuncaypata. En varios sectores no se observan estas secuencias dentro del grupo Yuncaypata mientras que en otros sectores aparecen de manera abundante, tal como se puede observar en el grupo Chincheros, Koricancha y en la parte sur de Ollantaytambo (borde izquierdo del río Urubamba). De la misma manera en Saqsayhuaman y en el área de Raranniyoc-Ptabamba (Cuadrangulo de Calca).

Esta formación se encuentra frecuentemente dolomitizadas, sin embargo, se ha reconocido algunas facies margosas de color gris oscuras, facies mudstone bioturbadas o no, facies wackestone-packstone más o menos bioclásticas y con menos frecuencia facies grainstone con presencia de oolitos de bioclastos o granos de cuarzo. Varias de estas facies surgen con figuras de emersión (disolución), con presencia de brechas y figuras de estructuras, tipo slump.

El estudio de estas facies le ha permitido a Carlotto (1992), Carlotto et al., (1992), establecer, que las calizas del grupo Yuncaypata son pertenecientes a la plataforma carbonatada de poca profundidad. Los medios van de infratidal a intertidal, hasta emergentes. La deposición de sedimentos ha sido moderada por las variaciones eustáticas del mar.

▪ **FORMACION VILQUECHICO: CRETACICO SUPERIOR (Ks-vi)**

Esta formación está constituida por niveles de areniscas cuarzosas de grano fino, con una coloración gris blanquecina con intercalaciones de areniscas con color rojo violáceo y con niveles



pelíticos carbonosos con tonalidad oscura, limo areniscas, lutitas y limo arcillas, esta secuencia presenta un color rojizo con estratos de poco espesor de limo areniscas con tonalidad verde. Surgen en la provincia del Cusco, geo cronológicamente esta formación pertenece al Cretácico Superior.

### **3.2.4. CENOZOICO.**

#### **3.2.4.1. FORMACION MUÑANI**

Entrelazado y en llanura de inundación. En la parte media – superior tiene mayor potencia y está conformada por areniscas, microconglomerados con clastos volcánicos y cuarcíticos de un ambiente fluvial altamente entrelazados. La formación Muñani termina con facies arenopelíticas de llanura de inundación y canales divagantes. Las paleocorrientes nos indican que vienen de aportes del S y SO (fuente: INGEMMET). Descrita y estudiada por Córdova (1986), esta esencialmente constituida por areniscas feldespáticas, con intercalaciones de potencias de lutitas rojas. Esta formación se originó en un ambiente fluvial.

#### **3.2.4.2. FORMACION AUSANGATE.**

Pertenciente a la edad del Campaniano – Maastrichtiano, que fue asignada así por Carlotto (1999), Litológicamente está conformada por secuencias intercaladas de lutitas, limoareniscas, limolitas laminares, limoareniscas y limoarcillas con una estratificación laminar intercalada con estratos de poco espesor de areniscas arcósicas de grano fino a medio, en estratos tabulares con tonalidad rojo violáceo. La formación Ausangate descansa en discordancia erosional a la formación Acurquina al W infrayace en concordancia a depósitos cuaternarios. Esta formación esta agrupada en estructuras monoclinales locales (anticlinal, sinclinal) que tienen un ángulo pequeño en las estructuras, esta formación esta moderadamente fracturada.



### **3.2.4.3. FORMACION RUMICOLCA.**

Se le conoce también a la formación Rumicolca como un conjunto de cuerpos volcánicos de pequeña magnitud que afloran en la extensión del límite de la cordillera Oriental y las Altiplanicies. Esta formación se puede observar en el distrito de San Jerónimo hacia el NE, sector de Huaccoto, con una geoforma muy particular.

Consta de dacitas, traquitas y andesitas con abundante presencia de potasio, al igual que se observa shoshonitas que se detallaran posteriormente en el capítulo de rocas ígneas. A estas rocas se les considera en la edad Plio-Cuaternaria según sus criterios estratigráficos y dataciones radiométricas. (fuente: INGEMMET).

### **3.2.4.4. FORMACION SAN SEBASTIAN – PLEISTOCENO. (Q-sa)**

La formación San Sebastián fue definida por Gregory (1916), en la depresión del Cusco. En el cuadrángulo Urubamba se cartografiado a esta formación en la Pampa de Piuray – Maras, con la presencia también de la depresión de Anta. Esta formación presente una superficie bastante llana sobreyaciendo generalmente a la formación Chincheros.

#### **A) DEPOSITO ALUVIAL.**

Se ha considerado a los conos de deyección y a los conos aluviales, dentro de los depósitos aluviales. Estos conos van junto a las desembocaduras de las quebradas adyacentes al valle del río Vilcanota-Urubamba, de los ríos Lucumayo, Lares y Ocobamba (dentro del cuadrángulo de Urubamba) y los ríos Yanatile, Paucartambo y Kosñipata (dentro del cuadrángulo de Calca), como resultado de abrupto cambio de pendiente. Dentro de los conos sobresalen las quebradas de Pumahuanca, Calca, Chicon, Hualancay Y Yanahuara, que están compuestos por grandes bloques de curacitas, granitos, rocas volcánicas, etc. Contenidos dentro de una matriz areno-arcillosa.



## **B) DEPOSITO FLUVIO GLACIAR.**

Los depósitos fluvio glaciares tienen componentes como las gravas, arenas dentro de una matriz rocosa con materiales residuales no compactados. Este material es conducido por la quebrada de Cerosmayo y los ríos afluentes. Encima de este depósito se ubica la comunidad de Cuyo Grande. (fuente: INGEMMET).

### **3.2.4.5. FORMACION MUNI KIMMERIDGIANO – BERREIASIANO.**

Llamada anteriormente como formación Huambutio por Carlotto (1989), CARLOTTO et al., (1991) y (MENDÍVIL & DÁVILA, 1994), se observa en los entornos de Huambutio.

La formación Muni sobreyace en discordancia erosional al grupo Mítu (permo-triasico), surge en la parte norte de Oropesa, en los alrededores de Huambutio, Huayllabamba (Huancarani) y en Vilcabamba y Andahuaylillas. Esta formación fue dividida en tres niveles (Carlotto et al, 1991), y se les conoce como, miembro inferior, miembro medio y miembro superior.

La formación Muni que surge en la parte norte de Oropesa está constituida por conglomerados, areniscas feldespáticas y brechas, con tonalidad rojo violáceo, por lo que comúnmente se le puede confundir con el grupo Mítu, sin embargo, se observa claramente están menos compactadas y menos fracturadas, su espesor va desde los cero y ciento cincuenta metros, esta secuencia le corresponde al miembro inferior. El miembro medio estos compuestos por lutitas con tonalidad roja y con niveles de calizas de muy poco espesor, que pueden apreciarse en Huambutio-Huayllabamba y de la misma manera que las limolitas y areniscas rojas del miembro superior.

Los Miembros Inferior, Medio y Superior son correlacionables con las formaciones Chupa, Sipin y Muni del Altiplano sur del Perú.



**COLUMNA ESTRATIGRAFICA REGIONAL DEL CUSCO**

EON	ERA	PERIODO	SERIE	PISO / EDAD	UNIDAD LITOESTRATIGRAFICA				
Fanerozoico	Cenozoico	Cuaternario	Holoceno		Coluvial				
			Pleistoceno	Superior	Fm. Rumicolca				
				Medio	Fm. San Sebastian				
				Calabriano					
				Gelasiano					
		Plioceno	Piacenziano	Fm. Chincheros					
			Zancliano						
		Neogeno	Miceno	Mesniano	Fm. Paruro	Miembro I			
				Tortoniano		Miembro II			
				Serravaliano					
				Langhiano	Fm. Paccaritambo				
				Burdigaliano					
				Aquitraniano	Fm. Punacancha	Miembro IV			
						Miembro III			
		Oligoceno		Chatiano		Miembro II			
			Rupeliano		Miembro I				
	Eoceno	Paleogeno	Priaboniano	Grupo San Jeronimo	Fm. Soncco	Miembro inferior			
			Bartoniano			Miembro superior			
			Lutetiano		Fm. Kayra				
			Ypresiano						
	Paleoceno		Thanetiano	Series/Capas Rojas	Fm. Chilca				
			Selandiano		Fm. Quilque				
			Daniano						
	Superior	Cretacico	Maastrichtiano	Grupo Yuncaypata	Superior	Fm. Puquin	M3		
			Campaniano				M2	BM2	
			Santoniano				BM1		
			Coniaciano			M1			
			Turoniano			Fm. Ayabacas			
			Cenomaniaco			Fm. Maras			
			Albiano		Fm. Paucarbamba				
			Aptiano						
			Inferior		Neoceno	Barremiano	Fm. Huancane	Mb. Superior	
						Hauteriviano		Mb. inferior	
						Valangianiano		Mb. Superior	
						Berriasiano		Mb. Medio	
	Superior		Titoniano	Fm. Huambutio	Mb. inferior				
			Kimmeridgiano						
	Medio	Jurastico	Oxfordiano	Fm. Caycay					
			Calloviano						
			Bathoniano						
			Bajociano						
			Aaleniano						
	Inferior		Toarciano	Gr. Mitu	Fm. Pachatusan				
			Pleinsbachiano						
			Sinemuriano						
		Hettangiano							
Superior		Rhaetiano							

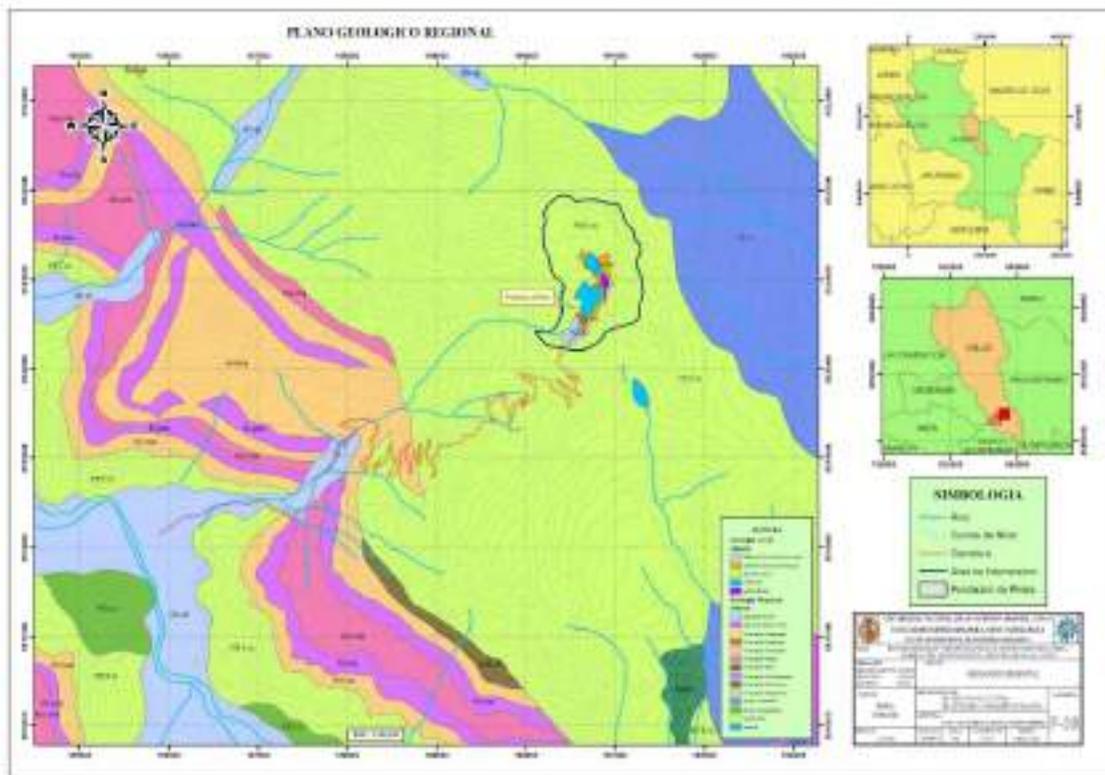


**“ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA  
MARHUAY DEL DISTRITO DE COYA, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO.”**



Paleozoico	Permico	Medio	Noriano	Fm. Pisaac		
			Carniano			
			Landiniano			
		Inferior	Anisiano			
			Olenekiano		Fm. Ene	
			Induano			
	Lopingiano	Changhsingiano				
	Guadalupiano	Wuchiapingiano				
		Capitaniano				
		Wordiano				
	Cisuraliano	Roadiano	Gr. Copacabana			
		Kunguriano				
		Artinskiano				
		Sakmario				
		Asseliano				
	Carbonifero	Pensilvaniano	Superior	Gzheliano	Unidad Superior Formacion Paucartambo	Fm. Ccatca
			Medio	Kasimoviano		
			Inferior	Moscoviano		
		Mississioiano	Superior	Bashkiriano		
			Medio	Serpuhoviano		
			Inferior	Viscano		
	Devonico	Superior	Tournaisiano	Fm. Ananea		
			Famenniano			
		Medio	Frasniano			
			Givetiano			
		Inferior	Eifeliano			
			Emsiano			
	Silurico	Pridoliano	Lochkoviano	Fm. Zapla	Secuencia 3	
		Ludloviano	Iudfordiano			
		Wenlockiano	Gorstiano			
Homeriano						
Sheinwoodiano						
Llandoveriano		Telvchiano	Secuencia 2			
		Aeroniano				
		Rhuddaniano				
	Hirnantiano	Sec. Superior (Fm. Sandia)				
Katiano						
Sandhiano						
Ordovicio	Superior	Darriwiliano	Sec. Inferior (Fm. San Jose)			
	Medio	Danniano				
	Inferior	Floiano				
Cambrico	Furongiano	Tremadociano	U Basal F. Veronica			
		Piso 10				
		Jianoshaniano				
	Serie 3	Paibiano				
		Guzhanniano				
		Drumiano				
	Serie 2	Piso 5		Serie Ollantaytambo		
		Piso 4				
		Piso 3				
	Terreneuviano	Piso 2				
Fortuniano						

*Tabla N° 08: Columna estratigráfica de la región del cusco. FUENTE: INGEMMET.*



*Plano N° 06: Plano Geológico Regional. FUENTE: Propio*



### **3.3. UNIDADES ESTRATIGRAFICAS LOCALES.**

El área del Proyecto donde se realizará la construcción de la represa de Marhuay, se identificaron las siguientes secuencias lito estratigráficas correspondientes a las formaciones Pachatusan y Pisac del Grupo Mitu, también, así como los depósitos glacio - aluviales del cuaternario que a continuación se describen.

#### **3.3.1. GRUPO MITU.**

En el permiano medio ocurre una emersión por efecto de la tectónica Tardiherciana, que da como resultado el retiro del mar. Posteriormente se desarrolla la deposición de una potente serie detrítica gruesa y volcánica continental del grupo Mitu.

Estas rocas son las que afloran en los alrededores de la laguna en su totalidad, y también ampliamente en el borde Sur de la Cordillera del Vilcanota, en Urubamba, Calca, Pisac, Huambutio. El Grupo Mitu sobreyace en discordancia al Grupo Copacabana, está conformada por las Formaciones Pachatusan y Pisac.

##### **3.3.1.1. FORMACION PISAC.**

Esta formación litológicamente consiste de rocas volcánicas, brechas y conglomerados intercalados con areniscas y limonitas rojas. Los conglomerados contienen clastos de caliza y cuarcitas, estas secuencias han sido interpretadas como conos aluviales. Esta formación infrayace a la formación Pachatusan, las rocas volcánicas sufren una alteración propilitica por encontrarse clorita, epidota y nódulos de calcita.



*Fotografía N° 08: Vista de afloramiento rocoso de la formación Pisac. FUENTE: Propia.*

### **3.3.1.2. FORMACION PACHATUSAN.**

Esta secuencia litológica corresponde al mesozoico inferior del triasico. Estratigráficamente esta unidad sobreyace en discordancia angular a la formación Pisac. Litológicamente está constituida por brechas, aglomerados, riolitas e ignimbritas se intercalan con rocas sedimentarias de textura granular, caracterizándose por su color rojo violáceo con presencia de venillas de calcita.

Para facilitar la interpretación y evitar la denominación de formaciones Pisac y Pachatusan, solo haremos mención como rocas pertenecientes al grupo Mitu.



*Fotografía N° 09: Vista de afloramiento de la formación Pachatusan. FUENTE: Propia.*

### **3.3.2. DEPOSITOS CUATERNARIOS.**

#### **3.3.2.1. DEPOSITOS GLACIO-ALUVIAL.**

Corresponden a los productos por la acción del hielo, meteorización y alteración por los agentes del agua y gravedad donde los clastos se presentan en forma caótica, se encuentra depositada en los alrededores de la laguna algunos escasos remanentes en el sector sur este de la laguna Marhuay. Se trata de gravas de granulometría mediana con un diámetro promedio de 5 cm. En algunos casos solo se observa bloques erráticos.

La naturaleza de los clastos son andesitas, riolitas, dacitas, brechas, areniscas y conglomerados de bordes subangulosos a angulosos con variada tonalidad de colores.



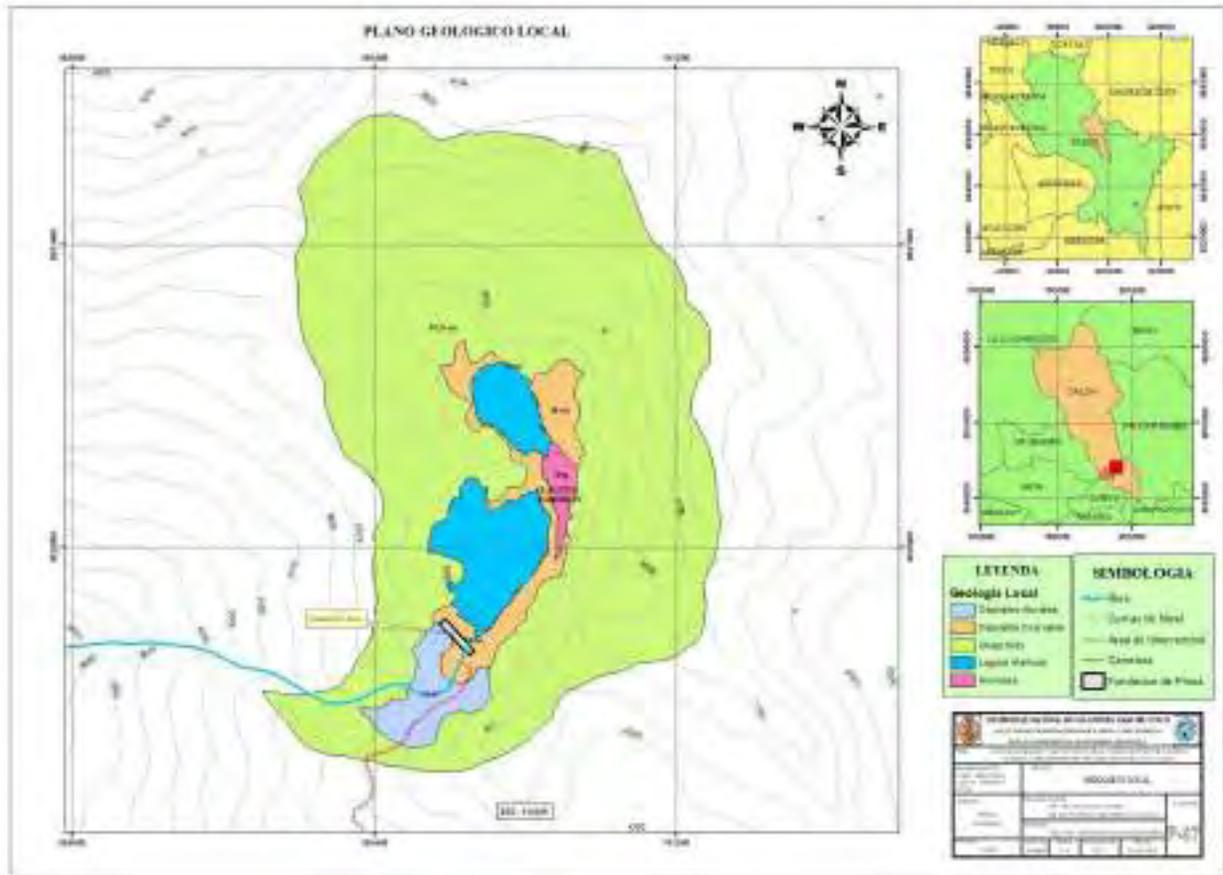
*Fotografía N° 10: Vista del depósito glacio-aluvial, que se encuentra al sur-este de la laguna Marhuay.  
FUENTE: Propia*

### 3.3.2.2. DEPOSITOS COLUVIO ALUVIALES.

Están constituidos por gravas y bloques angulosos producto de la alteración por intemperismo y gravedad en las rocas del grupo Mitu y que son acumulados en forma de conos y depósitos de pie de talud en los bordes de la Laguna Marhuay. Los fragmentos de rocas están englobados en una matriz areno limosa sin ningún grado de consolidación.



*Fotografía N° 11: Vista de los depósitos coluviales y grupo Mitu ubicado al nor-este de la laguna Marhuay.  
FUENTE: Propia*



Plano N° 07: Plano Geológico Local. FUENTE: Propio



COLUMNA ESTRATIGRAFICA LOCAL

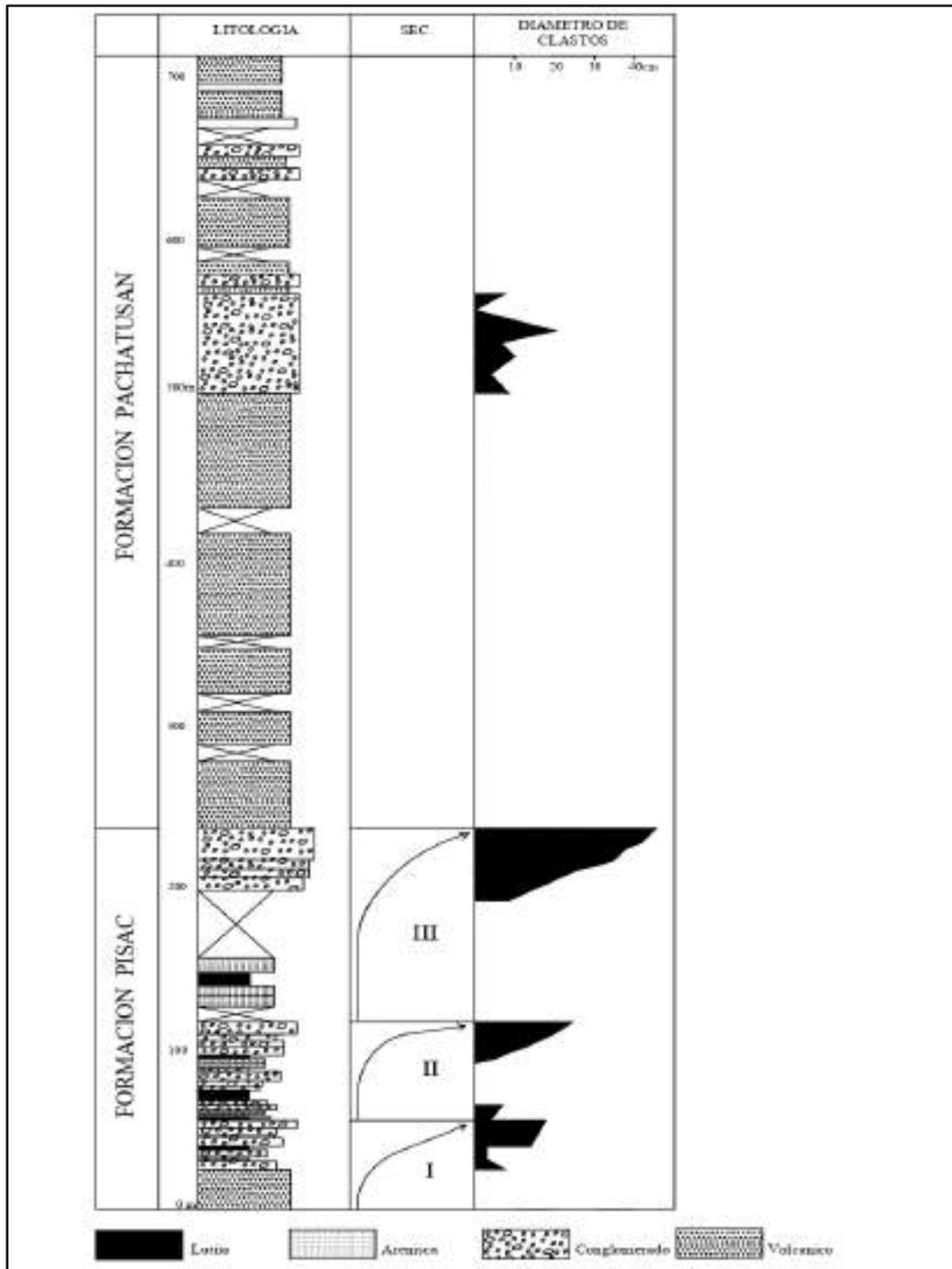


Tabla N° 09: Columna estratigráfica local de las formaciones Pisac y Pachatusan pertenecientes al grupo Mitu. FUENTE: INGEMMET.



## **CAPITULO IV: GEOLOGIA ESTRUCTURAL.**

### **4.1. GENERALIDADES.**

Toda la geología estructural tiene una relación con los análisis de actividades tectónicas que modifico los estratos de los sedimentos encontrados, considerando que es indispensable tener conocimiento sobre dichas deformaciones y las secuencias sedimentarias.

Mediante este epígrafe conoceremos de qué manera están dispuestas las formaciones geológicas para conocer en cuanto es la magnitud de cambio de las discontinuidades con respecto a la disposición de agua.

Todo el método técnico que se empleó para la toma de rumbos y buzamientos, efectuado en el campo mediante el manejo de la brújula Brunton y efectuando la regla de la mano derecha, puesto que los diferentes programas tácitamente, procesan la data de información con el método de la mano derecha.

### **4.2. GEOLOGIA ESTRUCTURAL REGIONAL.**

Todo el realce de la región del Cusco se debe a los consecutivos ciclos orogénicos mediante el paso del tiempo, incluyendo en ellas diferentes etapas de sedimentación, deformación, levantamientos y por último la erosión.

La tectónica tardiherciniana que va desde Vilcabamba del Cusco hasta el centro del Perú, se distingue por un alzamiento de bloque en toda la longitud de las fallas de rumbo con dirección nor-oeste sur-este, las que iniciaron las formaciones de fosas y pilares tectónicos, por ende, el apartamiento de los mares, donde fue consecutivamente la erosión que produjo el almacenamiento de la asociación de rocas sedimentarias clásticas de origen terrestre y marino (grupo Mitu)

Por lo tanto, a nivel regional la presencia de discontinuidades que exhiben las unidades geológicas que existen en las comunidades del ámbito de trabajo, están vinculados al anticlinal del



Vilcanota perteneciente a la fase tectónica inca. Esto produjo que las formaciones geológicas se manifiesten de un procedimiento intercalado en unidades por medio de contactos de fallamientos.

#### **4.2.1. PLIEGUES REGIONALES.**

##### **4.2.1.1. ANTICLINAL DEL VILCANOTA.**

El eje del anticlinal tiene una dirección que va de nor-oeste a sur-este, la misma que está integrada por las secuencias paleozoicas mesozoicas en donde esta estructura figura en gran parte de la zona con un abrupto relieve en la cordillera oriental por lo tanto establece el extremo terminal de la sedimentación del grupo San Jerónimo.

##### **4.2.1.2. ANTICLINAL DE COLQUEPATA.**

Este plegamiento anticlinal va con una dirección de nor-oeste a sur-este, semejante al plegamiento anticlinal de Paucartambo, que está formado en el cimientado por rocas de la formación San José y revestidas por la formación Paucartambo que se encuentran en el cuadrángulo de Calca.

##### **4.2.1.3. ANTICLINAL DE PAUCARTAMBO.**

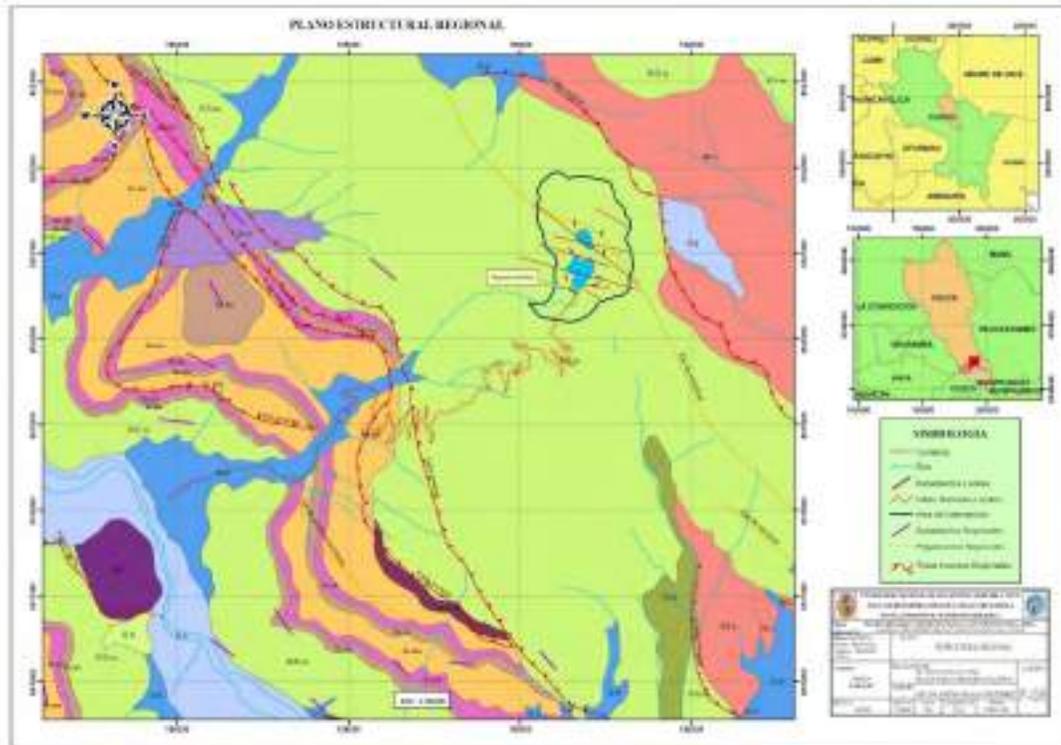
Este plegamiento anticlinal va con dirección de nor-oeste a sur-este, cuyo núcleo está establecido por la formación Sandia y los costados por la formación Paucartambo, donde descansa en discordancia al Ordovícico.

#### **4.2.2. FALLAMIENTOS REGIONALES.**

Todo el sistema de fallamientos comprende una franja con una extensión de más de 250 kilómetros de largo atravesando más o menos a 8 kilómetros en la parte norte de la ciudad del Cusco, llevando el nombre de sistema de fallas del Cusco que abarcan diferentes fallas tectónicas, dentro de ellos podemos mencionar a la falla Chinchero, Tambomachay, Urcos, Zurite, Pachatusan y Qoricocha.



Este sistema de fallamientos activos en la región del Cusco se caracteriza por tener una zona angosta de 10 km y más de 200 km de largo con direccionamientos que se diferencian entre NO-SE y E-O. Por lo tanto, estas fallas están señaladas en algunas zonas por tener una presencia de escarpas considerables que corta la superficie terrestre.



*Plano N° 08: Plano Estructural Regional. FUENTE: Propio*



### 4.3. GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL.

#### 4.3.1. FALLAS.

En la zona de estudio se constituyen un sistema de fallamientos normales.

##### 4.3.1.1. FALLAS MARHUAY.

De hecho, al norte de la fundación proyectada de la presa Marhuay, existen fallas normales con una alta inclinación de las estratificaciones que conforma un anticlinal y con varias fallas visibles en el cerro Hatunsayaccasa que tiene una orientación principal NE-SW. Los cuales tienen los estratos de dichas fallas las siguientes direcciones.

SISTEMA DE FALLAS	RUMBO	BUZAMIENTO
Falla 01	N40°E	59°NW
Falla 02	N55°E	18°NW
Falla 03	N40°E	17°NW
Falla 04	N40°E	20°NW
Falla 05	N40°E	15°NW
Falla 06	N40°E	22°NW

*Tabla N° 10: fallamientos normales en la zona de estudio. FUENTE: Propio.*



*Fotografía N° 12: Vista del sistema de fallas cuya orientación principal es NE-SW en el cerro Hatunsayaccasa. FUENTE: Propio.*

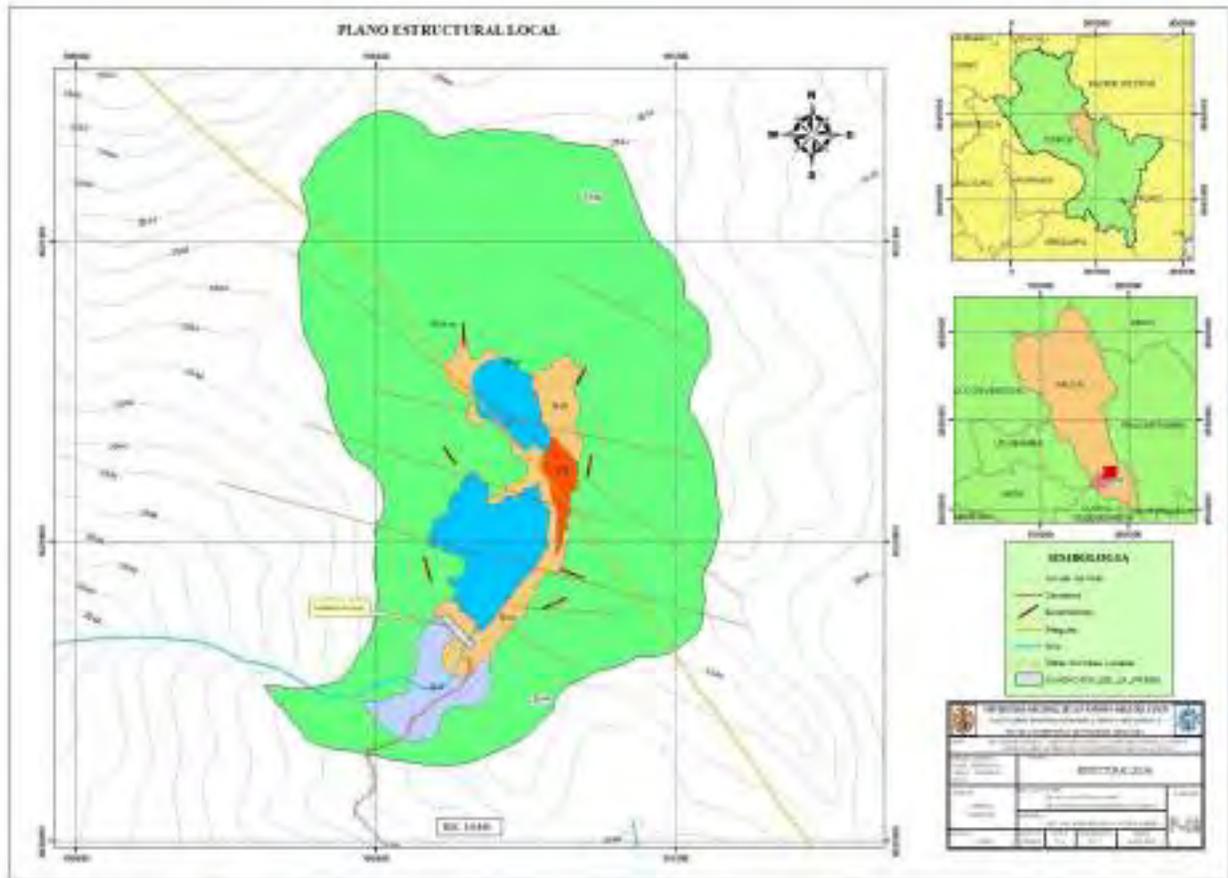


#### 4.3.2. DIACLASAS Y FRACTURAS.

El diaclasamiento y fracturamiento de los macizos rocosos aparecen en la superficie de la formación Pachatusan dentro del grupo Mitu, que son rocas sedimentarias, con formaciones por procesos de evolución tectónica, que se ha sometido a la microcuencia, provocando una propagación de sistemas de fallas por fracturamiento de la corteza.



*Fotografía N° 13: Vista de sistema de fracturamiento en macizo rocoso del grupo Mitu. FUENTE: Propia.*



*Plano N° 09: Plano Estructural Local. FUENTE: Propio*



#### 4.3.3. LA INFLUENCIA TECTONICA EN LA ZONA DE ESTUDIO.

El proceso tectónico afecto a las rocas sedimentarias y volcánicas con sistemas de fracturamiento y fallamiento.

La fuerte inclinación de los estratos que conforma un anticlinal y con fallas bastante evidentes en el cerro Hatunsayaccasa que tiene una orientación principal NE- SW, es una muestra del tectonismo que afecto esta zona, que, sin embargo, no tiene incidencia en la construcción de la infraestructura hidráulica proyectada, dado que estas han sido activas durante el levantamiento de los andes y en la actualidad son solamente referencias para determinar el grado de fracturamiento de este macizo rocoso.



**Fotografía N° 14:** Vista de una fuerte inclinación de los estratos con evidente fallamiento normal con dirección de NE-SO ubicado en el cerro Hatunsayaccasa. FUENTE: Propia.



## CAPITULO V: GEOFISICA.

### 5.1. GENERALIDADES.

La presente prospección geofísica se realizó con el fin de tener el conocimiento indirecto de la naturaleza litológica del subsuelo. Para conseguir tal objetivo se aplicó el método geoeléctrico de resistividades en su variante de sondaje eléctrico vertical.

Previamente al inicio de los trabajos se realizó un reconocimiento de campo a fin de definir las ubicaciones y orientación de cada uno de los sondajes eléctricos verticales.

### 5.2. PROSPECCION GEOFISICA.

La hidrogeológicas, se ejecuta con el fin de conocer las características del subsuelo, tanto su naturaleza y estructura, es decir, se determina la litología de sus diferentes capas, así como sus respectivas resistividades y espesores.

Esta información se relaciona con el marco geológico de las zonas en estudio, dando como resultado el conocimiento indirecto de la naturaleza del subsuelo.

Con el objetivo de determinar zonas de saturación de aguas o niveles acuíferos se han solicitado la realización de estudios geofísicos de sondaje eléctrico vertical que han sido interpretados en secciones geofísicas, por el especialista, el mismo que se extracta textualmente.

#### 5.2.1. OBJETIVOS DE LA PROSPECCION.

El objetivo del estudio es determinar la presencia de diversos horizontes geoeléctricos a lo largo de secciones y dentro de ello determinar lo siguiente:

- Litología del subsuelo.
- Espesor del relleno de cobertura aluvial.
- Resistividad y espesor de los diferentes horizontes geoeléctricos.
- Horizontes acuíferos.



- Permeabilidad de los estratos en términos cualitativos.
- Profundidad del basamento rocoso.

### 5.2.2. METODO DE SONDEO ELECTRICO VERTICAL, SEV.

El método aplicado fue de Resistividad en su variante de Sondeo Eléctrico Vertical (SEV) con la configuración Schlumberger.

#### 5.2.2.1. FUNDAMENTO DEL METODO.

Los métodos eléctricos de corriente continua son los más utilizados en la investigación de aguas subterráneas: constituyen un apoyo muy eficiente para el geólogo.

El agua contenida en las capas del subsuelo tiene suficientes sales para asegurar la conducción de la corriente eléctrica aplicada al suelo; la medida de la resistividad eléctrica refleja la aptitud de los terrenos a permitir el paso de la corriente en relación con la presencia del agua.

Hay tres factores principales que influyen directamente sobre la resistividad de un terreno:

- **La porosidad de la roca:** a mayor porosidad, ya sea intrínseca o de fractura, menor resistividad.
- **La resistividad del agua:** a menor resistividad del agua (más salada), menor resistividad de la roca.
- **La arcillosidad del terreno:** a mayor arcillosidad, menor resistividad. Una arcilla que constituye un terreno impermeable tiene mucha agua intersticial que hace bajar la resistividad de la roca, pero que no produce caudal.

#### 5.2.2.2. CONFIGURACION DE SCHLUMBERGER.

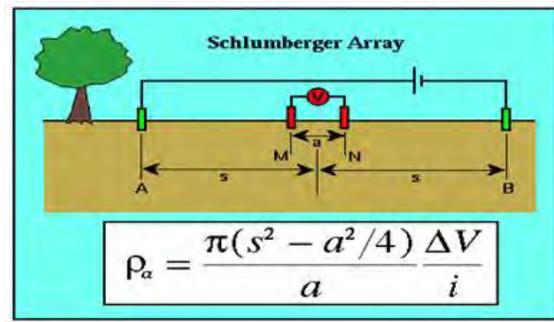
El sondeo eléctrico vertical permite conocer la distribución de las diferentes capas geoelectricas. Es decir, permite determinar la resistividad del subsuelo con la profundidad, haciendo mediciones a lo largo de una línea dada en incrementos crecientes de distancia entre los electrodos



de emisión o de corriente A y B y luego midiendo la diferencia de potencial producido por el campo eléctrico así formado, entre otro par de electrodos llamados electrodos de recepción o de potencial M y N.

La configuración simétrica de Schlumberger, emplea 4 electrodos, pero en este caso la separación entre los electrodos centrales o de potencial M y N (a) se mantiene constante, y las mediciones se realizan variando la distancia de los electrodos exteriores o también llamados electrodos de emisión de corriente A y B, a partir de los electrodos interiores, a distancia múltiplos (na) de la separación base de los electrodos internos.

La configuración de este método de medición se muestra en la figura 03.



*Figura N° 03: Esquema del método de resistividad eléctrica. FUENTE: Método de Wenner.*

Donde:

Pa : Resistividad Aparente (ohmio-metro).

DV : Diferencia de potencial (Voltio).

I : Intensidad de corriente (Amperios).

K : Coeficiente geométrico.

AB : Electrodos de corriente.

MN : Electrodos de potencial.



El método de Schlumberger es de gran utilidad cuando se requieren conocer las resistividades de capas más profundas, sin necesidad de realizar muchas mediciones como con el método Wenner.

**5.2.3. TRABAJO DE CAMPO.**

Los trabajos de campo, consistió en la ejecución de sondajes eléctricos verticales, distribuido en 2 secciones geoelectricas.

Durante la adquisición de datos se revisaron continuamente los datos de campo con el fin de corregir y/o evitar cualquier problema causado por corrientes telúricas, heterogeneidad del terreno, variaciones laterales, anisotropía del medio y polarización de los electrodos, con la finalidad de garantizar una adecuada adquisición de datos.

En el cuadro siguiente se muestran las coordenadas de los sondajes eléctricos ejecutados.

<b>N° DE SEV</b>	<b>ESTE</b>	<b>NORTE</b>
SEV 01	0190511	8520566
SEV 02	0196270	8510546

*Tabla N° 11: Coordenadas de los sondajes eléctricos en la zona de estudio. FUENTE: Geo Cusco E.I.R.L.*

**5.2.3.1. EQUIPO UTILIZADO.**

Para la ejecución de los Sondajes Eléctricos Verticales, se utilizó un equipo denominado Milivoltmetro de corriente continua, cuyas características técnicas son las siguientes:

- Modelo DDC – 2B
- 08 escalas para la medición de potencial: 0-1-3-10-30-300-1000-2000 milivoltios.
- 06 escalas para la medición de la corriente: 0-10-30-100-300-3000 miliamperios.
- La corriente máxima permisible del interruptor de control de suministro está limitada a 3,000 miliamperios.



- Precisión de medidas de 0 a 3 milivoltios no mayor de más menos 3 % y de 0 a 10 milivoltios no mayor de más menos 1,5 %.
- La impedancia de entrada no es menor que 8 Megohmios para todos los rangos de medición.
- El instrumento está equipado con un compensador de polarización continua, de 03 grados, grueso, mediano y fino. El rango de compensación máxima es de más menos 450 milivoltios.
- El instrumento está equipado con un interruptor de control de suministro, con una capacidad de control de 1,2 Kwatt (3 amperios- 400 voltios).
- El instrumento está equipado con regulador cero para facilitar el ajuste cero en la medición.
- Fuente de alimentación de energía eléctrica que va en el interior del equipo, compuesto por 11 pilas secas de 1.5 Voltios y de tamaño mediano.
- Accesorios complementarios: 02 Carretes con cable eléctrico de 500 m c/u. 02 Juegos de electrodos de cobre y acero. Cables eléctricos de 7 m, 15 m, 50 m, 150 m. Multitester digital.

#### **5.2.4. TRABAJO DE GABINETE.**

Los sondeos eléctricos verticales tipo Schlumberger (SEV) se interpretaron utilizando el programa WINSEV, desarrollado por GEOSOFT Ltd., WINSEV es un programa de modelamiento directo e inverso para la interpretación de modelos de tierra estratificada.

El modelamiento directo permite el cálculo de una curva sintética de sondeo de resistividad para modelar hasta 10 capas. Las curvas de resistividad son calculadas usando filtros lineales descrita por Davis et al (1980). Asimismo, el modelamiento inverso permite la estimación del modelo de tierra estratificada directamente a partir de la curva de datos, usando un método similar al empleado por Koefoed (1976). Este modelamiento desarrolla un esquema de modelo de “mejor” ajuste a los datos según mínimos cuadrados usando una regresión ridge (Inman, 1975) con fines de mejorar el ajuste de los parámetros del modelo inicial de manera iterativa.



### 5.3. RESULTADOS DE LA PROSPECCION GEOFISICA.

Con los resultados numéricos producto de la interpretación cuantitativa de los sondajes eléctricos, se confeccionaron 02 secciones geoeléctricas en el eje de presa proyectado de la laguna Marhuay, sus resultados se muestran en los cuadros siguientes:

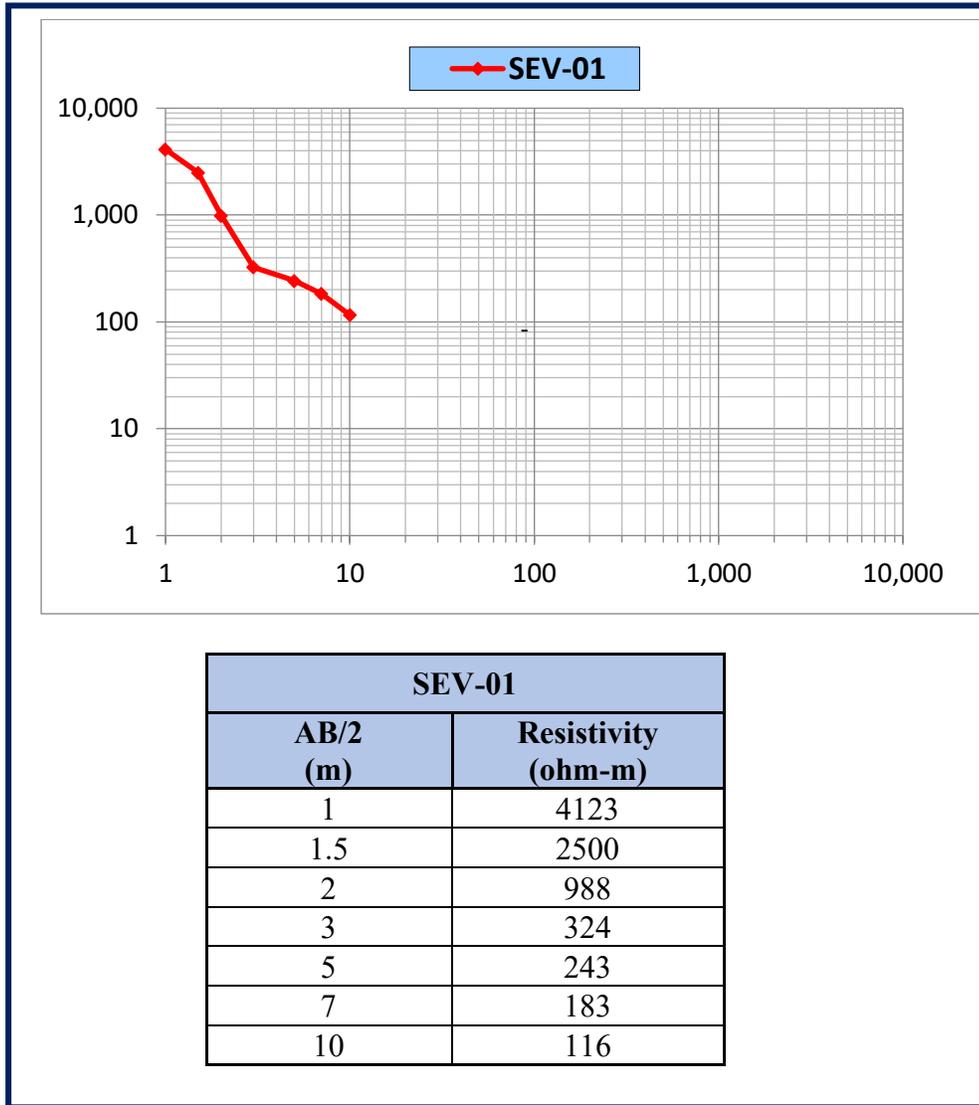


Figura N° 04: Resultados de la interpretación cuantitativa del primer sondaje eléctrico. FUENTE: Geo Cusco E.I.R.L.

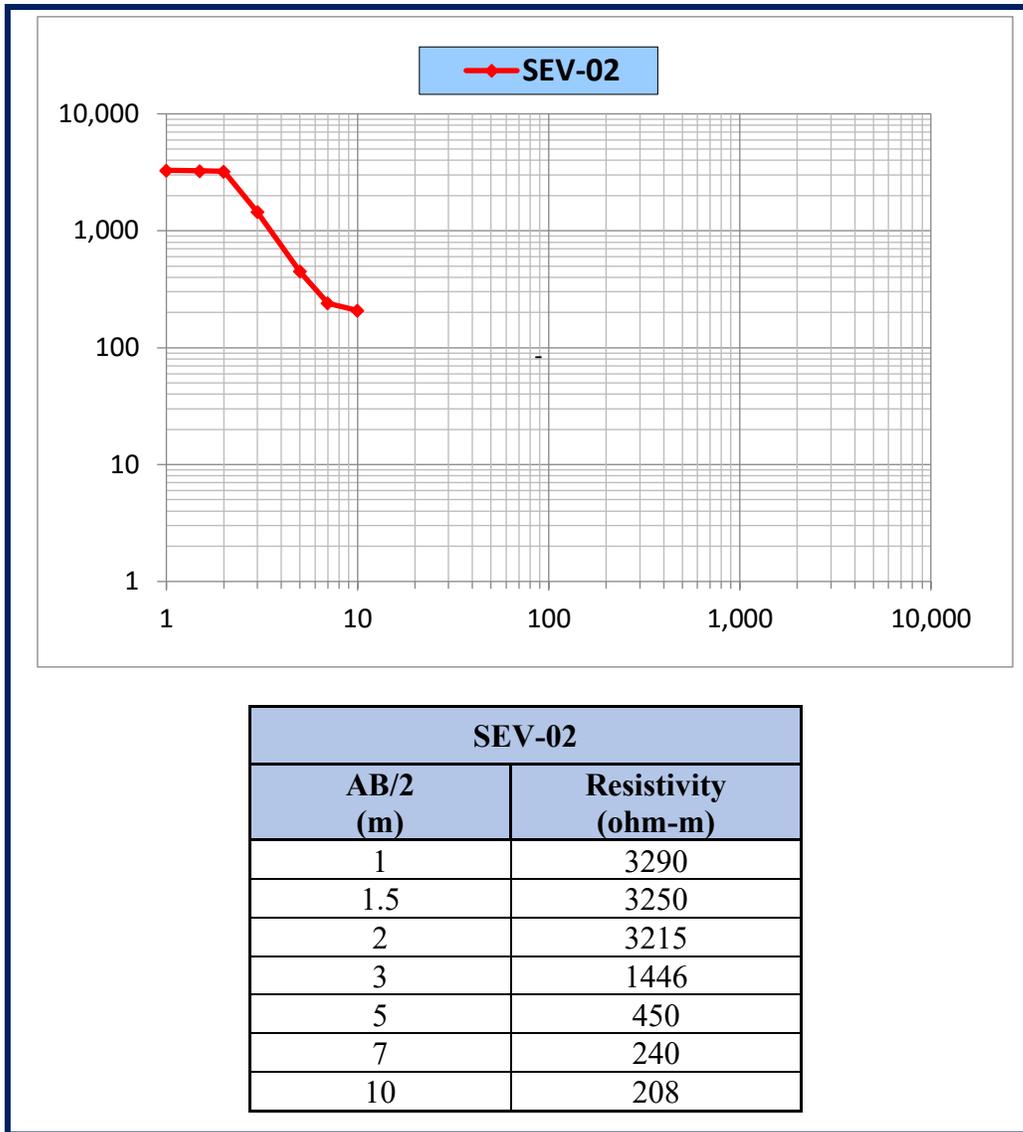


Figura N° 05: Resultados de la interpretación cuantitativa del segundo sondaje eléctrico. FUENTE: Geo Cusco E.I.R.L.

SONDAJE	HORIZONTAL	R 1	R 2	R 3
SEV - 01	$\rho(\Omega\text{-m})$	2500	5200	150
	E (m)	0.6	0.5	X
	$\Sigma$ (m)	0.6	1.1	X
SEV - 02	$\rho(\Omega\text{-m})$	2800	5000	200
	E (m)	0.9	0.9	X
	$\Sigma$ (m)	0.9	1.8	X

Tabla N° 12: Resultados de interpretación de sondajes eléctricos de eje de presa de la laguna Marhuay. FUENTE: Geo Cusco E.I.R.L.

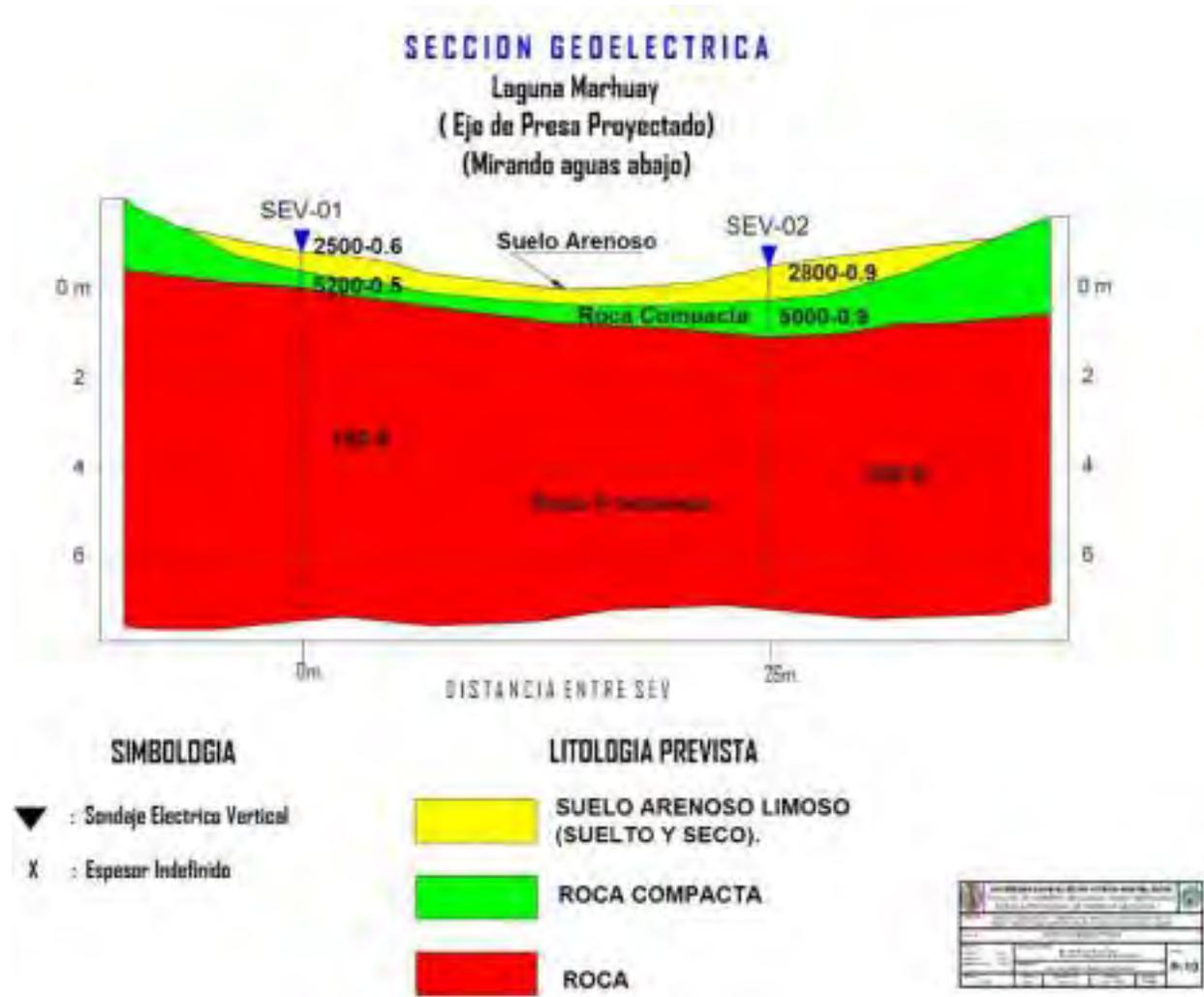


### 5.3.1. SECCION GEOELECTRICA EN EJE DE PRESA MARHUAY.

Con el objetivo de determinar zonas de saturación de aguas o niveles acuíferos se han solicitado la realización de estudios geofísicos de sondaje eléctrico vertical que han sido interpretados en secciones geofísicas, por el especialista, el mismo que se extracta textualmente.

Construida mirando aguas abajo de la laguna Marhuay. En la sección se observa que se ha identificado 03 horizontes geoeléctricos:

- **Horizonte Superior:** con resistividad de 2500 y 2800 ohm-m., que se relaciona a suelo de cobertura superficial en estado seco a húmedo. Su espesor varía entre 0.6m y 0.9m.
- **Horizonte Intermedio:** presenta resistividades de 5000 y 5200 ohm-m asociado a la estructura rocosa que por sus valores resistivos debe encontrarse en estado compacto. Su espesor varía entre 0.5m y 0.9m.
- **Horizonte Inferior:** se ubica subyaciendo al horizonte intermedio, con resistividades de 150 y 200 ohm-m., relacionado a otro tipo de roca probablemente un tufo volcánico o tobas. Su espesor es indefinido.



Plano N° 10: Sección del eje de la presa proyectada, mirando aguas abajo. FUENTE: Geo Cusco E.I.R.L.



**Primer resultado:** El análisis e interpretación cuantitativa de los sondajes eléctricos dio como resultado condiciones prospectivas del subsuelo favorables para el diseño constructivo de presas. Dado que en el eje prospectado la roca ha sido identificada a poca profundidad.

**Segundo resultado:** Los suelos de cobertura superficial se encuentran en estado húmedo seguido de saturación de agua en materiales principalmente de granulometría heterogénea como: limos, arcillas y arenas, debiendo ser su permeabilidad en general de media a baja.

**Tercer resultado:** Subyaciendo al suelo cobertura se localiza la roca que por sus valores resistivos se encontraría en estado compacto, comportándose como el basamento impermeable o base de los rellenos cuaternarios.

**Cuarto resultado:** Estructuralmente, no se ha identificado anomalías como: fallas geológicas, diaclasamientos, sobreescurrecimientos, etc. que puedan afectar o hacer colapsar las estructuras de las presas proyectadas.



## CAPITULO VI: HIDROLOGIA.

### 6.1. PARAMETROS METEOROLOGICOS.

#### 6.1.1. CLIMA.

En la zona de estudio, el clima que se presenta corresponde a la región puna, según al geógrafo peruano Javier Pulgar Vidal, ya que el área de estudio se extiende entre los 4300 y 4600 msnm. Las estaciones que registran este parámetro, se encuentran ubicadas en la cuenca del río Vilcanota y pertenecen a la red de estaciones meteorológicas del SENAMHI. De acuerdo al diagrama climático u ombrotérmico de la zona, las precipitaciones muestran una tendencia estacional definida por un período lluvioso (diciembre-abril) 70%, el mes más lluvioso es enero y un período seco (mayo-noviembre) 30%, donde el mes más seco es junio, La precipitación promedio anual en esta zona de acuerdo a la extensión de registros varía desde los 990 mm a 1070 mm, la temperatura media que se encuentra es de 13.3 °C, teniendo una temperatura mínima de 4.5 °C y una temperatura máxima de 19 °C en promedio.

#### 6.1.2. TEMPERATURA.

El objetivo principal es poder calcular las temperaturas, media anual, media mensual, mínimas, máximas medias mensuales, fueron evaluadas por medio del análisis correlacional regional que existe entre la altitud de cada estación y por ende su temperatura que se registró en las mismas, procediendo de la siguiente ecuación:

$$Y = a + bx \text{ (ecuacion lineal)}$$

$$T = a + b * H \text{ (ecuacion de la temperatura)}$$

Se realizo el cálculo para la regresión lineal (donde Y /X)

$$a = Y - bx$$

$$b = \frac{\sum XY - n\bar{X}\bar{Y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$



Mediante la formula se obtiene el coeficiente de correlación:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (Xi - X)(Yi - y)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Xi - X)^2 \sum_{i=1}^n (Yi - Y)^2}}$$

En donde verificándose que:  $-1 \leq r \leq 1$

Por lo tanto, se tiene que:

**La temperatura media es:**

$$T. \text{ Med.} = 31.25 + (-0.00575 * 4312.15)$$

$$T. \text{ Med.} = 6.46 \text{ } ^\circ\text{C}$$

**La temperatura máxima es:**

$$T. \text{ Max.} = 38.44 + (-0.00563 * 4312.15)$$

$$T. \text{ Max.} = 14.16 \text{ } ^\circ\text{C}$$

**La temperatura mínima:**

$$T. \text{ Min.} = 27.47 + (-0.00612 * 4312.15)$$

$$T. \text{ Min.} = - 1.08 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### **6.1.3. HUMEDAD RELATIVA.**

En el siguiente punto, se toma en cuenta los términos frecuentes en donde podemos ver que existe una disminución de la humedad relativa entre los meses que van desde mayo hasta setiembre, entonces esta humedad se acerca juntamente al de las temperaturas medias. Por lo tanto, sus valores mensuales, se observan en la estación climatológica de Pisac, donde se puede ver que el módulo medio anual es de 68.8 % en el periodo comprendido del 1996 al 2006.

Así mismo su valor mínimo es de 64.1% en el mes de agosto y el máximo valor es de 75.2% en marzo.



ESTACION PISAC	ALTITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM
Humedad relativa (%)	2990	74.1	74.5	75.2	72.3	69.7	64.7	65.3	64.1	64.2	64.5	65.6	71.4	68.8

*Tabla N° 13: Se muestran datos de humedad relativa para cada mes según la estación meteorológica de Pisac.  
FUENTE: Propia.*

## 6.2. CALCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA EN EPOCAS DE LLUVIA.

Para calcular volúmenes anuales de escorrentía, se utilizó la Fórmula Racional; en la práctica da buenos resultados cuando se trata de pequeñas cuencas, aproximadamente si no exceden a 5.0km<sup>2</sup>. La precipitación utilizada es la total anual al 75% de probabilidad.

Los volúmenes de almacenamiento producto de la escorrentía serán para los seis meses de lluvia (Noviembre – Abril).

La fórmula modificada es:

$$V = 1000 \times C \times P \times A$$

Donde:

V: Volumen de agua de escorrentía (m<sup>3</sup>)

C: Coeficiente de escorrentía

P: Precipitación total anual media (mm)

A: Área de la cuenca (Km<sup>2</sup>)

### 6.2.1. PRECIPITACION.

#### 6.2.1.1. INFORMACION HIDROMETEOROLOGICA.

La información empleada en el presente estudio, se encuentran ubicadas dentro del ámbito de la cuenca en estudio, como las cuencas vecinas; y provienen de las oficinas del Servicio Nacional de Meteorología e hidrología (SENAMHI).



Registrando parámetros meteorológicos como la temperatura máxima, media y mínima, la precipitación, humedad relativa, horas de sol, entre otras. Para nuestra zona de estudio se utilizarán las siguientes estaciones meteorológicas:

ESTACION	UBICACION			LATITUD	LONGITUD	ALTURA
	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO			
Pisac	Cusco	Calca	Pisac	13°25'10.2"	71°51'3.1"	2990 msnm
Colquepata	Cusco	Paucartambo	Colquepata	13°21'47.27"	71°40'24.1"	3696 msnm
Kayra	Cusco	Cusco	San Jerónimo	13°33'24.29"	71°52'30.61"	3214 msnm

*Tabla N° 14: Se muestran estaciones meteorológicas que se empleó para el estudio. FUENTE: Propia.*

#### **6.2.1.2. ANALISIS DE PRECIPITACION.**

Para el análisis de la precipitación se empleó las estaciones que se encuentran dentro del ámbito de estudio y algunas que rodean a la microcuenca en estudio.

Para la utilización de los registros de precipitación, previamente se tuvo que realizar un análisis de consistencia y completación.

#### **6.2.1.3. ANALISIS REGIONAL DE PRECIPITACION.**

Se busca una ecuación de regresión para regionalizar datos pluviométricos. Según una primera estimación, a base del gráfico de los datos básicos, se supone que existe una relación estocástica entre la elevación y el cuadro de la lámina de la lluvia.

#### **6.2.1.4. DATOS BASICOS.**

Las fórmulas empleadas se muestran a continuación:



ESTACION	ALTITUD MEDIA	PRECIPITACION MEDIA ANUAL	ECUACION DE REGRESION $P^2 = B_0 + B_1 \times H$				Precipitación media anual corregida. (mm)
			$X^2$	$Y^2$	$YX^2$	$Y^4$	
Kayra	3,219.00	666.16	1.04E+07	4.44E+05	1.43E+09	1.97E+11	686.81
Colquepata	3,042.00	624.81	9.25E+06	3.90E+05	1.19E+09	1.52E+11	602.17
Pisac	2,950.00	558.77	8.70E+06	3.12E+05	9.21E+08	9.75E+10	553.09
SUMA	9211.00	1849.74	2.84E+07	1.15E+06	3.54E+09	4.47E+11	1842.07
NUMERO	3	3	3	3	3	3	3
PROMEDIO	3,070.33	616.58	9.45E+06	3.82E+05	1.18E+09	1.49E+11	614.02

*Tabla N° 15: Se muestran formulas empleadas con respecto a ecuación de regresión para el estudio. FUENTE: Propia.*

FORMULA:

$$S_{11} = \sum X_1^2 - n \times \bar{X}^2$$

$$S_{12} = \sum X_1 \times X_2 - n \times \bar{X}_1 \bar{X}_2$$

$$S_{22} = \sum X_2^2 - n \times \bar{X}_2^2$$

$$b_1 = \frac{S_{12}}{S_{11}}$$

$$b_0 = \bar{X}_2 - b_1 \bar{X}_1$$

$$P^2 = b_0 H + b_1$$

$$r = \frac{S_{12}}{(S_{11} S_{22})^{1/2}}$$

$$P = (768.04 \times H - 2180408.66)^{1/2}$$

En donde:

P: precipitación.

H: altitud en msnm.

R: coeficiente de correlación.



**6.2.2. COEFICIENTE DE ESCURRIMEINTO.**

El modelo hídrico utilizado, permite incorporar el papel que juega la vegetación y las prácticas de uso del suelo en la escorrentía e infiltración repercutiendo por lo tanto en la generación de agua; por lo que se realizó la evaluación de la escorrentía utilizando varios criterios, como se muestra en la siguiente tabla.

**CALCULO DEL COEFICIENTE DE ESCORRENTIA – FORMULA RACIONAL:**

- **CRITERIO 01:** según el tiempo de duración de la lluvia.

EXPRESIONES MATEMATICAS DE HOAD:

$$C = 0.5t / (t + 15)$$

$$C = 0.5 \times 36.2 / (36.2 + 15)$$

$$C = 18.1 / 51.2$$

$$C = 0.35$$

1	$C = t / (t - 8)$	Para áreas impermeables
2	$C = 0.5t / (t + 15)$	Para áreas semi - impermeables
3	$C = 0.3t / (t + 20)$	Para áreas permeables arenosas
Donde:		
VARIABLE/CUENCA		Marhuay
T = tiempo de duración de la lluvia (min)		36.2
C		0.35

*Tabla N° 16: Se muestran el tiempo según la duración de las lluvias. FUENTE: Expresiones matemáticas de HOAD.*

- **CRITERIO 02:** según el periodo de retorno y las características de la superficie.

Características de la superficie	PERIODO DE RRETORNO EN AÑOS						
	2	5	10	25	50	100	500
Pastizales							
Plano, 0-2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
Promedio, 2-7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
Pendiente, superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
CUENCA (C) =	0.60						

*Tabla N° 17: Se muestran el periodo de retorno y sus características de superficie. FUENTE: Hidrología aplicada – Ven te Chow – Maidment – Mays.*



- **CRITERIO 03:** según la naturaleza de la superficie y la topografía.

Naturaleza de la superficie	TOPOGRAFÍA	
	Ondulada 5-10%	Inclinada 10-30%
Cultivo en general	0.60	0.72
Cultivo en pastos	0.36	0.42
Cultivo en bosques	0.18	0.21
Áreas desnudas	0.80	0.90
C =	0.42	

*Tabla N° 18: Se muestran la naturaleza de la superficie y la topografía. FUENTE: riesgos y avenamientos – Enrique Blair.*

- **CRITERIO 04:** fórmula de JUSTIN.

$$Fs = 0.183 \times S^{0.155} \times \left( \frac{R^2}{160 + 9T} \right)$$

$$Ce = \frac{Fs \times 100}{R}$$

VARIABLE/CUENCA	Valores
S = Pendiente de la cuenca.	0.2
R = Promedio anual de precipitación (mm)	867.5
T = Temperatura media anual en °C	4.8
Fs = Factor de escorrentía (mm)	534.6
Ce = Coeficiente de escorrentía %	0.62

*Tabla N° 19: Se muestran las variables de las cuencas con sus valores respectivos. FUENTE: Formulas de JUSTIN.*

- **CRITERIO 05:** Fórmula de TURC.

$$L = 300 + 25 \times T + 0.05 \times T^3$$

$$Ce = \frac{(P - D) \times 100}{P}$$

$$D = P \times \left[ 0.9 + \frac{P^2}{L^2} \right]^{-1/2}$$

VARIABLE/CUENCA	Valores
T = Temperatura	4.8
P = Precipitación total anual (mm/año)	811.4
L = Coeficiente de temperatura	426.4
D = Déficit de escurrimiento (mm/año)	386.4
Ce = Coeficiente de escorrentía (%)	0.55

*Tabla N° 20: Se muestran las variables de las cuencas con sus valores respectivos. FUENTE: Formulas de TURC.*



COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA DE LA MICROCUENCA MARHUAY	
CRITERIO/CUENCA	VALORES
Criterio 1	0.35
Criterio 2	0.60
Criterio 3	0.42
Criterio 4	0.62
Criterio 5	0.55
“C” PROMEDIO (%)	0.39

*Tabla N° 21: Se muestran los coeficientes de escorrentía realizadas para la microcuenca de la laguna Marhuay. FUENTE: Propia.*

### 6.2.3. CUADROS DE ANALISIS DE REGIONALIZACION DE LA PRECIPITACION.

En el siguiente cuadro se muestra el análisis de regionalización de la precipitación por área de escurrimiento del ecosistema lacustre.

#### ANALISIS REGIONAL DE LA PRECIPITACION LAGUNA MARHUAY - SITUACION ACTUAL.

ESTACION	ALTITUD MEDIA	PRECIPITACION MEDIA ANUAL	ECUACION DE REGRESION $P^2 = B_0 + B_1 \times H$				Precipitación media anual corregida. (mm)
			X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	YX <sup>2</sup>	Y <sup>4</sup>	
Kayra	3,219.00	666.16	1.04E+07	4.44E+05	1.43E+09	1.97E+11	686.81
Colquepata	3,042.00	624.81	9.25E+06	3.90E+05	1.19E+09	1.52E+11	602.17
Pisac	2,950.00	558.77	8.70E+06	3.12E+05	9.21E+08	9.75E+10	553.09
SUMA	9211.00	1849.74	2.84E+07	1.15E+06	3.54E+09	4.47E+11	1842.07
NUMERO	3	3	3	3	3	3	3
PROMEDIO	3,070.33	616.58	9.45E+06	3.82E+05	1.18E+09	1.49E+11	614.02
FORMULAS PARA EL CALCULO DE PARAMETROS DE REGRESION			VALORES DE PARAMETROS DE REGRESION				
A = SUMA X	9.22E+03	G = (C - A <sup>4</sup> )/n	-2.4E+15	COEF. INDEPENDIENTE = B <sub>0</sub>		-1.51E+06	
B = SUMA Y	1.85E+03	H	1.27E+09	COEF. DEPENDIENTE = B <sub>1</sub>		6.16E+02	
C = SUMA X <sup>2</sup>	2.84E+07	= (F - AD)/n	2.86E+11	COEF. DE CORRELACION = r			
D = SUMA Y <sup>2</sup>	1.15E+06	I = F - (D <sup>2</sup> )/n	5.17E+15	0.99			
E = SUMA XY <sup>2</sup>	3.54E+09	J = H/G	-1.8E+04				
F = SUMA Y <sup>4</sup>	1.52E+11	H = (D - JA)/n					
FORMULAS DE PARAMETROS DE REGRESION			PRECIPITACION MEDIA ANUAL				
COEF. INDEPENDIENTE = B <sub>0</sub>			MICROCUENCA	ALTURA	PP		
COEF. DEPENDIENTE = B <sub>1</sub>			MARHUAY	4312.15	1,607.03		
COEF. DE CORRELACION = r							
COEF. DE CORRELACION = s							

*Tabla N° 22: Se muestran el análisis regional de precipitación de la laguna Marhuay en situación actual. FUENTE: Propia.*



**6.2.4. OFERTA HIDRICA DEL AREA DE ESCURRIMIENTO DE LA LAGUNA.**

En fundamento de que no se tiene el registro hidrométrico para la zona de estudio se creó los caudales y volúmenes mensuales, iniciando la precipitación efectiva y posteriormente logrando obtener la ecuación integral de los caudales generados.

MICROCUCENCA	AREA (Km2)	CE (%)	P. 75%	Vol. m3 (P. 75%)
Marhuay	1.05	0.39	789.08	285,367.39

*Tabla N° 23: Se muestran la oferta hídrica del área de escurrimiento de la laguna Marhuay en situación actual. FUENTE: Propia.*

Por lo que se tomó en cuenta las generaciones de caudales y caudales medios mensuales generados, volumen disponible y de almacenamiento en la tabla.

**6.3. INCREMENTO DE LA OFERTA HIDRICA POR INFILTRACION.**

Para estimar el volumen de agua que retiene una cuenca por infiltración del suelo ante una precipitación, se utilizó el método del Servicio de conservación de Suelos (SCS), el cual parte de un proceso de homogenización, extensión y regionalización de la información de precipitación para la microcuenca. Este método se basa en la precipitación efectiva de la cuenca.

El volumen de escurrimiento (Q) depende del volumen de precipitación (P) y del volumen (F), donde F es la diferencia entre los volúmenes de precipitación y escurrimiento. Existe otro tipo de volumen de precipitación que se presenta al comienzo de la precipitación, a este volumen se le llama abstracción inicial (Ia). El Servicio de Conservación de Suelos (SCS) asumió la siguiente relación precipitación – escurrimiento.

$$F = (P - Ia) - Q$$

Donde:

Q: Volumen de escurrimiento

P: Volumen de precipitación



F: Volumen de infiltración

S: Retención máxima potencial

Ia: Abstracción inicial

La abstracción inicial está en función de características y uso del suelo. Un análisis empírico hecho por el SCS encontró que la mejor forma para estimar Ia era:

$$Ia: 0.2 S$$
$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Para la obtención del valor de S estudios empíricos determinan que su cálculo se puede obtener a través de:

$$S = \frac{1000}{ce} - 101$$

Donde Ce: Es coeficiente de escurrimiento, este valor está en función del uso del suelo y otros factores que afecten el escurrimiento y la retención.

### **6.3.1. COEFICIENTE DE ESCORRENTIA.**

El modelo hídrico utilizado, permite incorporar el papel que juega la vegetación y las prácticas de uso del suelo en la escorrentía e infiltración repercutiendo por lo tanto en la generación de agua; por lo que se realizó la evaluación de la oferta hídrica en condiciones actuales y en situación futura con la intervención del proyecto, haciendo variar las condiciones de cobertura vegetal y manejos de suelos.



COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONUC.	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPREC
Sin vegetación	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Permeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
Cultivos	Impermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Semipermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Permeable	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
Pastos Vegetación Ligera	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
Hierva, Grama	Impermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Semipermeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	Permeable	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
Bosques, Densa Vegetación	Impermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Semipermeable	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.25	0.2	0.25	0.1	0.05

*Tabla N° 24: Coeficiente de escurrimiento. FUENTE: Tomado de U.S. soil conservation service 1964.*

Para la estimación del coeficiente de escurrimiento, se realizó básicamente con información secundaria de la cual se obtuvo, para una pradera con una cobertura vegetal rala un  $C_e$  0.5, no llegándose a aprovechar las aguas de las lluvias, produciéndose alto escurrimiento. Pero una pradera con una vegetación densa representa un  $C_e = 0.4$ , y su importancia radica en la interrelación entre la pradera natural y la lluvia en el proceso de intercepción.

El modelo hídrico utilizado, permite incorporar el papel que juega la vegetación y las prácticas de uso del suelo en la esorrentía e infiltración repercutiendo por lo tanto en la generación de agua; por lo que se realizó la evaluación de la oferta hídrica en condiciones actuales y en situación futura con la intervención del proyecto, haciendo variar las condiciones de cobertura vegetal y manejos de suelos.

Los incrementos en la generación hídrica de las micro cuencas, a primera vista parecen poco relevantes, sin embargo, el mayor beneficio del aumento de la oferta hídrica, se observa en la época crítica del año que comprende de abril a octubre, es en estos meses en que las demandas de agua se incrementan y aquí es donde tenemos un incremento que van desde 8% hasta 70 %.



Este incremento es el que realmente importa en la valoración, ya que se considera como el beneficio neto que aporta el proyecto a las micro - cuencas.

**CALCULO DE LA INFILTRACION POR EL METODO SCS - EN SITUACION  
ACTUAL.**

MICROCUECNA: MARHUAY CALCULO DE LA INFILTRACION					
Área: 100 Has Ce: 0.39					
Mes	Pp	S	Ia cm/mes	INFILTRACION cm/mes	VOLUMEN m3/mes
Enero	16.69	5.87	1.17	5.89	52001.56
Febrero	17.68	5.87	1.17	5.98	52717.06
Marzo	13.82	5.87	1.17	5.57	49504.28
Abril	4.46	5.87	1.17	3.24	30474.06
Mayo	0.70	5.87	1.17	0.35	0.00
Junio	0.03	5.87	1.17	0.00	0.00
Julio	0.08	5.87	1.17	0.00	0.00
Agosto	0.65	5.87	1.17	0.28	0.00
Septiembre	1.80	5.87	1.17	1.50	0.00
Octubre	5.14	5.87	1.17	3.55	0.00
Noviembre	6.18	5.87	1.17	3.95	36427.06
Diciembre	13.09	5.87	1.17	5.47	48738.94
TOTAL					<b>269862.97</b>
Caudal promedio anual 8.68 Vs/anual					

*Tabla N° 25: Calculo de infiltración por el método SCS – situación actual de la zona. FUENTE: Propia.*

**CALCULO DE LA INFILTRACION POR EL METODO SCS - EN SITUACION CON  
PRACTICAS DE CONSERVACION.**



MICROCUCNENCA: MARHUAY CALCULO DE LA INFILTRACION.					
Área: 100 Has Ce: 0.39					
Mes	Pp	S	Ia cm/mes	INFILTRACION cm/mes	VOLUMEN m3/mes
Enero	16.69	6.95	1.39	5.89	58907.38
Febrero	17.68	6.95	1.39	5.98	59834.69
Marzo	13.82	6.95	1.39	5.57	55695.65
Abril	4.46	6.95	1.39	3.24	32423.07
Mayo	0.70	6.95	1.39	0.35	0.00
Junio	0.03	6.95	1.39	0.00	0.00
Julio	0.08	6.95	1.39	0.00	0.00
Agosto	0.65	6.95	1.39	0.28	0.00
Septiembre	1.80	6.95	1.39	1.50	0.00
Octubre	5.14	6.95	1.39	3.55	0.00
Noviembre	6.18	6.95	1.39	3.95	39482.96
Diciembre	13.09	6.95	1.39	5.47	54718.99
<b>TOTAL</b>					<b>301062.74</b>
Caudal promedio anual 9.68 Vs/anual					

*Tabla N° 26: Calculo de infiltración por el método SCS – situación con prácticas de conservación de la zona.  
FUENTE: Propia.*

#### 6.4. DESCARGAS MAXIMAS.

En el método racional, se supone que la máxima escorrentía ocasionada por una lluvia, se produce cuando la duración de esta es igual al tiempo de concentración (tc). Cuando así ocurre, toda la cuenca contribuye con el caudal en el punto de salida. Si la duración es mayor que el tc, contribuye asimismo toda la cuenca, pero en ese caso la intensidad de la lluvia es menor, por ser mayor su duración y, por tanto, también es menor el caudal.

Si la duración de la lluvia es menor que el tc la intensidad de la lluvia es mayor, pero en el momento en el que acaba la lluvia, el agua caída en los puntos más alejados aún no ha llegado a la salida; sólo contribuye una parte de la cuenca a la escorrentía, por lo que el caudal será menor.

Aceptando este planteamiento, el caudal máximo se calcula por medio de la siguiente expresión, que represente la formula racional:



Cálculo de caudales para diferentes periodos de retorno:

$$Q = \frac{CIA}{3.6}$$

Donde:

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

C = Coeficiente de escorrentía.

I = Intensidad de la lluvia en mm/hora.

A = Área de la cuenca Km<sup>2</sup>.

#### 6.4.1. CALCULO DEL TIEMPO DE CONCENTRACION.

Se denomina tiempo de concentración, al tiempo transcurrido, desde que una gota de agua cae, en el punto más alejado de la cuenca hasta que llega a la salida de ésta (estación de aforo). Este tiempo es función de ciertas características geográficas y topográficas de la cuenca.

##### 6.4.1.1. FORMULA DE LA SOIL CONSERVATION.

Según la Soil Conservation, la fórmula para el cálculo del tiempo de concentración es:

$$T_c: 0.0195K^{0.77}$$

$$K: \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.5}$$

Donde:

T<sub>c</sub> = Tiempo de concentración (min).

H = Diferencia de cotas extremas hidráulicas (m).

L = Longitud del cauce (m).

##### 6.4.1.2. CALCULO DE LA INTENSIDAD.

Para la sierra del Perú (Método aplicado por el Plan Meriss)

$$\ln(I) = -C * \ln T + B * T$$



Tiempo de retorno “T” años	Logaritmo natural de la intensidad $IT = -0.55465 \ln T + BT$
2	$\ln I_2 = -0.55465 * \ln T + 0.16083$
5	$\ln I_5 = -0.55485 * \ln T + 0.42910$
10	$\ln I_{10} = -0.56453 * \ln T + 0.56950$
20	$\ln I_{20} = -0.55465 * \ln T + 0.68123$
50	$\ln I_{50} = -0.55465 * \ln T + 0.80471$
100	$\ln I_{100} = -0.55485 * \ln T + 0.88475$

*Tabla N° 27: Calculo de cálculo de la intensidad aplicado por el plan Meriss. FUENTE: Propia.*

#### 6.4.2. CALCULOS Y SUS RESULTADOS.

Longitud del cauce principal (m)	1424	
Altura máxima	4500	
Altura mínima	4300	
Diferencia de altura (m)	200	
Tiempo de concentración	11.13	
Tiempo de retorno “T” años	Logaritmo natural de la intensidad $IT = -0.55465 \ln T + BT$	
2	$\ln I_2 = -0.55465 * \ln T + 0.16083$	
5	$\ln I_5 = -0.55485 * \ln T + 0.42910$	
10	$\ln I_{10} = -0.56453 * \ln T + 0.56950$	
20	$\ln I_{20} = -0.55465 * \ln T + 0.68123$	
50	$\ln I_{50} = -0.55465 * \ln T + 0.80471$	
100	$\ln I_{100} = -0.55485 * \ln T + 0.88475$	
Reemplazando en la ecuación:		
Tiempo de retorno “T” años	Logaritmo natural de la intensidad $IT = -0.55465 \ln T + BT$	Exp (IT)
2	-1.175611367	0.308630236
5	-0.907823272	0.403401364
10	-0.766652225	0.46456573
20	-0.655211367	0.519332281
50	-0.531731367	0.58758676
100	-0.451691367	0.6365506
Tiempo de retorno “T” años	Exp(IT)*TP	
2	3.434634841	
5	4.489308631	
10	5.169984845	
20	5.779462091	
50	6.539041627	
100	7.083942582	

*Tabla N° 28: Cálculos y resultados del estudio hidrológico. FUENTE: Propia.*



CARACTERÍSTICA DE LA MC (microcuenca):	
Coeficiente de escorrentía C: 0.39	
Área de MC (Km <sup>2</sup> )	A: 1.05
TIEMPO DE RETORNO AÑOS	Q. MAX (m <sup>3</sup> /s)
2	5.18
5	6.78
10	7.80
20	8.72
50	9.87
100	10.69

*Tabla N° 29: Se muestra las características de escorrentía de la microcuenca Marhuay. FUENTE: Propia.*

### 6.5. CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DEL VASO.

*H (m)	COTA (msnm)	AREA ENTRE CURVAS (m <sup>2</sup> )	PROMEDIO DE AREAS (m <sup>2</sup> )	DIF. H (m)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )	VOLUMEN ACUMULADO (m <sup>3</sup> )
0.00	4246.00	41819.27	-	-	-	0.00
1.00	4247.00	43335.87	42577.57	1.00	42577.5715	42577.57
2.00	4248.00	44985.51	44160.69	1.00	44160.6935	86738.27
3.00	4249.00	46618.83	45802.17	1.00	45802.1715	132540.44
4.00	4250.00	48298.15	47458.49	1.00	47458.49	179998.93
4.50	4250.50	49227.37	48762.76	0.50	24381.38	<b>204380.31</b>
<b>*La altura mencionada corresponde a la altura de agua.</b>						

#### BALANCE HIDRICO DE CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO

DESCRIPCION	VOLUMEN m <sup>3</sup>	CONSIDERADO
<b>VOLUMEN DISPONIBLE</b>		
Presa Marhuay	<b>204380.31</b>	
<b>PERDIDAS</b>		
Perdidas por evaporación	36873.63	3mm/día por 9 meses(45523m <sup>2</sup> )
Filtraciones	3065.70	1.5% del volumen de almacenamiento
Total	<b>39939.33</b>	
<b>OFERTA HIDRICA</b>		
Para 6 meses de estiaje	11.00	l/s

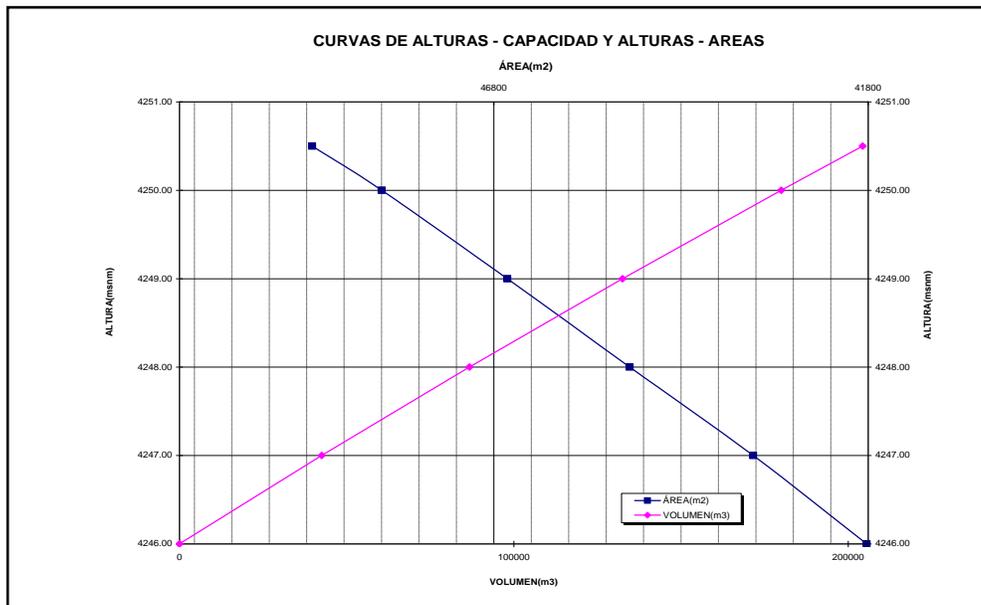


Tabla N° 30: Se muestra la estimación de capacidad de almacenamiento de vaso de la laguna Marhuay. FUENTE: Propia.





## **CAPITULO VII: GEODINAMICA.**

### **7.1. GEODINAMICA INTERNA.**

Para el Perú, de manera general, se pueden considerar dos fuentes sísmicas importantes, la “Fuente Sismogénica Marina”, que comprende la fosa y el zócalo continental, donde se originan los eventos más importantes y catastróficos, al estar ubicada en la línea de subducción de las dos placas tectónicas. Estos eventos catastróficos son de origen profundo (hipocentros), habiendo los de carácter intermedio y superficial (los más frecuentes).

La otra, es la “Fuente Sismogénica Continental” donde, por la lejanía a la convergencia de las dos placas tectónicas, los eventos sísmicos son menores en frecuencia y magnitud, aunque, con excepciones, conforme lo expresa la historia sísmica nacional, también se han producido terremotos con origen en el continente (Satipo, 1947, Ancash, 1946).

En el continente, los eventos sísmicos son tipificados por su profundidad, independientemente de su magnitud, como superficiales (de 0 a 60 Kms), intermedios (de 61 a 300 Kms.) y profundos (mayores de 301 Kms.). Los sismos de la región sur del Perú se enmarcan dentro de la sismicidad ocasionados por un sistema de fallas locales. Los epicentros en la zona sur son mayormente continentales.

En el informe interno del Instituto Geofísico del Perú (IGP): “Observaciones acerca de la neotectónica en el Perú”- 1982), se hacen apreciaciones indicando la actividad sismo tectónica reciente (cuaternaria) del territorio peruano, que se viene sucediendo en el reciente en la zona sur del Perú.

#### **7.1.1. ANTECEDENTES SISMICOS EN LA REGION DEL CUSCO.**

La información existente para el área de influencia del proyecto, es escasa históricamente. La mayor cantidad de información está referida a sismos ocurridos principalmente a lo largo de la



costa centro y sur, debido probablemente a que en esta región se establecieron las ciudades más importantes después del siglo XVI. Se debe indicar que dicha actividad sísmica, tal como se reporta, no es totalmente representativa, ya que pueden haber ocurrido sismos importantes en regiones remotas. Los sismos más importantes que afectaron la región y cuya historia se conocen son:

- Sismo de 1581: Intensidad IX (MMI) en Yanaoca, Cuzco;
- El sismo del 24 de noviembre de 1604, en las ciudades de Arequipa, Moquegua y Tacna se sintieron intensidades de VII MM y VI MM intensidad estimada de 8.7 M
- Sismo del 21 de mayo de 1950 Intensidades: Cuzco VIII, San Sebastián VII,
- Sismo del 13 de enero de 1960: Para Chuquibamba, Caravelí, Cotahuasi VIII, Moquegua VII, Ica V, Puno y Cuzco IV;
- Sismo del 03 de junio de 1980: Cuzco. Intensidad V –VI en Limatambo, en Urubamba, Pisac y Cuzco IV;
- Sismo del 5 de abril de 1986 ciudad del Cuzco donde se sintió una Intensidad VI-VIII. Intensidad de VIII en Laguna Qoricocha, Quenco y Patabamba; VII en Pisac, VI en Cuzco.

Los resultados obtenidos para el departamento muestran una distribución esporádica en la parte central donde se presentan sismos superficiales menores a 70 Km. de profundidad. Los parámetros sísmicos considerados a continuación se detallan:

A: Factor de Zonificación sísmica  $Z = 0.30$

B: Factor de ampliación sísmica  $S = 1.2$

C: Período predominante del suelo  $T_s = 0.6 \text{ Seg. } (*)$

El valor del período predominante del suelo (\*) tomado en base a la estratigrafía del terreno, debe estimarse una variación del 25 % en aumento para su clasificación y determinación del coeficiente sísmico.



Los parámetros sísmicos de la zona de estudio a continuación se detallan:

PERIODO DE RETORNO	ACELERACION			VELOCIDAD			DESPLAZAMIENTO		
	30	50	100	30	50	100	30	50	100
PARAMETROS	0.14	0.17	0.21	5.8	7.0	9.5	2.1	2.4	3.3

*Tabla N° 31: Se muestra los parámetros sísmicos en la zona de estudio del proyecto en la microcuenca de Marhuay.  
FUENTE: Propia.*

La fuerza horizontal o cortante total en la base debido a la acción sísmica es determinada por la siguiente relación:

$$H = \frac{Z \times U \times S \times C \times P}{R_d}$$

Donde:

- Z = Factor de zona.
- U = Factor de uso.
- S = Factor de Suelo.
- C = Coeficiente sísmico.
- P = Peso de las estructuras.
- R<sub>d</sub> = Factor de Ductilidad.

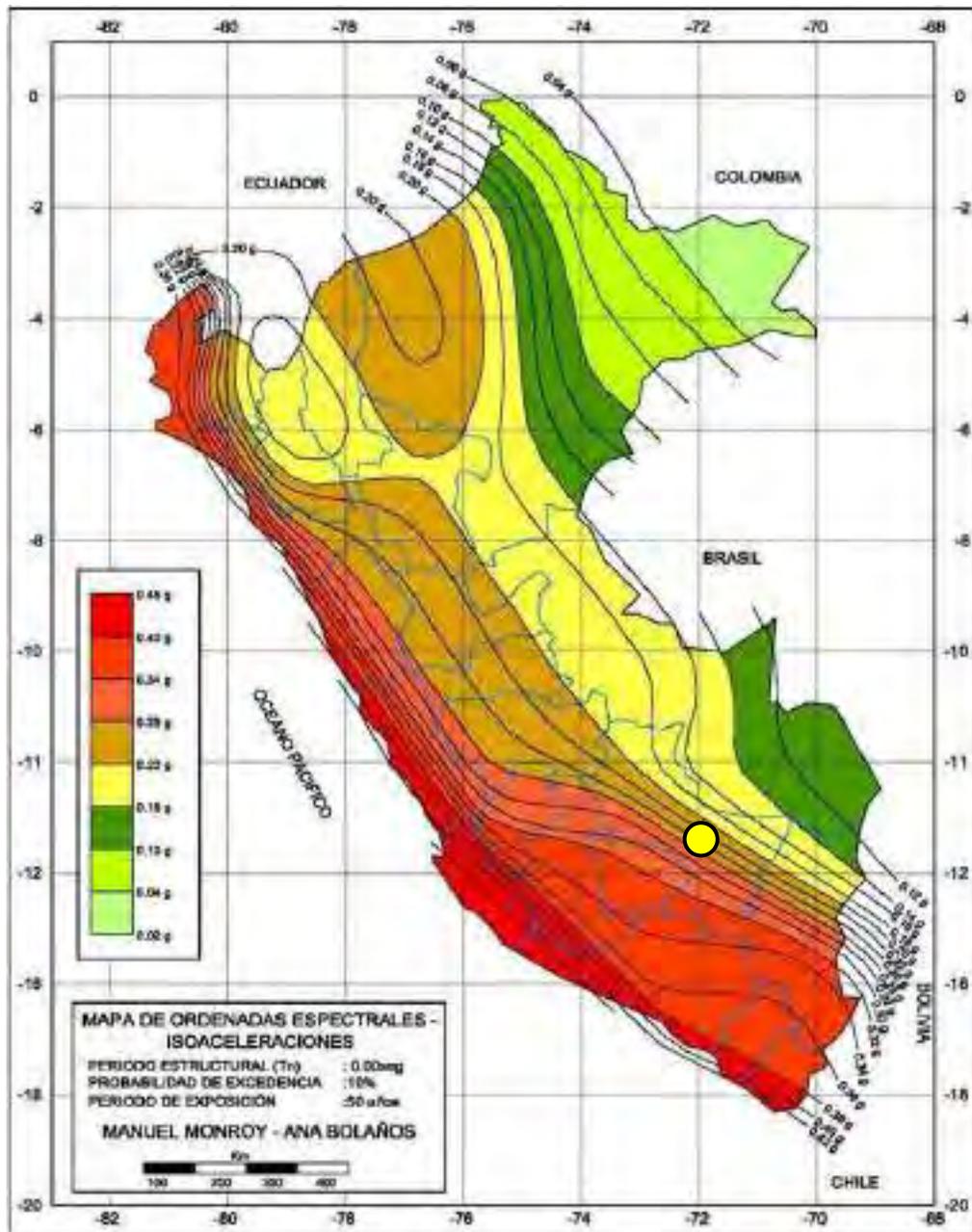
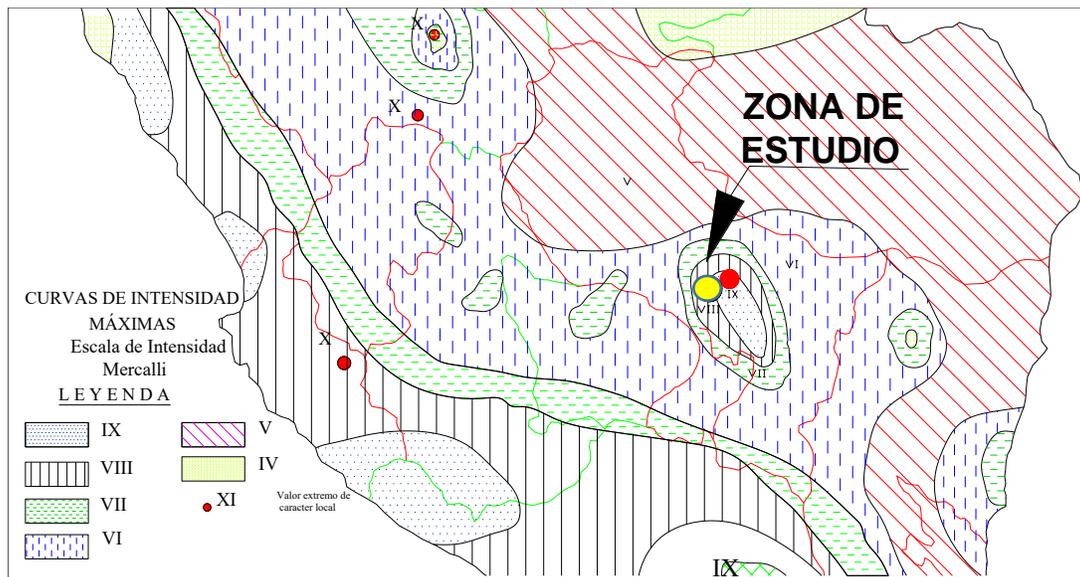


Figura N° 06: Mapa de isoaceleraciones, de modo que, para nuestra zona de estudio se puede observar una aceleración sísmica de (0.22 a 0.26) g, correspondiente a un periodo de exposición de 50 años y una probabilidad de excedencia de 10% de acuerdo al mapa de isoaceleraciones del Perú. FUENTE: Manuel Monroy.



### 7.1.2. MAPA DE INTENSIDAD SISMICA EN EL AREA DEL PROYECTO.

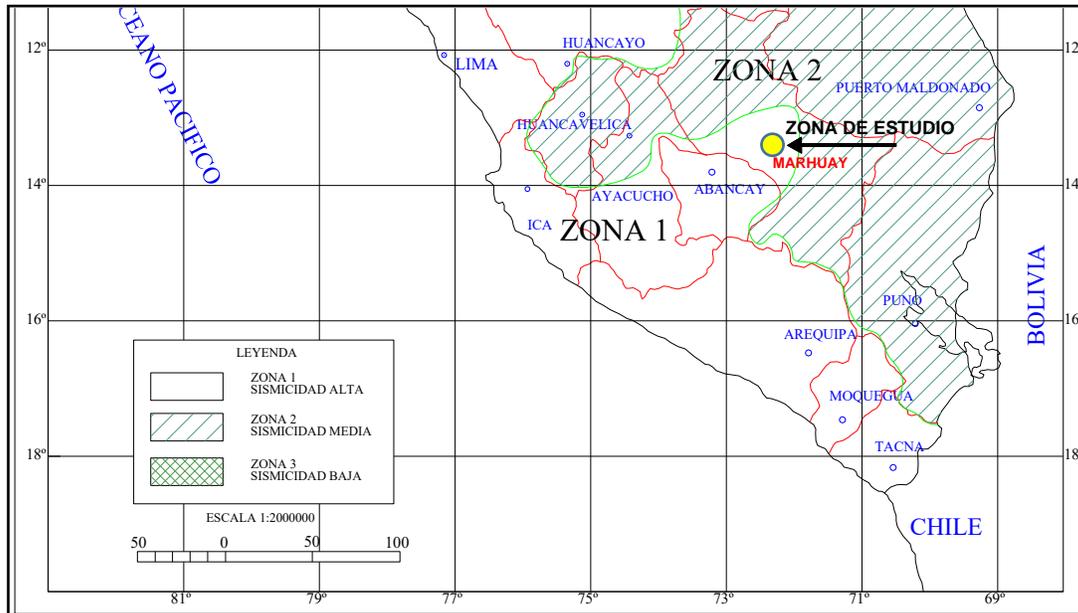
De acuerdo al mapa mostrado, la curva de intensidad máxima en la escala de Mercalli a la zona del proyecto se encuentra entre las curvas de intensidad VIII, afectada por las estructuras de fallamiento activo de la región, por lo que será necesario considerar estos efectos dentro de los cálculos correspondientes.



*Figura N° 07: Se observa el mapa de intensidad sísmica Mercalli modificada, por ende, en la zona del proyecto se pueden producir sismos con intensidad Máxima de VIII grados en la Escala Modificada de Mercalli.  
FUENTE: Jorge Alva Hurtado Et Al-1984.*

### 7.1.3. MAPA DE ZONAS DE SISMICIDAD EN EL AREA DEL PROYECTO.

La zona del proyecto se encuentra en la zona 1 de sismicidad, que corresponde a una sismicidad alta, que está relacionada al accidente estructural, en el que la cordillera de los andes tiene un viraje (curva) de Este-oeste, denominada como deflexión de Abancay que influye directamente en la sismicidad del área del Proyecto.



*Figura N° 08: Se observa el mapa de las zonas de sismicidad, en donde la zona de estudio se encuentra en la zona 1 de sismicidad alta. FUENTE: DGPM-MEF.*

## 7.2. GEODINAMICA EXTERNA.

Los fenómenos de geodinámica externa, observados en la zona del proyecto son los siguientes.

### 7.2.1. FLUJO DE DERRUBIOS.

Se puede observar en la zona nor-oeste de la laguna de Marhuay, estos flujos forman conos coluviales, depositados sobre una fuerte pendiente lo que los hace potencialmente inestables al tránsito de animales, así como a la acción antrópica.

Los fenómenos de deslizamientos y carcavamiento son escasos en el área de represamiento del proyecto, por lo que se puede establecer como una zona estable frente a estos procesos geodinámicos.



*Fotografía N° 15: Vista del flujo de detritos en el cerro Hatunsayaccasa, hacia el sur este de la laguna Marhuay. FUENTE: Propia.*

### **7.2.2. CAIDA DE ROCAS.**

En el flanco nor-este de la microcuenca de Marhuay, específicamente en las laderas montañosas altas se observa las caídas de rocas, más que nada en zona de afloramientos rocosos expuestos al intemperismo físico y a la acción de la gravedad, por lo tanto, éstas tienden a caer por su propio peso, que son correspondientes al grupo Mitu.



*Fotografía N° 16: Vista de las caídas de rocas del afloramiento del grupo Mitu que se encuentran al nor-este de laguna Marhuay. FUENTE: Propia.*



## **CAPITULO VIII: GEOTECNIA.**

### **8.1. CARACTERIZACION GEOTECNICA.**

La caracterización geotécnica comprende aspectos relacionados a las características físico mecánicas, características de capacidad portante admisible, y disposición espacial estratigráfica de los macizos en el área de emplazamiento de la presa.

### **8.2. CARACTERIZACION MORFOLOGICA DEL VASO.**

El vaso de la presa lo constituye una laguna de origen glaciar que tiene características de represamiento en buenas condiciones naturales.

Se encuentra flanqueado por macizo rocoso del grupo Mitu por el sector norte, este y sur este, en las porciones inferiores, cerca al espejo de agua algunos depósitos coluvio aluviales y que forman las laderas de los cerros cubren con poco volumen detrítico al basamento rocoso.

En las orillas se encuentran depósitos lacustres finos y en zona de aportes detríticos se observan bloques y gravas en escasa cantidad.

### **8.3. CARACTERIZACION MORFOLOGICA DE LA GARGANTA.**

Las lomadas del macizo circundante de la laguna por el sector nor-oeste tienden a estrecharse hacia la zona oeste de la laguna. Estas lomadas que tienen una ligera inclinación hacia los flancos laterales constituyen los estribos de la presa.

Están conformadas por rocas volcano-sedimentarias del grupo Mitu, es decir por andesitas, riolitas, conglomerados, brechas y areniscas.

El basamento de la zona del emplazamiento del dique de la presa se halla ubicada sobre el macizo rocoso a modo de un circo glaciar, que tiene un salto de aproximadamente 4m desde la parte inferior, sobre este macizo se encuentra depósitos de escasos remanentes de gravas con arenas y



arcillas (morrenas) en espesores que no superan los 0.40 m de espesor en zonas con paleorelieves negativos.



*Fotografía N° 17: Vista de la zona de la boquilla desde el cerro Hatunsayccasa. FUENTE: Propia.*

#### **8.4. CARACTERIZACION LITOLOGICA.**

La laguna de Marhuay está conformado por materiales del grupo Mitu, principalmente de rocas volcánicas y sedimentarias, tanto en la zona del vaso como en la zona de las lomadas del dique natural de la laguna.



*Fotografía N° 18: Vista del macizo rocoso del grupo Mitu, volcano sedimentarios. FUENTE: Propia.*



### 8.5. CARACTERIZACION PETROGRAFICAS.

La estructura del dique de la presa se apoyará en rocas volcanso sedimentarias del grupo Mitu, que está constituida por riolitas, riodacitas, andesitas, areniscas, microconglomerados y conglomerados, así como brechas. Todas ellas con buenas propiedades geomecánicas de resistencia a la compresión y abrasión.

<b>DESCRIPCION PETROGRAFICA MACROSCOPICA</b>	
<b>PROY:</b> REPRESAMIENTO MARHUAY	<b>MUESTRA:</b> M-1
<b>SECTOR:</b> MARHUAY <b>DISTRITO:</b> COYA <b>PROVINCIA:</b> CALCA <b>DEPARTAMENTO:</b> CUSCO	
<b>TAMAÑO DE GRANO:</b>	Esporádico, fenocristales de plagioclasa de 4 mm en una matriz de grano fino
<b>COLOR:</b>	Gris claro
<b>TEXTURA:</b>	Pórfido afanítico
<b>COMPOSICION MINERALOGICA</b>	
RELACION FENOCRISTALES/ MATRIZ Fenocristales: 40% Matriz afanítica: 60 %	
DESCRIPCION MACROSCOPICA DE LOS FENOCRISTALES Plagioclasa 25 % Hornblenda 15%	
<b>PROPIEDADES</b>	<b>Muestra</b>
<b>DESCRIPCION:</b> pórfido afanítico. <b>TIPO DE ROCA:</b> volcánica. <b>FORMACION:</b> volcánico permotriásicos. <b>NOMBRE DE LA ROCA:</b> andesita de hornblenda porfirítica. <b>ALTERACION:</b> piroxenos, moderada alteración a óxidos de Fe. <b>GRADO DE FRACTURAMIENTO:</b> moderado. <b>DUREZA:</b> 5 en la escala de Mohs.	

*Tabla N° 32: Se muestra la caracterización petrográfica de la muestra M1. FUENTE: Laboratorio Geo Cusco E.I.R.L.*



<b>DESCRIPCION PETROGRAFICA MACROSCOPICA</b>	
<b>PROY:</b> REPRESAMIENTO MARHUAY	<b>MUESTRA:</b> M-2
<b>SECTOR:</b> MARHUAY <b>DISTRITO:</b> COYA <b>PROVINCIA:</b> CALCA <b>DEPARTAMENTO:</b> CUSCO	
<b>TAMAÑO DE GRANO:</b>	Esporádico, fenocristales de plagioclasa de 5 mm en una matriz de grano fino.
<b>COLOR:</b>	Gris claro
<b>TEXTURA:</b>	Pórfido afanítico
<b>COMPOSICION MINERALOGICA</b>	
RELACION FENOCRISTALES/ MATRIZ Fenocristales: 35% Matriz afanítica: 65 %	
DESCRIPCION MACROSCOPICA DE LOS FENOCRISTALES Plagioclasa 25 % Hornblenda 10%	
<b>PROPIEDADES</b>	<b>Muestra</b>
<b>DESCRIPCION:</b> pórfido afanítico. <b>TIPO DE ROCA:</b> volcánica. <b>FORMACION:</b> volcánico permotriásicos. <b>NOMBRE DE LA ROCA:</b> Pórfido andesítico. <b>ALTERACION:</b> piroxenos, ligeramente alterada a óxidos de fe. <b>GRADO DE FRACTURAMIENTO:</b> leve <b>DUREZA:</b> 5 en la escala de Mohs.	

*Tabla N° 33: Se muestra la caracterización petrográfica de la muestra M2. FUENTE: Laboratorio Geo Cusco E.I.R.L.*

## 8.6. CARACTERIZACION GEOMECANICA.

Para esta valoración se ha utilizado el método del RMR (Bieniawski 1978), en base al cual se ha determinado las mediciones, así como el muestreo de rocas obtenidas en la zona de la laguna Marhuay. Las muestras obtenidas han sido remitidas para su tallado de los especímenes al laboratorio. así como para la realización de los ensayos de compresión correspondientes.

Se ha efectuado las mediciones del fracturamiento, fallamiento y otras estructuras lineales, así como otros parámetros que se describen para la valoración del macizo rocoso.

### A) ORIENTACIÓN DE FRACTURAS Y LINEACIONES.

Se han efectuado mediciones en la zona del dique principalmente, así como en los alrededores del vaso, a partir de los cuales se ha obtenido la información que se ha sistematizado en los siguientes sistemas.



- 1° Sistema NE-SW - buzamientos entre 60° y 70° nor este (cerro Hatunsayaccasa)
- 2° Sistema E -W con buzamientos entre 80° NW y verticales. Vaso
- 3° Sistema NW-SE, con buzamientos hacia el nor este y sur oeste en diversos ángulos.
- 4° Sistema N-S con buzamiento vertical.

Se han podido agrupar hasta tres sistemas importantes de fracturamiento, existiendo otros aleatorios dependiendo de la zona.

#### **B) SU RQD.**

Se considera en un valor entre los 60% al 90%.

#### **C) EL ESPACIADO.**

El espaciado entre los planos de esquistosidad o discontinuidad hace que el tamaño de los bloques está en el orden de 0.30 a 1.20 m por 1 a 2m de longitud, en forma tabular, tal como se puede apreciar en las vistas. De acuerdo a la clasificaron geomecánica RMR corresponde a un espaciado separado.

#### **D) SU CONTINUIDAD.**

La continuidad de los sistemas observados tiene distancias que varían entre los 0.30 cm a 3 m, tal como se puede apreciar en las vistas del ítem anterior.

#### **E) SU RUGOSIDAD.**

En las zonas de pizarras, la rugosidad es ondulada lisa muy marcadas por el mismo hecho que estas se producen en los planos de diaclasamiento y las otras familias perpendiculares y transversales tienen la tendencia de fracturarse de manera ligeramente rugosa.

#### **F) LA ABERTURA.**

Los espacios entre las foliaciones de las granodioritas y rocas volcánicas del grupo Mítu son heterogéneos, dependiendo de la zona, siendo menos en las zonas más internas y mayor en



las zonas superficiales y externas. El rango de las aberturas esta entre 0.25 mm y 2.5 mm y en zona externas 2.5 mm a 10 mm.

#### **G) SU RELLENO.**

El material de relleno es básicamente de cuarzo, calcita y eventualmente minerales de sulfuro de hierro (pirita y variedades) que por la presencia del agua son oxidados y toman una coloración roja típica de minerales ferrosos. Son rellenos duros.

#### **H) SUS ALTERACIONES.**

Se encuentra inalterada o ligeramente alterada, en algunos casos más que en otros lo que en promedio se puede considerar como ligeramente alterada.

#### **I) SUS FILTRACIONES.**

En las zonas donde no existe presencia de agua no se ha evidenciado flujos ni caudales que puedan provenir del macizo rocoso, ya que la escasa cantidad de discontinuidades no permite observar, en todo caso en las zonas de fracturas existe conspicua vegetación desde luego que se puede considerar como ligeramente húmedos.

#### **J) NUMERO Y ORIENTACION DE FAMILIAS DE DISCONTINUIDADES.**

Se puede establecer de acuerdo a las mediciones y diagramas, tres sistemas siempre presentes en una zona con algunas medidas de carácter esporádico.

#### **K) TAMAÑO DE BLOQUE EN FUNCION DEL N° DE DISCONTINUIDADES.**

Se podrá tener bloques entre 0.5 y 1 m de tamaño, esto en base a lo observado en la zona de flujo de detritos.

#### **L) CORRECCION POR LA ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES.**

Para la cimentación del dique de la presa, las direcciones de las discontinuidades son medianamente favorables.



### M) LA FORMA DE LOS BLOQUES Y METEORIZACION.

Es tabular e irregular en algunos casos. La meteorización es ligera a moderada, es decir menos de la tercera parte del macizo aparece descompuesto y transformado en suelo.

### N) LA RESISTENCIA A LA COMPRESION.

Los resultados del ensayo a la compresión simple, han dado valores entre 56.97 y 96.07 Mpa (Megapascales), siendo el valor obtenido de 979.76 y 580.60kg/cm<sup>2</sup>.

### O) ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE.

DESCRIPCION	CODIGO MUETRA	CARGA(Kg)	AREA(Cm <sup>2</sup> )	RESISTENCIA Kg/ Cm <sup>2</sup>
MARHUAY	M-1	14515.1	25	580.60
MARHUAY	M-2	24494.2	25	979.76

*Tabla N° 34: Se muestra los resultados del ensayo de compresión simple de las dos muestras. FUENTE: Laboratorio Geo cusco E.I.R.L.*

## 8.7. CLASIFICACION DEL MACIZO ROCOSO.

### 8.7.1. CLASIFICACION GEOMECANICA RMR (Bieniawski, 1989)

La puntuación obtenida para los macizos rocosos de la zona de estudio en la laguna de Marhuay es de 56 puntos, es decir es una roca media, de clase III.



<b>PARAMETROS DE CLASIFICACION</b>			
1	Resistencia de la matriz rocosa	<b>Ensayo de carga puntual</b>	
		Compresión simple	96.07 Mpa promedio
		Puntuación	7
2		RQD	60 - 90%
		Puntuación	17
3		Separación entre diaclasas	0.2-1.20
		puntuación	12
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de discontinuidad	0.5-2m
		Puntuación	2
		Abertura	0.1 a 1 mm
		Puntuación	3
		Rugosidad	Ligeramente rugosa
		Puntuación	3
		Relleno	Duro >5mm
		Puntuación	2
		Alteración	Ligeramente alterada
5	Agua freática	Caudal por 10 m de túnel	
		Relación presión de agua	
		Estado general	Ligeramente húmedo
		Puntuación	10
<b>CORRECCION POR LA ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES.</b>			
Dirección de buzamiento		Medias	
Puntuación	Túneles		
	Cimentaciones	-5	
	Taludes		
<b>CLASIFICACION</b>			
Clase		II	III
Calidad		Buena	Media
Puntuación		80-61	60-41
Puntuación obtenida		56	

*Tabla N° 35: Se muestra los parámetros de clasificación de geomecánica de rocas RMR. FUENTE: Laboratorio Geocusco E.I.R.L.*

### **8.8. CARACTERIZACION DE PERMEABILIDAD DEL AREA.**

Para la caracterización de la permeabilidad del área se hace necesaria la permeabilidad mediante perforaciones diamantinas, sin embargo, por ser una presa de poca altura menor a 10 metros, no se hace imprescindible realizar las perforaciones, por lo que se ha considerado tomar en cuenta los datos teóricos para los tipos de roca y clases.



Es en base a estas consideraciones que se tiene para las rocas con una calidad buena y clase III el grado de permeabilidad se encuentra en un margen de 5 a 19 Unidades Lugeon, lo que equivale a un coeficiente de permeabilidad entre  $7.62E-05$  cm/s a  $2.75E-04$  cm./s.

Considerando valores de roca intacta para los tipos de roca se tiene para el caso de las andesitas los coeficientes de permeabilidad en m/s es de  $10E-07$  m/s a  $10E-12$ m/s

Siendo el coeficiente de permeabilidad para la zona del proyecto valores de permeabilidad secundaria, es decir por el grado de fracturamiento y por las experiencias de otros macizos de la región (valores de permeabilidad en batolito de machu picchu) se recomienda utilizar valores de  $2.75E-04$  cm./s. considerando un valor conservador, pudiendo ser mucho menores de acuerdo a la visualización del área externa del macizo.

#### **8.9. CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE.**

Para rocas de clase III, de calidad media según Gonzáles de Vallejo, le corresponde una cohesión de 3-4 Kg. /cm<sup>2</sup> y un ángulo de rozamiento de 35° a 45°, con la validación de estos datos puede alcanzar una capacidad portante admisible de 45.4 Kg. /cm<sup>2</sup>.

Considerando la resistencia a la compresión de los resultados de los ensayos realizados que tienen valores de 979.76kg/cm<sup>2</sup> y 580.60kg/cm<sup>2</sup> se tendría 39.19 kg/cm<sup>2</sup> y 23.22 kg/cm<sup>2</sup> respectivamente. Por lo tanto, se considera un valor favorable, para la capacidad portante admisible el valor inferior, es de 23.22 kg/cm<sup>2</sup>.

#### **8.10. CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS DE COBERTURA EN EL VASO.**

Para determinar las características físicas y mecánicas de los suelos se ha realizado la excavación de calicatas en el área de emplazamiento de la presa, en la zona del dique en número de tres y en los alrededores del vaso en número de cuatro, para la obtención de muestras alteradas e



inalteradas y de laboratorio así mismo para el levantamiento de perfiles estratigráficos, los mismos que se resumen en el cuadro siguiente:

<b>EJE DE VASO</b>								
UBICACIÓN	GRANULOMETRIA			LIMITES DE CONSISTENCIA			CLASIF.	CONT. HUMEDAD
	GRAVA (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO	INDICE DE PLAST.	SUCS	
<b>CALICATA 01 EJE</b>								
Inferior	38.80	44.12	17.09	22.63	19.61	3.02	SM	11.38
<b>CALICATA 02 EJE</b>								
Inferior	51.61	34.14	14.25	23.57	19.81	3.76	GM	10.16
<b>CALICATA 03 EJE</b>								
Inferior	22.63	58.08	19.29	25.98	20.52	5.46	SM-SC	8.43
<b>CALICATA 04 VASO</b>								
Inferior	28.02	56.16	1.45	25.53	20.29	5.24	SM-SC	15.68
<b>CALICATA 05 VASO</b>								
Inferior	23.94	55.19	20.87	27.38	21.07	6.31	SM-SC	11.21
<b>CALICATA 06 VASO</b>								
Inferior	31.32	53.46	1.45	21.98	19.12	2.86	SM	12.09
<b>CALICATA 07 VASO</b>								
Inferior	36.21	45.79	18.01	24.64	20.12	4.52	SM-SC	11.51

*Tabla N° 36: Se muestra las características de los suelos de cobertura del vaso, según sus calicatas. FUENTE: Laboratorio Geo cusco E.I.R.L.*

### 8.10.1. PROSPECCION MEDIANTE CALICATAS.

#### A) CALICATA N° 01.

Esta calicata se ha excavado en la zona del eje de la margen izquierda del riachuelo, con una profundidad de 0.30 m. con ausencia de nivel freático y presencia del macizo rocoso.

**Nivel 01.-** Suelo edáfico con raíces y materia orgánica de color marrón de 0.30 m.

**Nivel 02.-** macizo rocoso el grupo Mitu, roca volcánica de color marrón violáceo.

#### B) CALICATA N° 02.

Esta calicata se ha excavado en la margen derecha del riachuelo en la zona del eje, con una profundidad de 0.60 m ausencia de nivel freático y presencia de basamento rocoso a los 0.60 m.

**Nivel 01.-** Suelo edáfico con raíces y materia orgánica de color negro. Espesor de 0.40 m.



**Nivel 02.-** Gravas con arenas limosas con arcillas, el color de la matriz es roja de carácter compacto a la excavación. Tiene un espesor de 0.20 m. Debajo del cual se encuentra el macizo rocoso.



*Fotografía N° 19: se observa la calicata con ausencia de nivel freático y presencia de materia orgánica.  
FUENTE: Propia*

### **C) CALICATA N° 03.**

Esta calicata se ha excavado en la zona del eje, con una profundidad de 0.20 m. con ausencia de nivel freático y presencia de afloramiento rocoso

**Nivel 01.-** Suelo edáfico con raíces y materia orgánica de color marrón. Espesor de 0.20 m.

**Nivel 02.-** Roca fracturada con relleno en las fracturas de arenas limosas con gravas (morrenas) de matriz color rosado, que están entremezcladas con fragmentos de roca alterada del macizo rocoso.

### **D) CALICATA N° 04.**

Esta calicata se ha excavado en la zona del eje, con una profundidad de 0.60 m. con ausencia de nivel freático y presencia de afloramiento rocoso.

**Nivel 01.-** Suelo edáfico con raíces y materia orgánica de color marrón, con presencia de clastos anguloso coluviales. Espesor de 0.40 m.

**Nivel 02.-** Arenas limosas con gravas cuya matriz es de color rosado en un espesor de 0.20m, debajo del cual se observa el afloramiento de roca volcánica, que constituye el basamento rocoso del grupo Mitu.



### E) CALICATA N° 05.

Esta calicata se ha excavado en la zona del vaso, con una profundidad de 0.90 m. con ausencia de nivel freático.

**Nivel 01.-** Suelo edáfico con raíces y materia orgánica de color negro, con presencia de clastos angulosos coluviales de hasta 20 cm de tamaño. Espesor 90 cm.

**Nivel 02.-** Arena limosa con bolones y bloques de hasta 0.70 m de tamaño, constituye una zona de depósitos coluvio aluviales.



*Fotografía N° 20: se observa la calicata con estratificaciones con materia orgánica. FUENTE: Propia.*

### F) CALICATA N° 06.

Esta calicata se ha excavado en la zona del vaso, con una profundidad de 1.10 m. con ausencia de nivel freático.

**Nivel 01.-** Suelo edáfico con raíces y materia orgánica de color negro. Espesor 25 cm.

**Nivel 02.-** Arena limosa con grava, con clastos de hasta 15 cm. de formas sub angulosas en un 5%, los mayores a 5 cm. en un 20% y los menores a 3 cm. en un 70% de rocas volcánicas principalmente.



### G) CALICATA N° 07.

Esta calicata se ha excavado en la zona del salto entre la laguna mayor y menor, que corresponde al vaso, con una profundidad de 1.30 m. con ausencia de nivel freático.

**Nivel 01.-** Suelo edáfico con raíces y materia orgánica de color negro, con presencia de clastos angulosos. Espesor 0.40 m.

**Nivel 02.-** Arena limosa con bolones y bloques cuya matriz de color rosado con clastos de hasta 0.40 m de tamaño de carácter compacto y cohesivo. Espesor 0.90m.



*Fotografía N° 21: se observa la calicata con suelo edáfico y materia orgánica color negro. FUENTE: Propia*

### 8.10.2. DISCUSIÓN DE LAS CALICATAS.

Estas calicatas han permitido definir que el macizo rocoso en la zona del eje se encuentra a escasos centímetros de la superficie edáfica, solo recubierto en algunos sectores por una capa de 0.30 cm de material cuaternario. Según los ensayos de contenido de humedad se obtiene una mínima de 8.47% y un máximo de 15.68%. esto indica que se encuentra dentro de los parámetros de la humedad optima del suelo.



Teniendo los siguientes datos granulométricos por el método de tamizado, se tiene que el promedio de gravas, arenas y finos de las 7 calicatas, son de 33.08% de gravas, 49.6% de arenas y 17.18% de finos, Obteniendo así el porcentaje en peso de los diferentes resultados obtenidos como parámetros de granulometría.

En la zona del vaso nos ha permitido definir que los depósitos son de pie de talud constituidos por bloques y fragmentos de coluviales en una matriz edáfica hasta la profundidad de más de 0.70 m en la mayoría de casos y con presencia escasa de morrena en la zona del salto, entre la laguna mayor y la laguna menor.

### **8.11. MODELO GEOTECNICO DE LA ZONA DEL DIQUE DE LA PRESA.**

La elaboración del modelo geotécnico representa la distribución espacial del macizo rocoso, este es posible conocerlo a partir de dos formas, mediante la perforación y obtención de testigos y al mismo tiempo la realización de ensayos de permeabilidad, sin embargo, estos por la altura de la presa y por los costos de pre inversión no resultan imprescindibles, por cuyo motivo se ha optado por utilizar los métodos indirectos(sondaje eléctrico vertical) para la profundidad correlacionando con los afloramientos externos.

Con el apoyo de la valoraron del macizo rocoso y el sondaje eléctrico vertical se ha establecido un modelo geotécnico que nos permite establecer con suficiente conocimiento el modelo para el diseño del dique de la presa.

#### **8.11.1. SECCIONES GEOLOGICAS – GEOTECNICAS.**

Para una mejor interpretación para un modelo geotécnico de la zona de emplazamiento de la presa, se ha procedido a elaborar la sección geológica - geotécnica, basado en las condiciones generales de comportamiento geotécnico del macizo rocoso. Se ha elaborado una sección geotécnica, paralela a la dirección del emplazamiento del dique.



### **8.11.1.1. SECCION A – A’, GEOLOGICA GEOTECNICA.**

Esta sección es paralela al eje de la presa, se encuentra hacia sur oeste de la laguna, El dique proyectado tiene una longitud de corona de 97 m identificada como sección A-A’ en el plano y en las secciones. Se puede observar que los sondajes eléctricos verticales indican tres horizontes de resistividad que han sido interpretados por el especialista en geofísica como suelos arenosos el nivel superior, roca compacta en un espesor similar al anterior y roca fracturada en un espesor indefinido.

El primer horizonte de espesor variable entre 0.50 m a 1.00m constituiría el suelo edáfico que ha sido excavado mediante calicatas en el eje, sobre el cual se hizo los sondajes eléctricos.

El segundo nivel corresponde efectivamente a un macizo rocoso, pero en caso de las calicatas, este macizo se encuentra moderadamente fracturado, sin embargo, en el sondaje eléctrico vertical este resulta como una roca compacta. No tiene espesor apreciable lo largo del eje.

El tercer horizonte, es el que causa preocupación, por la interpretación como roca fracturada realizada por el especialista en geofísica, debajo de la roca compacta. Esta interpretación la hemos volcado en la sección geotécnica, ya que no tenemos otro medio de interpretación, se da la posibilidad que sea un tufo volcánico o tobas, pero que considerando el espesor y las características litológica del grupo Mitu no presentan esta litología.



Plano N° 12: Se muestra el eje de perfil que es paralela al eje de la presa. FUENTE: Propio.



## 8.12. DISCUSION SOBRE EL TIPO DE LA PRESA.

Por las características del macizo rocoso en el que se emplazará la estructura del dique de la presa, es recomendable el diseño de una presa de concreto tipo gravedad, con una base de cimiento de 24 metros aproximadamente, ya que en la zona existe gran cantidad de rocas de buena calidad que son canteras potenciales para ese propósito.

## 8.13. CANTERAS.

### 8.13.1. CANTERAS DE ROCA.

Los alrededores de la laguna son potenciales canteras de roca de buena calidad, tal como se tiene en los resultados de compresión de estas rocas.

La resistencia a la compresión de las rocas intrusivas del sector sur es de 979.76 y 580.60kg/cm<sup>2</sup>, indicativa de una buena calidad para aspectos constructivos.

Las lomadas de la zona nor oeste de la laguna que se encuentra a unos 300 m del eje de la presa se ha considerado como la zona de cantera de rocas, ya que es una explanada libre de zona de cultivo y aparente para la movilización de equipo de voladura y transporte.



*Fotografía N° 22: Vista desde el fondo de la laguna mirando al dique, se puede observar la lomada propuesta como cantera. FUEENTE: Propio.*



El volumen existente es vasto para el propósito del proyecto, siendo necesaria la utilización de voladura para la obtención de roca.

### **8.13.2. AGREGADOS PARA CONCRETO.**

Los agregados gruesos y finos deberán proveerse del río Vilcanota, cuyos resultados de los ensayos de granulometría, módulo de fineza y durabilidad están dentro de los parámetros permisibles para su uso como material de agregados.

En caso de obtenerse durante la voladura en la extracción de roca material que pueda ser chancado para agregado grueso, se recomienda evaluar costos de desgaste de mandíbula de la chancadora ya que su resistencia de estas rocas es relativamente alta.

Los volúmenes existentes en las canteras de Coya y Lamay son suficientes para el propósito del proyecto, ya que durante todo el año se extrae material de esta zona, más aún cuando la municipalidad de Coya es la interesada en la ejecución del Proyecto y siendo propietaria de la playa de agregados, puede disminuir en algún porcentaje los costos en este rubro.



## **CAPITULO IX: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.**

### **9.1. GENERALIDADES.**

Este proyecto de represamiento está siendo propuesto para el aprovechamiento de las aguas que están disponibles y utilizable en el transcurso de los periodos húmedos, donde estos recursos hídricos almacenados no simplemente serán utilizados para aumentar la disponibilidad hídrica, estos nos permitirán aumentar la calidad de los recursos hídricos para las comunidades campesinas de Coya Cusco, Coya Runa y Ayarcancha.

La realización de las distintas actividades en las etapas de la construcción, intervención, podrán causar diferentes impactos en los distintos elementos ambientales sobre los medios físicos, biológicos o socioeconómicos. De tal manera en este capítulo se tratará de distinguir los probables impactos ambientales ocasionados en las distintas etapas del proyecto.

### **9.2. IDENTIFICACION DE LOS COMPONENTES AMBIENTALES.**

Identificaremos los componentes ambientales que podrían verse alterados en plena realización del proyecto en los diferentes periodos de construcción, operación y cierre. Estos componentes se indicarán en la siguiente relación:

- Aire.
- Topografía.
- Cobertura vegetal.
- Suelos.
- Flora.
- Fauna.
- Agua superficial.
- Paisaje visual.



- Ecosistema terrestre.
- Ecosistema acuático.
- Aguas subterráneas.

### **9.3. IDENTIFICACION DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO.**

Se reconocieron las diferentes actividades que se realizaran durante todas las etapas del proyecto como son: construcción, operación y cierre, donde estos pueden impactar en varios componentes ambientales.

#### **9.3.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN ETAPA DE CONSTRUCCIÓN.**

ACTIVIDADES DEL PROYECTO	IMPACTOS POTENCIALES
Movimientos de tierras y aprovechamientos de bancos de material (canteras)	Remoción de suelos
	Alteración de calidad de suelos
	Perdida de cantidad de suelos
	Alteración del régimen de escurrimiento de las aguas subterráneas
	Alteración de calidad del aire
	Alteración de hábitat terrestre
	Perdida de cobertura vegetal
	Desplazamiento de la fauna
	Alteración de hábitats acuáticos
	Alteración en el nivel de ruidos
	Alteración del paisaje
Transporte de maquinaria, equipos y materiales	Disminución de calidad de aire
	Incremento de ruido
	Deterioro de la calidad del agua superficial
Construcción de campamento	Contaminación del recurso hídrico (residuos)
	Contaminación del suelo (residuos)
	Perdida de la cobertura vegetal
Manejo y almacenamiento de combustibles para maquinaria y equipos.	Contaminación de suelos
	Contaminación de recurso hídrico

*Tabla N° 37: Tabla de identificación de impacto ambiental en la etapa de construcción, en base a los datos colectados en campo. FUENTE: Propio.*



**9.4. FACTORES AMBIENTALES.**

**9.4.1. FACTORES FISICOS.**

MEDIO FISICO		
SUELO	AGUA	ATMOSFERA
Calidad de suelo	Cantidad	Calidad de aire
Erosión	Agua superficial y subterránea	Nivel de ruido

*Tabla N° 38: Tabla de factores ambientales físicos, en base a los datos colectados en campo. FUENTE: Propio.*

**9.4.2. FACTORES BIOLÓGICOS.**

MEDIO BIOLÓGICO		
FLORA	FAUNA	ECOSISTEMAS
Cobertura vegetal	Alteración de hábitat	Ecosistemas fragmentados
Diversidad de pastos	Migración de especies	Alteración de paisajes
Perdida de vegetación	Pérdida de biodiversidad	contaminación

*Tabla N° 39: Tabla de factores ambientales biológicos, en base a los datos colectados en campo. FUENTE: Propio.*

**9.4.3. FACTORES SOCIOECONOMICOS.**

MEDIO SOCIOECONOMICO	
Social	Económico
Calidad de vida	Ingresos económicos
	Generación temporal de empleo
Dinámica poblacional	Aumento y desarrollo de diferentes actividades

*Tabla N° 40: Tabla de factores ambientales socioeconómicos, en base a los datos colectados en campo. FUENTE: Propio.*

**9.5. DESCRIPCION DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES.**

Identificar, interpretar, predecir y anunciar los impactos que la ejecución del proyecto producirá al medio ambiente de la microcuenca de Marhuay, en sus distintas etapas. Se especificará los distintos impactos ambientales generados por el proyecto, en relación a las caracterizaciones de los impactos ambientales.



## **9.5.1. MOVIMIENTO DE TIERRAS Y APROVECHAMIENTO DE MATERIALES**

### **9.5.1.1. REMOCION DE SUELOS.**

La remoción de suelos origina la pérdida de los horizontes edáficos, provocando las terrazas como taludes excavados eludiendo de manera que sea posible los deslizamientos impredecibles en la zona del proyecto. Por lo tanto, este impacto se considera negativo y de baja intensidad, pudiendo ser recuperable en corto plazo y ser mitigable.

### **9.5.1.2. ALTERACION DE CALIDAD DEL SUELO.**

La limpieza del terreno, cortes, etc. originan que todos los suelos regresen a ser vulnerables a los sucesos de erosionamiento. La cobertura somera será retirada, entonces sus características físicas se degenerarán, por lo tanto, se considera a ser un impacto negativo de baja intensidad y que es mitigable.

### **9.5.1.3. PERDIDA EN LA CANTIDAD DE SUELO.**

Disminuirá el material edáfico en algunos lugares llegado hasta las capas más profundas encontrando rocas, implicando hasta la cobertura vegetal, por lo tanto, se considera un impacto negativo de bajo.

### **9.5.1.4. ALTERACION DEL REGIMEN DE AGUAS.**

Sera de alteración ligera en épocas de inundaciones, por lo tanto, es un impacto negativo de muy poca duración.

### **9.5.1.5. DETERIORAMIENTO DE LA CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL.**

La calidad que tiene el agua se percibirá afectada ligeramente por las acciones de remociones de tierra en la zona por lo cual es de un impacto negativo temporal de baja intensidad.



#### **9.5.1.6. ALTERACION DE LA CALIDAD DEL AIRE.**

En el transcurso de la etapa de construcción, se efectuarán diferentes acciones de las cuales se producirán partículas sólidas que quedarán suspendidas en el ambiente, este se considera como un impacto negativo temporalmente total reversible.

#### **9.5.1.7. ALTERACION EN LOS NIVELES DE RUIDO.**

Para la construcción de la presa, el movimiento de personal u operarios, traslado de materiales, actividad de las maquinarias y equipos necesarios, originaran diversos niveles de ruido que perturbaran la fauna local, poblaciones aledañas, por lo tanto, se considera de un impacto negativo temporal que es totalmente reversible.

#### **9.5.1.8. PERDIDA DE HABITAT TERRESTRE.**

A consecuencia de los trabajos que se realizara en la zona de estudio como son movimientos de materiales, así como limpieza del terreno, generaran la perdida de la flora silvestre en la zona, por lo tanto, a este impacto se considera negativo y de poca intensidad siendo recuperable.

#### **9.5.1.9. PERDIDA DE COBERTURA VEGETAL.**

En el transcurso de la etapa de construcción de la presa se ejecutarán diversas actividades de limpieza del terreno, se quitará la capa superficial, originando la perdida y alteración de toda la cobertura vegetal, por lo tanto, este impacto se considera negativo y que esta actividad es mitigable y de corta duración.

#### **9.5.1.10. DESPLAZAMIENTO DE LA FAUNA.**

La disminución de la cobertura vegetal originara una pérdida de la fauna silvestre existente en la zona de estudio debido a la acción reciproca, por lo tanto, a este se le considera impacto negativo de baja intensidad.



#### **9.5.1.11. ALTERACION DEL HABITAT ACUATICO.**

En el lapso de la fase de construcción se podrían alterar diferentes hábitats acuáticos, así como el de bofedales y que por lo tanto a este se considera de un impacto de baja intensidad que es recuperable a corto plazo.

#### **9.5.1.12. INGRESOS ECONOMICOS.**

En la ejecución del proyecto se tendrá diversos ingresos económicos para la población local debido a la utilización de diferentes bienes y servicios, por lo tanto, se le considera de un impacto positivo de corta duración.

#### **9.5.1.13. GENERACION TEMPORAL DE EMPLEO.**

Una vez se inicie la etapa de construcción de la presa, esta producirá empleos temporales debido a que se requerirá mano de obra no especializada y por lo tanto será de un impacto positivo de corta duración.

### **9.5.2. TRANSPORTE DE MAQUINARIA, EQUIPOS Y MATERIALES.**

#### **9.5.2.1. DETERIORO DE LA CALIDAD DE AGUA SUPERFICIAL.**

En esta fase la calidad del agua se podría ver afectada a consecuencia de las diferentes actividades de transporte, por lo tanto, a este se le considera un impacto negativo de muy baja intensidad.

#### **9.5.2.2. ALTERACION DE LA CALIDAD DEL AIRE.**

El aire se verá afectado en su calidad, específicamente por el levantamiento de polvo PM10 (partículas sólidas o líquidas de polvo, cenizas, cemento, partículas metálicas, hollín) con el paso de las maquinarias y algunas emisiones de CO<sub>2</sub> de los vehículos de transporte. Que por lo tanto a este se le considera de un impacto negativo de muy baja intensidad.)



### **9.5.2.3. ALTERACION EN EL NIVEL DE RUIDO.**

En el transporte de maquinaria, equipos y materiales. El resultado sobre los niveles de ruido, por consiguiente, estos se consideran de un impacto negativo de muy baja intensidad en la zona del proyecto.

### **9.5.2.4. INGRESOS ECONOMICOS.**

En el tiempo de duración de la construcción de la presa, se obtendrá ingresos económicos en la población local, que serán indispensables al requerimiento de algunos bienes y servicios por lo cual se le considera de un impacto positivo de corta duración.

### **9.5.2.5. GENERACION TEMPORAL DE EMPLEO.**

A lo largo de la fase de construcción de la presa, se generará empleos temporales así pues se requerirá de mano de obra no especializada, por lo tanto, se le considera un impacto positivo de corta duración.

## **9.5.3. CONSTRUCCION DEL CAMPAMENTO.**

### **9.5.3.1. CONTAMINACION DE SUELO.**

En esta etapa, la contaminación de los suelos será generado por los residuos sólidos y por lo tanto a este se le considera de un impacto negativo de corta duración.

### **9.5.3.2. CONTAMINACION DEL RECURSO HIDRICO.**

Por lo tanto, en esta fase se originará una contaminación del agua por la generación de residuos líquidos, entonces a este se le considera de impacto negativo de corta duración.

### **9.5.3.3. PERDIDA DE COBERTURA VEGETAL.**

Mediante esta fase en donde se realizará diferentes actividades de limpieza del terreno de cobertura vegetal, a medida que inicialmente se retirara la capa superficial generando la perdida y



alteración de toda la cobertura vegetal de la zona, por lo tanto, se le considera impacto negativo por lo cual esta acción es mitigable y de corta duración.

#### **9.5.3.4. INGRESOS ECONOMICOS.**

En el transcurso de esta fase de construcción se originará ingresos económicos en la población de la zona consecuentes a los requerimientos de diferentes bienes y servicios entonces se considera de impacto positivo de corta duración.

#### **9.5.3.5. GENERACION TEMPORAL DE EMPLEO.**

En el transcurso de esta fase en conjunto también se originará empleos temporales teniendo en cuenta que se requerirá de mano de obra no especializada, por lo tanto, a este se considera de un impacto positivo de corta duración.

### **9.5.4. ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE PARA MAQUINARIA Y EQUIPOS.**

#### **9.5.4.1. CONTAMINACION DE SUELOS.**

En esta fase se tendrá la contaminación del suelo en la zona de estudio, como el manejo de maquinaria y equipos; por lo tanto, se le considera un impacto negativo de corta duración.

#### **9.5.4.2. CONTAMINACION DEL RECURSO HIDRICO.**

En esta fase se originará la contaminación del recurso hídrico a causa del manejo de maquinarias y equipos por ende a este se le considera un impacto negativo de corta duración.

#### **9.5.4.3. GENERACION TEMPORAL DE EMPLEO.**

En el transcurso de esta fase se originarán empleos temporales, puesto que se requerirá de la mano de obra no especializada y por lo tanto a este se le considera de un impacto positivo de corta duración.



**9.5.5. ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.**

**9.5.5.1. CALIDAD DE VIDA.**

La operacionalidad de la presa mejorara la calidad de vida de la población local por lo que se considera de un impacto positivo.

**9.5.5.2. DINAMICA POBLACIONAL.**

En todo este proceso la dinámica poblacional de Coya runa, coya Qosqo y Ayarcancha, se ampliará de tal manera que a este se le considera de un impacto positivo.

**9.5.5.3. FACTORES AMBIENTALES.**

<b>AIRE</b>	<b>SUELOS</b>	<b>PAISAJES</b>	<b>FLORA</b>
La calidad del aire estará acompañada de la emisión de humo y gases en consecuencia del incremento del tráfico vehicular, del mismo modo habrá un aumento de los niveles de ruido.	La calidad de los suelos se verá afectada por el arrojado de los residuos sólidos, por parte de la gente que transitará por la zona de la misma manera puede producirse la contaminación del suelo con derivados del petróleo, aceite, grasa, combustibles etc.	El paisaje de la zona de estudio se verá modificadas por una mayor magnitud de tráfico vehiculares, así como toda la infraestructura de los caminos de herradura de toda la zona.	La flora de la zona de estudio, de igual manera se verán muy afectadas, a causa de la construcción de la presa.

*Tabla N° 41: Tabla de factores ambientales. FUENTE: Propio.*

**9.6. MEDIDAS DE MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL.**

- Los movimientos de tierras y extracciones de los bancos de material tienen que efectuarse con respectivas técnicas que son las más apropiadas y así cumpliendo todas las determinaciones técnicas del proyecto.
- En cuanto al material que es producto de los movimientos de las tierras y los bancos, no deben de ser llevados a las zonas que tengan áreas de vegetación natural, teniendo en cuenta que tienen que ser llevados a las áreas limpias.



- Para prevenir la erosión por consecuencia de la remoción de materiales, es indispensable la compactación de los mismos en un corto plazo posible.
- En cuanto a la instalación de los campamentos, se tienen que realizar en zonas alejadas de los terrenos de cultivo, previniendo las alteraciones de calidad edáfica.
- Todos los residuos sólidos tienen que colocarse en zonas autorizadas para así poder prevenir muchos tipos de contaminación ambiental.
- Es necesario poder realizar acciones con respecto a la forestación, con la finalidad de poder recuperar toda la cobertura vegetal, fauna silvestre y sus hábitats.
- Debe existir un mantenimiento correcto de las maquinarias y vehículos, las cuales deben ser las correctas técnicamente, para poder minimizar la generación de niveles de alto ruido y que no ocasionen contaminaciones del recurso hídrico y edáfico en la zona del proyecto, por lo que deberán ser ubicadas en áreas estratégicas.
- Durante el proceso de construcción de la presa el personal de trabajo de la obra deberá utilizar solo los recursos de servicios higiénicos que el proyecto implemente en la zona, sin arriesgar los recursos hídricos.

#### **9.7. PLAN DE CONTINGENCIAS.**

El objetivo principal del plan de contingencia, incluye las direcciones y acciones que nos accedan a enfrentar las posiciones de emergencia que están relacionadas con lo que es riesgos ambientales y también accidentes que se pudieran suscitar en el transcurso de las fases de construcción y operacionalidad del proyecto.



**A) CONTINGENCIAS POR FENOMENOS NATURALES.**

Estas se originan por eventos que resultan de sismos, fuertes precipitaciones, vientos con alta velocidad, etc. Por lo tanto, sus consecuencias reflejan retrasos en la obra y por otra parte el daño de la infraestructura.

**B) CONTINGENCIAS POR ACCIDENTES.**

Estas se originan a causa de eventualidades que pueden suceder en el trabajo y que por lo tanto necesitan de una atención médica urgente y de organismos de rescate. Otro tipo de accidentes pueden ser originados por picaduras de insectos o mordeduras de animales, eso depende de su gravedad ya que pueden provocar graves consecuencias posteriores.

**C) CONTINGENCIAS POR PROCESOS TECNICO - CONSTRUCTIVOS.**

Estas se originan por sucesiones constructivas que exigen una consideración técnica, ya sea de diseño o construcción. Por lo tanto, sus resultados pueden ser reflejados en retrasos en los programas de la construcción y costos suplementarios para dicho proyecto que involucra los suministros de materiales e insumos, etc.

**D) CONTINGENCIAS POR CONFLICTOS SOCIALES.**

Estas inician por acontecimientos en la obra y sobre los trabajadores de la empresa ejecutadora con las luchas humanas internas o externas, a este tipo se le considera como contingencias a las huelgas, paros o reclamos de la población de las comunidades de la zona. sin embargo, estas consecuencias se pueden reflejar en retrasos en la obra teniendo un daño a la imagen de la empresa ejecutadora.

**9.7.1. DISTRIBUCION GENERAL DEL PLAN DE CONTINGENCIA.**

Está relacionada a la atención directa o indirecta en situaciones de emergencias o accidentes, por ende, dentro de esta están las siguientes personas: el residente de obra, el asistente, el maestro,



capataz, obreros, compañía de los bomberos más cercano al proyecto, junta de usuarios y la supervisión de la obra.

### **9.7.2. MANEJO DE CONTINGENCIAS.**

El manejo de las contingencias va a comunicar con anticipación a los centros de salud de la localidad de Coya, para la fecha de inicio de la obra para que así ellos estén preparados frente a cualquier evento, accidente que pueda ocurrir en la zona. Por lo tanto, el hospital y centros de salud deberán estar avisados y dispuestos para poder cooperar en todo lo necesario.



## **CONCLUSIONES.**

### **I. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS:**

PRIMERA. - Litológicamente está compuesta por macizos rocosos de la formación Pachatusan y formación Pisac del grupo Mitú (pórfidos andesíticos), tanto en el vaso como en el dique y con escasos remanentes de morrenas (gravas, arenas, arcillas y material conglomeradicos con clastos de caliza) que también se encuentran entre la laguna mayor y la laguna menor.

SEGUNDA. – Geomorfológicamente las condiciones de cierre del vaso y de la boquilla son favorables por estar flanqueadas por cerros y lomadas.

TERCERA. - La laguna es de origen glaciario cuaternario, lo que garantiza su estanqueidad. Su suelo es orgánico con promedio de 60 cm de profundidad y como substrato un macizo rocoso moderadamente fracturado, determinado por el estudio geofísico.

CUARTA. - La microcuenca de Marhuay es favorable hidrológicamente para el represamiento, tanto en las recargas hídricas, caudales, épocas de avenidas máximas y épocas de sequía que nos permitirá la buena distribución del recurso hídrico para las comunidades de Coya Qosqo, Coya Runa y Ayarcancha.

### **II. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS:**

PRIMERA. – La permeabilidad en general es de media a baja según los análisis de coeficiente de permeabilidad que va entre  $7.62E-05$  cm/s a  $2.75E-04$  cm./s, por ser suelos de cobertura superficial en estado húmedo seguido de saturación de agua en materiales principalmente de granulometría heterogénea como: limos, arcillas y arenas.

SEGUNDA. – La capacidad portante es favorable, por haber alcanzado el valor de 23.22 kg/cm<sup>2</sup> para la ejecución de la presa de Marhuay.



TERCERA. – La roca es buena, de acuerdo a los valores obtenidos en la clasificación RMR, por ser de clase III que indica que es resistente al corte y a la compresión, lo que garantiza la estabilidad de las rocas y su resistencia a la erosión por su contenido de plagioclasas en abundancia que le dan una dureza de 5 en la escala de Mohs.

CUARTA. - La cantera de roca adecuada se halla en una lomada al nor oeste de la laguna Marhuay a 200 m aproximadamente del eje del dique; que está en una zona sin cultivos y es apta para el transporte y movilización con un volumen superior a los 6000 m<sup>3</sup>.



### **RECOMENDACIONES.**

PRIMERA. - Reforestar toda el área que se verá afectada por la construcción de la presa, para darle mayor atractivo a la zona sin poner en peligro a la fauna existente en la zona.

SEGUNDA. - Realizar la excavación en el macizo rocoso para la fundación del dique de la presa hasta encontrar la roca poca fracturada, de preferencia debajo de los 1.5m en zonas de los estribos y hasta 2 m en la zona central del dique de la presa.

TERCERA. - Para disminuir el transporte de agregados adicionar roca chancada de la explotación de las canteras de roca que se encuentran en la lomada que esta al nor oeste de la laguna a 200 m del eje del dique, cuyos remanentes fragmentados que son aptos para el chancado.

CUARTA. - La construcción de la presa debe ser de concreto tipo gravedad; por las condiciones geológicas, geotécnicas y proximidad favorable de material de cantera.

QUINTA. - Las canteras para agregados grueso y finos de mezcla de concreto se deberán proveer de las canteras de Coya y Lamay por encontrarse dentro de los límites permisibles para su uso como material de construcción por su fineza y durabilidad; ya que en la zona del Proyecto no existe disponibilidad de este material.

SEXTA. - Realizar inyecciones de cemento o bentonita para impermeabilizar la roca fracturada, en la zona donde ira el dique de presa.

SEPTIMA. - Impermeabilizar los alrededores del embalse con geotextiles como la geomembrana de PVC, esta comprobadamente que es uno de los mejores materiales para impermeabilizar presas.



## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.**

- Atkinson, J. (2007). The mechanics of soils and foundations. Taylor & Francis, London, UK.
- Bieniawski Z., R. (1989). Rock Mass Classifications: A Complete Manual for Engineers and Geologists in.
- Braja, M. Das. (2008) – Fundamentos de Ingeniería Geotécnica - CENGAGE learning, México.
- Braja M., D. (2013). Fundamentos de la ingeniería geotécnica cuarta edición. Cengage Learning Editores.
- Carlotto caillaux, V., Cardenas Roque, J., & carlier, G. (2011). Geología del cuadrángulo de cusco. Lima, Perú.
- Dirección General de Políticas y Regulaciones en Construcción y Saneamiento. (2018). Norma técnica E 0.50 Suelos y CIMENTACIONES.
- Esquivel y Pinares, (2019). Tesis “Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa Kullko”
- Gonzales y Sencia, (2019). Tesis “Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa ccomerccochoa, distrito de Coyllurqui, provincia de Cotabambas, Apurímac 2019.”
- Gonzales de Vallejo L. Ferrer M. Ortuño L. (2002) – Ingeniería Geológica - Madrid.
- Hoek-Brown. (2002). Sistema de caracterizacion cualitativa basado en RMR89.
- Huamán y Baca, (2020). Tesis “Evaluación geológica y geotécnica para la construcción de la represa huathua laguna, distrito de Quiquijana, provincia de Quispicanchis, departamento de Cusco”.
- Google Maps. (11 de abril de 2020). Google Maps. Obtenido de <https://www.google.com/maps>.
- INRENA. (1995). Mapa Ecológico del Peru. Lima, Peru.
- Instituto geológico minero y metalúrgico. (1995). Geología del Perú. Lima- Perú: Fimert S.A. – Editores & Impresores.
- Mijares, F., & Aparicio, J. (s.f.). Fundamentos de Hidrología de Superficie.
- MINAGRI, ANA. (2017). Normas y reglamentos de seguridad de presas en el Perú. El frayle.



- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018). Suelos y cimentaciones E 0.50. Departamento de construcción, Lima.
- Prado y Velásquez, (2015). Tesis “Estudio geológico - geotécnico para la construcción de la presa quillca, alto Pichigua - Espinar, Cusco”.
- Pulgar Vidal, J. (1938). Geografía del Perú. Lima, Perú: Ausonia.
- Suarez, J. (s.f.). Analisis Geotecnico (Vol. Tomo I).
- Terzagui, k., & Peck, R. B. (1978). Mecánica de suelos en la Ingeniería Practica. España: “El ateneo” S.A.
- Van Sint Jan, M. and Ledezma, C. (2008). Fundamentos de geotecnia. Apuntes ICE1603, Pontificia Universidad Catolica de Chile, Departamento de Ingenieria Estructural y Geotécnica.
- Villón Béjar, M. (2002). Hidrologia. Lima, Perú: Villón.
- Villota, H. (1997). Una nueva aproximación a la Clasificación Fisiográfica del terreno.



**ANEXOS.**



**“ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA MARHUAY DEL DISTRITO DE COYA, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO.”**



MATRIZ DE CONSISTENCIA					
TITULO: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA MARHUAY DEL DISTRITO DE COYA, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO.					
BACHILLER: Niels Huamán Zúñiga.					
BACHILLER: Liz Pamela Caballero Cayllahua.					
MARCO TEORICO	PROBLEMA	HIPOTESIS	OBEJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGIA
MARCO REFERENCIAL	GENERAL	GENERAL	GENERAL	DEPENDIENTE	METODO CIENTIFICO
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Esquivel y Pinares, (2019). Tesis “Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa Kullko”</li> <li>• Gonzales y Sencia, (2019). Tesis “Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa ccomercchocha, distrito de Coyllurqui, provincia de Cotabambas, Apurimac 2019.”</li> <li>• Huamán y Baca, (2020). Tesis “Evaluación geológica y geotécnica para la construcción de la represa huathua laguna, distrito de Quiquijana, provincia de Quispicanchis, departamento de Cusco”</li> <li>• Prado y Velasquez, (2015). Tesis “Estudio geológico - geotécnico para la construcción de la presa quillca, alto Pichigua - Espinar, Cusco”.</li> </ul>	¿Cuáles son las características geológicas y geotécnicas para el diseño de la construcción de la presa de la laguna Marhuay?	Las características geológicas y geotécnicas de la zona, son favorables para el diseño de construcción de la presa en la laguna de Marhuay.	Determinar las características geológicas y geotécnicas del diseño de la presa Marhuay.	- Diseño de la presa Marhuay.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inductivo</li> <li>• Hipotético</li> <li>• Deductivo</li> <li>• Correlacional</li> </ul>
					METODO DE TRABAJO
					ETAPA DE PRE-CAMPO
					<ul style="list-style-type: none"> <li>- Se realizará una exhaustiva revisión de la documentación existente relacionada con la microcuenca Marhuay, centrada principalmente en las investigaciones geológico - estructurales y geotécnicas realizadas.</li> <li>- Reconocimiento de la zona donde se diseñará la presa para la obtención de resultados previos.</li> <li>- Planificación del trabajo de campo.</li> </ul>
MARCO CONCEPTUAL	ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	ESPECIFICOS	INDEPENDIENTE	ETAPA DE CAMPO
Ensayos de mecánica de suelos - límites de consistencia - sistema de clasificación unificada de suelos - Proctor modificado. Mecánica de rocas Ensayos de permeabilidad - Ensayo de lugeon. Cimentaciones en arcillas expansivas Capacidad portante del terreno. Intemperismo.	a.¿Cuáles son las características geológicas de la zona donde se construirá la presa Marhuay? b.¿Cuáles son las características geotécnicas de estabilidad y de consolidación de los materiales existentes en la zona que son necesarios para la construcción de la presa Marhuay?	a. Las características geológicas del terreno de fundación y área de embalse son favorables para la construcción de la presa Marhuay. b. Las características geotécnicas son favorables para la construcción de la presa Marhuay.	a. Determinar las características geológicas de la zona sobre la cual se construirá la presa Marhuay. b. Determinar las características geotécnicas de la zona, necesarias para el diseño de la presa Marhuay.	- Geología (geomorfología, estratigrafía, estructural, geodinámica) - Geotecnia (mecánica de suelos, mecánica de rocas, canteras, laboratorio, características tecnicas)	- Preparar el equipo e instrumentos y material necesarios para el campo. - Se elaborará un mapa topográfico y se cartografiará la geología local a detalle. - Determinación de los aspectos de geodinámica externa, aspectos geotécnicos de la zona de cimentación del eje de la presa Marhuay, así como del área del vaso y de las obras conexas. Investigación e identificación de las zonas de canteras de materiales locales.
					ETAPA DE POST-CAMPO
					<ul style="list-style-type: none"> <li>- Preparación de equipos de laboratorio y gabinete.</li> <li>- Se realizará ensayos especiales de laboratorio que comprendieron ensayos de mecánica de suelos, mecánica de rocas y de materiales.</li> <li>- Elaboración de planos.</li> </ul>



**ANEXOS HIDROLOGIA.**

GENERACION DE CAUDALES

PERIODOS EXTENDIDOS ( $m^3/S$ )

UBICACIÓN DE LA LAGUNA			
MARHUAY	COORDENADAS UTM: N: 8520593 m E: 0190614 m		DATUM: WGS 84 ZONA: 19L
	Altitud: 4312.15 msnm		Departamento: Cusco
			Provincia: Calca
			Distrito: Coya

ITEM	AÑO	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1996	0.075	0.055	0.062	0.023	0.007	-	0.001	0.008	0.011	0.035	0.032	0.065	0.374
2	1997	0.1	0.079	0.088	0.019	0.004	-	0.003	0.007	0.011	0.028	0.063	0.042	0.444
3	1998	0.056	0.056	0.053	0.012	-	0	-	0.001	0.001	0.041	0.041	0.038	0.299
4	1999	0.065	0.066	0.059	0.032	0.006	0	0	-	0.013	0.015	0.015	0.049	0.321
5	2000	0.059	0.076	0.051	0.01	0.002	0.004	0.002	0.004	0.008	0.015	0.015	0.055	0.334
6	2001	0.09	0.078	0.088	0.028	0.01	0.001	0.006	0.005	0.009	0.029	0.029	0.062	0.432
7	2002	0.056	0.106	0.061	0.036	0.01	0	0.011	0.004	0.021	0.043	0.043	0.06	0.437
8	2003	0.07	0.075	0.073	0.024	0.006	0.003	-	0.003	0.007	0.02	0.02	0.052	0.351
9	2004	0.094	0.079	0.035	0.022	0.005	0.003	0.003	0.007	0.023	0.032	0.032	0.055	0.375
10	2005	0.045	0.078	0.056	0.014	0.001	0	0	0.002	0.008	0.03	0.03	0.047	0.292
11	2006	0.08	0.055	0.037	0.022	0	0.002	0.002	0.004	0.007	0.028	0.028	0.055	0.309

N° DATOS	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Q prom. $m^3/S$	0.072	0.073	0.060	0.022	0.005	0.002	0.003	0.003	0.05	0.011	0.026	0.032	0.053	0.361
DESV. STD	0.018	0.015	0.017	0.008	0.003	0.002	0.003	0.003	0.002	0.006	0.012	0.014	0.008	0.056
C.V. (%)	0.235	0.194	0.274	0.355	0.725	1.201	1.192	0.581	0.554	0.428	0.416	0.153	0.148	
Q min $m^3/S$	0.045	0.055	0.035	0.01	0	0	0	0.001	0.001	0.011	0.015	0.038	0.292	
Q máx. $m^3/S$	0.1	0.106	0.088	0.036	0.01	0.004	0.011	0.011	0.008	0.023	0.048	0.063	0.065	0.444
Q 75%	0.06	0.063	0.049	0.017	0.002	0	0.001	0.001	0.002	0.007	0.019	0.023	0.048	0.326



**CAUDALES MEDIOS MENSUALES GENERADOS, VOLUMEN DISPONIBLE Y ALMACENAMIENTO**

**LAGUNA MARHUAY – SITUACION ACTUAL**

DATOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
N° DATOS	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
Q promedio $Q = m^3/S$	0.072	0.073	0.060	0.022	0.005	0.002	0.003	0.05	0.011	0.026	0.032	0.053	0.361
DES. STD. $m^3/S$	0.018	0.015	0.017	0.008	0.003	0.002	0.003	0.002	0.006	0.012	0.014	0.008	0.056
C.V. (%)	0.235	0.194	0.274	0.355	0.725	1.201	1.192	0.581	0.554	0.428	0.416	0.153	0.148
Q. min $m^3/S$	0.045	0.055	0.035	0.01	0	0	0	0.001	0.001	0.011	0.015	0.038	0.292
Q. máx. $m^3/S$	0.1	0.106	0.088	0.036	0.01	0.004	0.011	0.008	0.023	0.048	0.063	0.065	0.444
Q. 75 %	0.06	0.063	0.049	0.017	0.002	0	0.001	0.002	0.007	0.019	0.023	0.048	0.326

VOL. DISPONIBLE		ENE	FEB	MAR	ABR	MA Y	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	VOL
LAGUNA MARHUAY	seg /mes	2678.40	2419.20	2678.40	2592.00	2.678	2592.00	2678.40	2678.40	2592.00	2678.40	2592.00	2678.40	
	Q.T.	128.380	117.807	107.660	37.599	8.594	2.038	4.690	7.280	18.788	46.788	54.842	94.748	629.212
	Q. 75%	108.019	102.408	87.789	28.586	4.388	387	920	4.427	11.770	33.336	39.467	84.984	506.445
VOL. TOTAL POR MES $m^3/mes$		128.380	117.807	107.660	37.599	8.594	2038	4.690	7.280	18.788	46.788	54.842	94.748	629.212
VOL. TOTAL DISPONIBLE AL 75% $m^3/mes$		108.019	102.408	87.789	28.586	4.388	387	920	4.427	11.770	33.336	39.467	84.984	<b>506.445</b>
VOL. POR ALMACENAR $m^3/mes$		108.019	102.408	87.789	28.586	-	-	-	-	-	-	39.467	84.984	<b>451.216</b>



**CAUDALES MEDIOS MENSUALES GENERADOS, VOLUMEN DISPONIBLE Y ALMACENAMIENTO**

**LAGUNA MARHUAY – CON PRACTICAS DE CONSERVACION**

DATOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Nº DATOS	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	
Q promedio $Q = m^3/S$	0.0434	0.0434	0.036	0.013	0.003	0.0007	0.0016	0.0024	0.0065	0.0156	0.0189	0.0316	0.2151
DES. STD. $m^3/S$	0.010	0.084	0.009	0.005	0.002	0.0008	0.0019	0.0014	0.0036	0.0066	0.0078	0.0048	0.0620
C.V. (%)	0.235	0.194	0.273	0.355	0.072	1.201	1.1918	0.5809	0.5538	0.42.63	0.4156	0.1533	6.3062
Q. min $m^3/S$	0.045	0.033	0.216	0.006	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0009	0.0067	0.0082	0.0223	0.1245
Q. máx. $m^3/S$	0.100	0.063	0.526	0.021	0.006	0.0025	0.00064	0.0049	0.0137	0.0288	0.0372	0.0391	0.3352
Q. 75 %	0.060	0.038	0.029	0.009	0.002	0.0001	0.0003	0.0015	0.0041	0.0111	0.0136	0.0283	0.1733

VOL. DISPONIBLE		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	VOL
LAGUNA MARHUAY	seg /mes	2678.4	2419.20	2678.4	2592.0	2.678.4	2592.00	2678.40	2678.40	2592.00	2678.40	2592.00	2678.40	
	Q.T.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Q. 75%	114.38	105.114	96.060	33.548	7.668	2.038	4.184	6.495	16.746	41.747	48.933	84.539	561.418
VOL. TOTAL POR MES $m^3/mes$		96.380	91.374	78.330	25.506	3.916	387	821	3.950	10.502	29.744	35.215	75.795	451.879
VOL. TOTAL DISPONIBLE AL 75% $m^3/mes$		114.548	105.114	96.060	33.548	7.668	2038	4.184	6.495	16.746	41.747	48.933	84.539	561.418
VOL. TOTAL DISPONIBLE AL 75% $m^3/mes$		96.380	91.374	78.330	25.506	3.916	387	821	3.950	10.502	29.744	35.215	75.795	<b>451.879</b>
VOL. POR ALMACENAR $m^3/mes$		96.380	91.374	78.330	25.506	-	-	-	-	-	-	35.215	75.795	<b>402.600</b>



**ESTIMACION DE LA OFERTA HIDRICA POR INFLITRACION**

UBICACIÓN DE LA LAGUNA			
MARHUAY	COORDENADAS UTM: N: 8520593 m E: 0190614 m		DATUM: WGS 84
	Altitud: 4312.15 msnm		ZONA: 19L
			Departamento: Cusco
			Provincia: Calca
			Distrito: Coya

LAGUNA	ACCION	Ce	MESES													TOTAL	Q l/s/año
			ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC			
Marhuay	SP	0.62	52001.56	52717.06	49504.28	30474.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36427.06	48738.94	269862.97	8.68
	CP	0.59	58907.38	59834.69	55695.65	32423.07	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54718.99	54718.99	301062.74	9.68

Los procesos de infiltración solo se dan en los meses de lluvia

SP: sin practicas

CP: con practicas



**REGISTRO HIDROMETEOROLOGICO GENERADO**

**Precipitación Mensual Acumulada (mm)**

**LAGUNA MARHUAY – CON PRACTICAS DE CONSERVACION**

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1996	245.78	180.98	202.11	74.81	21.72	-	4.06	27.25	36.64	116.92	108.31	217.13	1235.7
2	1997	331.43	260.78	291.68	62.28	12.97	-	9.57	23.22	35.55	93.87	206.80	138.16	1466.3
3	1998	186.87	188.81	176.79	40.51	-	0.99	-	4.09	4.90	136.71	136.87	124.01	1000.5
4	1999	218.07	216.96	195.31	105.73	20.35	-	0.72	-	43.76	53.33	49.05	163.57	1066.9
5	2000	195.21	249.81	167.16	32.45	7.60	13.64	6.71	12.58	26.26	159.83	45.57	182.99	1099.8
6	2001	297.00	258.99	290.27	91.87	34.43	2.81	20.79	16.13	30.25	84.37	94.97	206.55	1428.4
7	2002	185.82	350.68	202.29	118.74	34.18	0.72	35.49	12.12	69.70	97.44	142.27	198.47	1447.9
8	2003	229.86	248.13	241.66	80.58	21.08	8.61	-	9.61	23.60	59.77	70.11	176.80	1169.8
9	2004	312.51	261.21	119.51	71.50	18.16	10.66	11.23	21.66	76.36	56.80	107.26	182.96	1249.8
10	2005	147.51	259.38	184.28	45.06	3.19	0.45	0.99	8.17	26.32	37.32	99.86	156.11	968.6
11	2006	265.08	181.16	122.01	67.91	1.37	5.03	5.98	13.44	22.13	56.73	93.31	183.30	1017.5

N° DATOS	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
MEDIA	237.74	241.54	199.37	71.95	15.91	3.90	8.68	13.48	35.95	86.64	104.94	175.46	1195.5	
DESV. STD	55.90	46.81	54.56	25.57	11.55	4.68	10.35	7.83	19.91	36.93	43.62	26.91	176.69	
C.V. (%)	0.2	0.2	0.3	0.4	0.7	1.2	1.2	0.6	0.6	0.4	0.4	0.2	0.1	
P min	147.51	180.98	119.51	32.45	0.00	0.00	0.00	0.00	4.90	37.32	45.57	124.01	968.62	
P máx.	331.43	350.68	291.68	118.74	34.43	13.64	35.49	27.25	76.36	159.83	206.80	217.13	1466.3	
P 75%	200.03	209.96	162.57	54.70	8.13	0.74	1.70	8.20	22.52	61.73	75.52	157.31	963.13	



**REGISTRO HIDROMETEOROLOGICO GENERADO**

PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm)		
Estación: Kayra	Latitud: 13°33'24.29" S	Departamento: Cusco
Tipo: Meteorológico	Longitud: 71°52'30.61" W	Provincia: Cusco
	Altitud: 3214 msnm	Distrito: San Jerónimo

N° REG	AÑO	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1996	141.90	98.00	70.50	32.30	17.50	0.00	0.00	6.30	19.60	0.00	0.00	0.00	386.10
2	1997	123.30	127.70	104.80	31.00	4.80	0.00	0.00	7.10	12.30	44.40	201.50	148.40	805.30
3	1998	116.30	156.20	22.60	33.45	1.65	1.90	0.00	1.60	4.30	49.80	49.70	58.90	493.95
4	1999	89.30	92.20	92.00	42.80	1.32	3.40	1.00	0.00	43.10	18.80	39.70	119.50	543.12
5	2000	197.40	137.30	119.50	10.90	2.60	5.80	2.70	4.50	10.70	49.30	29.30	82.00	652.00
6	2001	233.00	173.10	137.40	36.40	11.50	0.00	17.40	10.20	20.60	38.30	96.80	89.40	864.10
7	2002	134.50	184.60	112.70	21.60	16.20	2.50	27.10	3.70	10.30	78.10	97.80	132.40	822.10
8	2003	164.70	165.80	157.70	50.50	5.90	2.60	0.00	8.70	7.40	65.10	38.20	161.70	828.30
9	2004	189.50	219.70	56.80	22.60	14.10	12.20	8.70	0.00	34.40	59.80	53.80	148.10	819.70
10	2005	113.00	107.10	96.00	23.30	1.90	0.00	2.50	2.20	0.40	43.30	96.90	105.60	592.90
11	2006	202.80	133.00	132.50	90.00	0.00	6.20	0.00	8.80	2.30	42.30	77.20	109.80	804.20
12	2007	176.50	76.40	172.00	46.70	2.10	0.00	0.60	0.00	11.30	39.50	101.70	127.70	754.50
13	2008	137.50	70.40	100.30	22.50	21.40	4.50	0.00	3.20	28.40	52.00	75.10	115.70	631.00
14	2009	178.30	123.20	92.70	33.40	6.50	0.00	6.40	0.30	11.80	16.30	213.00	150.70	832.60
15	2010	339.50	153.90	126.70	45.10	4.50	0.00	0.00	6.90	2.50	59.10	62.10	183.50	983.80
16	2011	84.10	241.10	164.40	51.10	2.40	3.20	4.90	0.70	40.30	72.10	83.01	208.80	956.11
17	2012	139.80	213.80	111.00	30.70	1.40	4.40	1.60	0.00	41.00	28.80	148.70	241.60	962.80
18	2013	171.70	188.90	97.90	37.02	0.00	7.00	1.50	15.40	14.70	106.90	101.20	203.90	946.12
19	2014	252.00	168.50	96.50	62.00	6.10	0.00	4.00	2.10	12.30	42.90	20.60	204.60	871.60
20	2015	231.00	109.80	126.80	74.60	17.90	0.00	3.20	6.50	47.70	21.00	80.00	167.60	886.10

N° DATOS	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
MEDIA	170.81	147.04	109.54	39.78	6.99	2.69	4.08	4.41	18.77	46.42	46.42	138.00	771.82	
DESV. STD	61.43	48.05	37.75	19.11	6.83	3.27	6.85	4.24	15.01	24.10	24.10	57.14	168.00	
C.V.	0.36	0.33	0.33	0.48	0.98	1.22	1.68	0.96	0.80	0.52	0.52	0.41	0.22	
P min	84.10	70.40	22.60	10.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.40	0.00	0.00	0.00	386.10	
P máx.	339.50	241.10	172.60	90.00	21.40	12.20	27.10	15.40	47.70	106.90	213.00	241.60	983.80	



**REGISTRO HIDROMETEOROLOGICO GENERADO**

PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm)		
Estación: Pisac	Latitud: 13°25'10.2" S	Departamento: Cusco
Tipo: convencional hidrológico	Longitud: 71°51'3.1" W	Provincia: Calca
	Altitud: 2990 msnm.	Distrito: Pisac

N° REG	AÑO	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1996	215.78	150.98	180.11	74.81	18.72	0.00	4.06	27.25	36.64	116.92	108.31	187.13	1120.71
2	1997	220.43	230.78	241.68	52.28	12.97	0.00	9.57	23.22	35.55	93.87	206.80	118.16	1245.31
3	1998	156.87	148.81	176.79	40.51	0.00	0.99	0.00	4.09	4.90	136.71	136.87	124.01	930.55
4	1999	188.07	216.96	175.31	105.73	20.35	0.00	0.72	0.00	43.76	53.33	49.05	163.57	1016.85
5	2000	195.21	219.81	167.16	32.45	7.60	13.64	6.71	12.58	26.26	149.83	45.57	182.99	1039.81
6	2001	217.00	238.99	250.27	91.87	34.43	2.81	20.79	16.13	30.25	84.37	94.97	206.55	1288.43
7	2002	175.82	250.68	192.29	98.74	34.18	0.72	35.49	12.12	39.70	67.44	142.27	168.47	1227.92
8	2003	219.86	248.13	221.66	80.58	21.08	8.61	0.00	9.61	23.60	59.77	70.11	176.80	1139.82
9	2004	1822.51	261.21	119.51	71.50	18.16	10.66	11.23	21.66	76.36	56.80	107.26	182.96	1249.82
10	2005	147.51	259.38	184.28	45.06	3.19	0.45	0.99	8.17	26.32	37.32	99.86	156.11	968.64
11	2006	205.08	181.16	122.01	67.91	1.37	5.03	5.98	13.44	22.13	56.73	93.31	183.30	957.45
12	2007	102.70	155.80	145.80	42.10	7.60	0.00	1.70	0.00	10.90	32.70	66.90	93.30	669.50
13	2008	154.30	151.50	61.50	8.50	5.90	4.60	0.70	3.20	9.80	56.80	64.10	153.90	694.80
14	2009	96.90	89.40	96.20	14.10	0.20	0.00	3.10	0.80	20.40	18.20	128.10	125.30	592.70
15	2010	190.10	145.10	155.80	6.00	6.50	2.10	1.40	11.40	10.80	72.70	26.30	204.20	832.40
16	2011	110.70	160.60	109.20	39.90	6.80	7.00	8.60	0.60	27.90	36.20	48.00	139.50	695.00
17	2012	87.00	157.00	104.20	40.10	12.20	0.00	0.80	10.50	24.10	18.60	127.00	146.80	728.30
18	2013	104.80	152.20	98.10	33.30	10.70	15.40	14.10	25.80	15.60	132.00	82.90	170.10	855.00
19	2014	163.80	130.61	88.70	50.00	12.80	11.16	6.13	16.32	18.55	36.55	44.02	153.60	732.24
20	2015	178.91	120.15	92.46	56.05	8.25	16.20	8.25	26.25	17.02	28.23	87.04	109.85	748.66

N° DATOS	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
MEDIA	173.17	183.46	150.65	52.57	12.15	4.97	7.02	12.16	26.03	67.25	91.44	157.33	930.20	
DESV. STD	56.32	52.14	52.32	28.46	9.88	5.68	8.64	9.15	15.78	39.87	43.14	31.36	214.59	
C.V.	0.33	0.28	0.35	0.54	0.81	1.14	1.23	0.75	0.61	0.59	0.47	0.20	0.23	
P min	87.00	89.40	81.50	6.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.90	18.20	26.30	93.30	592.70	
P máx.	220.43	261.21	250.27	105.03	34.43	16.20	35.49	27.25	76.36	149.83	206.80	206.55	1288.43	



**REGISTRO HIDROMETEOROLOGICO GENERADO**

PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL (mm)		
Estación: Colquepata	Latitud: 13°21'47.27" S	Departamento: Cusco
Tipo: convencional meteorológico	Longitud: 71°40'24.1" W	Provincia: Paucartambo
	Altitud: 3696 msnm.	Distrito: Colquepata

N° REG	AÑO	ENE.	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1996	60.20	57.20	12.60	8.30	0.00	0.00	0.00	6.90	7.50	10.60	8.50	28.50	200.30
2	1997	68.30	67.20	46.00	25.60	11.20	1.20	1.20	2.30	3.30	12.40	18.70	16.90	274.30
3	1998	93.60	103.00	15.40	0.20	1.20	3.50	0.10	1.20	2.80	7.10	18.30	17.10	263.50
4	1999	107.20	94.50	106.90	10.80	2.20	1.20	3.30	2.30	22.20	13.30	5.40	91.70	461.00
5	2000	165.10	121.30	111.60	27.20	2.40	1.30	1.30	1.10	4.70	23.30	1.20	48.20	508.70
6	2001	249.00	145.40	145.30	70.30	32.40	6.90	19.20	22.30	20.10	82.10	118.20	90.60	1001.80
7	2002	120.30	162.10	134.20	75.50	6.60	14.30	50.30	23.40	32.60	73.10	51.60	135.00	879.00
8	2003	152.00	164.60	136.90	39.40	13.70	5.80	2.00	24.70	6.30	19.20	23.20	142.90	730.70
9	2004	154.90	122.90	80.20	13.50	11.70	9.30	26.70	26.90	33.20	40.40	50.90	109.00	679.60
10	2005	103.40	158.70	73.00	35.60	8.40	0.00	4.70	4.80	8.60	32.70	47.40	68.40	545.70
11	2006	166.20	76.50	89.60	36.70	2.20	5.20	0.00	24.80	7.10	70.60	67.00	113.00	658.90
12	2007	145.90	85.40	163.50	38.90	15.80	0.40	8.70	12.00	7.70	37.10	39.10	135.40	689.90
13	2008	155.20	138.90	76.70	36.60	16.80	19.60	4.40	18.20	18.60	62.90	57.00	153.50	758.40
14	2009	138.40	122.80	109.50	23.00	1.60	0.00	20.00	3.40	7.70	7.80	135.50	114.00	683.70
15	2010	215.50	113.50	160.40	15.10	4.40	12.10	12.50	1.30	10.50	87.40	27.10	145.80	805.60
16	2011	149.10	169.90	148.60	55.90	6.10	16.00	21.00	11.30	42.50	40.20	34.10	121.30	816.00
17	2012	137.20	166.50	60.00	32.20	9.30	5.00	2.70	4.80	28.80	15.20	80.80	175.30	717.80
18	2013	182.30	160.60	116.60	41.60	17.20	18.50	5.30	27.70	9.50	103.70	33.20	169.20	885.40
19	2014	199.60	86.70	82.20	40.80	25.40	6.10	2.70	5.80	28.80	15.20	80.80	175.30	749.40
20	2015	149.10	159.90	148.60	55.90	8.10	14.00	21.00	14.30	47.50	45.20	37.10	125.35	826.05
<b>N° DATOS</b>	<b>20</b>													
<b>MEDIA</b>	145.63	123.88	100.89	34.16	9.84	7.02	10.36	11.98	17.50	39.98	46.76	108.82	656.79	
<b>DESV. STD</b>	46.38	36.84	45.26	19.91	8.52	6.56	12.74	9.88	13.74	30.02	35.64	50.33	218.75	
<b>C.V.</b>	0.32	0.30	0.45	0.58	0.87	0.93	1.23	0.82	0.78	0.75	0.76	0.46	0.33	
<b>P min</b>	60.20	57.20	12.60	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00	1.10	2.80	7.10	1.20	16.90	200.30
<b>P máx.</b>	249.00	169.90	163.50	75.50	32.40	19.60	50.30	27.70	47.50	103.70	135.50	175.30	1001.80	



**ANEXOS GEOTECNIA**

**GEO CUSCO EIRL**  
Geotecnia y Laboratorio de suelos

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO				PERFORACION:	
<b>PROYECTO:</b> Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa Marhuay del distrito de Coya, provincia de Calca, Cusco. <b>UBICACION:</b> Microcuenca Marhuay. <b>DISTRITO:</b> Coya <b>PROV:</b> Calca <b>DEPTO:</b> Cusco <b>ELABORADO POR:</b> GEO CUSCO EIRL				<b>PERFORACION:</b>  <b>C - 01</b>	
<b>TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN:</b> Calicata <b>COTAS REFERENCIA:</b> Nivel del terreno <b>NIVEL:</b> 4512 mm		<b>UBICACION:</b> Eje de presa <b>DIMENS. CALICATA:</b> Largo 1m Ancho 100 <b>PROFUNDIDAD:</b> 0.30m <b>NIVEL FREÁTICO:</b> No se encuentra			
<b>COORDENADAS UTM:</b> N: 8 220 512.980 m E: 180 003.234 m					
PROFUNDIDAD (metros)	ESTRATO	PERFIL DEL SUELO	CLASIFICACION UCOS	DESCRIPCION	OBSERVACION
0.50 m	1		SM	tierra de color rojo a rojo oscuro con raíz de papaya y la zona y contiene pedregos de color amarillo.	
1.00 m + X	2			Material arenoso del grupo SM con volutas de color amarillo y blanco.	
1.50 m					
2.00 m					



# GEO CUSCO EIRL

Geotecnia y Laboratorio de suelos

<b>PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO</b>	<b>PERFORACION:</b>  <b>C - 02</b>
<b>PROYECTO:</b> Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa Marhuay del distrito de Coya, provincia de Calca, Cusco. <b>UBICACION:</b> Microcuenca Marhuay. <b>DISTRITO:</b> Coya <b>PROV:</b> Calca <b>DEPTO:</b> Cusco <b>ELABORADO POR:</b> GEO CUSCO EIRL	

<b>TECNICA DE INVESTIGACION:</b> Calicata <b>COTAS REFERENCIA:</b> Nivel del terreno <b>NIVEL:</b> 4513.25 mm <b>COORDENADAS UTM:</b> N: 8 520 553.268 m E: 690 620.254 m	<b>UBICACION:</b> Eje de presa <b>BIMENS. CALICATA:</b> Largo: 1m Ancho: 1m <b>PROFUNDIDAD:</b> 0.60m <b>NIVEL FREATICO:</b> No se encontro
---	--

PROFUNDIDAD (metros)	ESTRATO	PERFIL DEL SUELO	CLASIFICACION SUCS	DESCRIPCION	OBSERVACION
0.50 m	1		GM	Suelo de coquecama edáfico con tocas pozos de la coya y asaña espesa de color marrón	
	2			Gro. p. en estado líquido con unido, con matriz de coquecama	Debajo se observó al ramificarlos
1.00 m					
1.50 m					
2.00 m					



# GEO CUSCO EIRL

## Geotecnia y Laboratorio de suelos

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO				PERFORACION:	
<b>PROYECTO:</b> Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa Marhuay del distrito de Coya, provincia de Calca, Cusco. <b>UBICACION:</b> Microcuenca Marhuay. <b>DISTRITO:</b> Coya <b>PROV:</b> Calca <b>DEPTO:</b> Cusco <b>ELABORADO POR:</b> GEO CUSCO EIRL				<b>C - 03</b>	
<b>TECNICA DE INVESTIGACION:</b> Calicará <b>COTAS REFERENCIA:</b> Nivel del terreno <b>NIVEL:</b> 4114.18msnm <b>COORDENADAS UTM:</b> N: 8'520'388.033 m E: 190'593'237 m					
		<b>UBICACION:</b> Eje de presa		<b>DIMENS. CALICATA:</b> Largo: 1m Ancho: 1m	
				<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.20m	
				<b>NIVEL FREATICO:</b> No se encontró	
PROFUNDIDAD (metros)	ESTRATO	PERFIL DEL SUELO	CLASIFICACION SCS	DESCRIPCION	OBSERVACION
0.50 m	1		SM-SC	Suelo de cobertura edáfica con restos vegetales de la zona y materia orgánica de color grisáceo.	Afloramiento del microcuenca
1.00 - X m	2			Roca fragmentada por juntas en las fracturas de arena ligada con grava (material de matriz color rosado que muestra extremadamente fragmentación de tipo arenoso del material local).	
1.50 m					
2.00 m					



# GEO CUSCO EIRL

## Geotecnia y Laboratorio de suelos

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO				PERFORACION:	
<b>PROYECTO:</b> Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa Marhuay del distrito de Coya, provincia de Calca, Cusco. <b>UBICACION:</b> Microcuenca Marhuay. <b>DISTRITO:</b> Coya <b>PROV:</b> Calca <b>DEPTO:</b> Cusco <b>ELABORADO POR:</b> GEO CUSCO EIRL				<b>C - 04</b>	
<b>TECNICA DE INVESTIGACION:</b> Calicata <b>COTAS REFERENCIA:</b> Nivel del terreno <b>NIVEL:</b> -4517.25 (msnm) <b>COORDENADAS UTM:</b> N: 4 329 674.610 m E: 190 812.408 m		<b>UBICACION:</b> Zona de vaso <b>DIMENS. CALICATA:</b> Largo: 1m Ancho: 1m <b>PROFUNDIDAD:</b> 0.60m <b>NIVEL FREATICO:</b> No se encontro			
PROFUNDIDAD (metros)	ESTRATO	PERFIL DEL SUELO	CLASIFICACIÓN SUCS	DESCRIPCION	OBSERVACION
0.50 m	1		SM-SC	Serie de escombros edilicio con raices de plantas de la zona y escombros orgánicos de restos animales, con presencia de ciertos fragmentos cerámicos	
	2			Armas ligadas con pedruzcos de cemento de color rosado	Difusa esfera de cemento rosado
1.00 m					
1.50 m					
2.00 m					



# GEO CUSCO EIRL

## Geotecnia y Laboratorio de suelos

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO				PERFORACION:	
<b>PROYECTO:</b> Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa Marhuay del distrito de Coya, provincia de Calca, Cusco.				<b>C - 05</b>	
<b>UBICACION:</b> Microcuenca Marhuay. <b>DISTRITO:</b> Coya <b>PROV:</b> Calca <b>DEPTO:</b> Cusco					
<b>ELABORADO POR:</b> GEO CUSCO EIRL					
<b>TECNICA DE INVESTIGACION:</b> Calicata		<b>UBICACION:</b> Zona de Vasa		<b>DIMENS. CALICATA:</b> Largo: 1m Ancho: 4m	
<b>COTAS REFERENCIA:</b> Nivel del terreno		<b>NIVEL:</b> 4318.15 asms		<b>PROFUNDIDAD:</b> 0.90m	
<b>COORDENADAS UTM:</b> N: 8 520 778.891 m E: 150 884 497 m		<b>NIVEL FREATICO:</b> No se encontró			
PROFUNDIDAD (metros)	ESTRATO	PERFIL DEL SUELO	CLASIFICACION SCS	DESCRIPCION	OBSERVACION
0.50 m	1		SM-SC	Suelo con arena y materia orgánica con presencia de clastos angulosos redondeados.	
0.50 m	2			Arena fina con bloques y bolsones de hasta 0.70 m de diámetro que constituye una zona de depósitos coluviales alejados.	Delgado al fondo del macrometro.
1.00 m					
1.50 m					
2.00 m					



# GEOCUSCO EIRL

Geotecnia y Laboratorio de suelos

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO				PERFORACION:	
<b>PROYECTO:</b> Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa Marhuay del distrito de Coya, provincia de Calca, Cusco. <b>UBICACION:</b> Microcuenca Marhuay. <b>DISTRITO:</b> Coya <b>PROV:</b> Calca <b>DEPTO:</b> Cusco <b>ELABORADO POR:</b> GEOCUSCO EIRL				<b>C - 06</b>	
<b>TECNICA DE INVESTIGACION:</b> Calicata <b>UBICACION:</b> Zona de vaso <b>COTAS REFERENCIA:</b> Nivel del terreno <b>DIMENS. CALICATA:</b> Largo: 1m Ancho: 1m <b>NIVEL:</b> 4316.15msnm <b>PROFUNDIDAD:</b> 1.10m <b>COORDENADAS UTM:</b> N: 8 520 915 945 m <b>NIVEL FREATICO:</b> No se encontro <b>E:</b> 190 848 493 m					
PROFUNDIDAD (metros)	ESTRATO	PERFIL DEL SUELO	CLASIFICACION SUCE	DESCRIPCION	OBSERVACION
0.50 m	1		SM	Suelo siltoso con arena y grava (menor) mediana, de color negro.	
1.00 m	2			Arena gruesa con grava, con hasta 15 cm de fragmentos de basalto en 10%, los siguientes a 20cm, en un 20% y los inferiores a 5cm en un 70% de fragmentos.	Demuestra el aumento de
1.50 m					
2.00 m					



# GEO CUSCO EIRL

Geotecnia y Laboratorio de suelos

PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL SUELO				PERFORACION:	
<b>PROYECTO:</b> Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa Marhuay del distrito de Coya, provincia de Calca, Cusco. <b>UBICACION:</b> Microcuenca Marhuay. <b>DISTRITO:</b> Coya <b>PROV:</b> Calca <b>DEPTO:</b> Cusco <b>ELABORADO POR:</b> GEO CUSCO EIRL				<b>C - 07</b>	
<b>TECNICA DE INVESTIGACION:</b> Calicata <b>COTAS REFERENCIA:</b> Nivel del terreno <b>NIVEL:</b> 4370.15 msnm <b>COORDENADAS UTM:</b> N: 8 530 955.298 m- E: 190 814 273 m					
PROFUNDIDAD (metros)	ESTRATO	PERFIL DEL SUELO	CLASIFICACION SCS	DESCRIPCION	OBSERVACION
0.50 m	I		SM-SC	Suelo de cobertura fértil con restos orgánicos de la fauna y (restos orgánicos) de origen vegetal, con presencia de raíces de plantas.	
1.00 m	II			Arcillas limosas con arenas y bloques arenosos y de arena rosado con clastos de la arena. Bloques de material de (arenas) compacto y cohesivo.	Debido a la alta plasticidad
1.50 m					
2.00 m					



## GEOCUSCO EIRL

Geotecnia y Laboratorio Cusco

### CONTENIDO DE HUMEDAD

MTC E 108-2000 ASTM D 2210

SOLICITANTE:	PROYECTO ESPECIAL REGIONAL INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE		
PROYECTO:	MANEJO Y GESTION SOSTENIBLE DE COSECHA DE AGUA EN ECOSISTEMAS LAGUNARES ALTOMONDO EN LA CUENCA DEL VILCANOTA		
UBICACION:	Distrito:	CALCA	LAGUNA MARHUAY
	Prov:	CALCA	Region: CUSCO
ESTUDIO:	GEOLOGICO-GEOTECNICO		
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2020		

DATOS DE LA MUESTRA

Identificación: C-1

PORCENTAJE DE HUMEDAD		
Muestra	Capacidad	Porcentaje
1	Porcentaje	11.18
2	Porcentaje + Punto Saturado	111.11
2	Porcentaje + Punto Seco	110.93
3	Porcentaje Agua	11.285
3	Porcentaje Punto Seco	99.025
3	Combustión Humedad	11.18%



#### GRAFICO DE HUMEDAD NATURAL



Av. Tomas Tito Condemayta N° 1813



## GEOCUSCO EIRL

Geotecnia y Laboratorio Cusco

### CONTENIDO DE HUMEDAD

MT C 148-2000 ASTM D 2210

SOLICITANTE:	PROYECTO ESPECIAL REGIONAL INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE		
PROYECTO:	MANEJO Y GESTION SOSTENIBLE DE COBERTURA DE AGUA EN ECOSISTEMAS LACUSTRES ALTOANDINOS EN LA CUENCA DEL VILCANOTA		
UBICACION:	Distrito:	CALCA	LAGUNA MARHUAY
	Prov:	CALCA	Region: CUSCO
ESTUDIO:	GEOLOGICO-GEOTECNICO		
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2020		

**DATOS DE LA MUESTRA**

Ubicacion: **C-2**

PORCENTAJE DE HUMEDAD		
Muestra	CONTENIDO	Wp (%)
1	Prueba 1	20.27
2	Prueba 2 + Dato promedio	10.31
3	Prueba 3 + Dato promedio	20.57
4	Prueba 4	10.17
5	Prueba 5 + Dato promedio	20.42
6	Prueba 6 + Dato promedio	20.15

#### GRAFICO DE HUMEDAD NATURAL

El gráfico muestra la humedad natural de seis muestras. El eje vertical representa el porcentaje de humedad, con marcas en 0.00%, 10.00% y 20.00%. El eje horizontal muestra el número de muestras de 1 a 6. Las barras azules indican los valores de humedad para cada muestra: 20.27%, 10.31%, 20.57%, 10.17%, 20.42% y 20.15%.

Av. Tamasa Tito Condemayta N° 1813



## GEOCUSCO EIRL

Geotecnia y Laboratorio Cusco

### CONTENIDO DE HUMEDAD

MTC E 108-2007 ASTM D 2210



Av. Tomás Tito Condemayta N° 1813



## GEOCUSCO EIRL

Geotecnia y Laboratorio Cusco

### CONTENIDO DE HUMEDAD

MTC E 108-2007 ASTM D 2210

SOLICITANTE	PROYECTO ESPECIAL REGIONAL INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE		
PROYECTO	MANEJO Y GESTION SOSTENIBLE DE CUENCA DE AGUA EN ECOSISTEMAS LAGUNAS ALTOANDINOS EN LA CUENCA DEL VILCANOTA		
UBICACION	Distrito:	CALCA	LAGUNA MARHUAY
	Prov:	CALCA	Region: CUSCO
ESTUDIO	GEOLOGICO-GEOTECNICO		
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2020		

**DATOS DE LA MUESTRA**

Marca: **C-4**

POSIICION DE MUESTRA		
Nº	Ubicación	%
1	Piso del 1er. piso	36.8
2	Piso del 2º - sala de juntas	36.8
3	Piso del 3º - Cuarto baño	36.8
4	Piso del 4to. piso	36.8
5	Piso de Cuarto piso	36.8
6	Cuartos de humedad	36.8

#### GRAFICO DE HUMEDAD NATURAL

The chart displays a single blue bar representing the natural moisture content for all six samples. The vertical axis is labeled '% DE HUMEDAD' and ranges from 0.00% to 20.00%. The horizontal axis is labeled 'Nº DE MUESTRAS'. The bar height is explicitly labeled as 36.8%.

Av. Irmasa Tito Condemayta N° 1813



## GEO CUSCO EIRL

Geotecnia y Labores en Cusco

### CONTENIDO DE HUMEDAD

MTC E 118-2000 ASTM D 2210



Av. Tomás Tito Condemayta N° 1813



## GEO CUSCO EIRL

Geotecnia y Laboratorio Cusco

### CONTENIDO DE HUMEDAD

MTC E 118-2000 ASTM D 2210

SOLICITANTE	PROYECTO ESPECIAL REGIONAL INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE		
PROYECTO	MANEJO Y GESTION SOSTENIBLE DE COSCHNA DE AGUA EN ECOSISTEMAS LAGUNAS ALTOANDINOS EN LA CUENCA DEL VOLCANOTA		
UBICACION	Distrito:	CALCA	LAGUNA MARHUAY
	Prov:	CALCA	Region: CUSCO
ESTUDIO	GEOLOGICO-GEOTECNICO		
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2020		

**DATOS DE LA MUESTRA**

RECIBO: **C-6**

POSIICION DE MUESTRA		
Muestra	LABORATORIO	Fecha
1	Periodo 1	2020
2	Periodo 1 - Llave Sector	2020
3	Periodo 1 - Llave Sector	2020
4	Periodo 1 - Llave Sector	2020
5	Periodo 1 - Llave Sector	2020
6	Periodo 1 - Llave Sector	2020
7	Periodo 1 - Llave Sector	2020

### GRAFICO DE HUMEDAD NATURAL

Nº de Muestra	% de Humedad
1	12.07%

Av. Irmasa Tito Condemayta N° 1813



## GEOCUSCO EIRL

Geotecnia y Laboratorio Cusco

### CONTENIDO DE HUMEDAD

MTC E 108-2000 ASTM D 2216

SOLICITANTE:	PROYECTO ESPECIAL REGIONAL INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE		
PROYECTO:	MANEJO Y GESTION SOSTENIBLE DE CORRIENTES DE AGUA EN ENCOSTRILLAS LACUSTRES ALTOANDINOS EN LA CUENCA DEL VOLCANOTA		
UBICACION:	Distrito:	CALCA	LAGUNA MARHUAY
	Prov:	CALCA	Región: CUSCO
ESTUDIO:	GEOLOGICO-GEOTECNICO		
FECHA:	NOVIEMBRE DEL 2020		

**DATOS DE LA MUESTRA**

Marca: **C-7**

POTENCIAL DE HUMEDAD		
Muestra	Contenido	%
1	Proced. 1er	9.83
2	Proced. 2o - 3er	10.24
3	Proced. 4o - 5er	10.4
4	Proced. 6er	7.9
5	Proced. 7er	7.66
6	Proced. 8er	10.8

#### GRAFICO DE HUMEDAD NATURAL

Y-axis: % DE HUMEDAD (0.00%, 5.00%, 10.00%)  
X-axis: Nº DE MUESTRAS (1 to 6)  
Sample 1: 9.83%  
Sample 6: 10.8%

Av. Tomás Tito Condemayta N° 1813





“ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA MARHUAY DEL DISTRITO DE COYA, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO.”



**GEOCUSCO EIRL**

Geotecnia y Laboratorios Civil

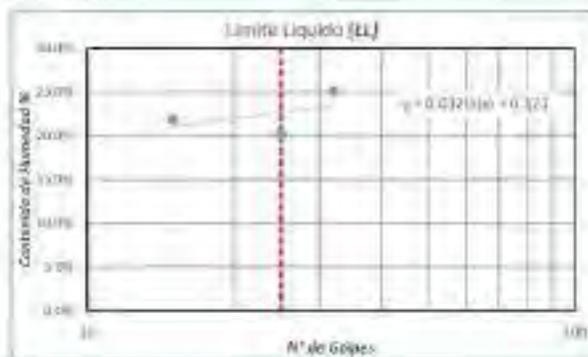
**DETERMINACION DE LIMITES DE CONSISTENCIA**

ASTM D-4318 AYC E.110 y AYC E.115



SOLICITANTE :	PROYECTO ESPECIAL REGIONAL INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE			
PROYECTO :	MANEJO Y GESTION SOSTENIBLE DE COSECHA DE AGUA EN ECOSISTEMAS LACUSTRES ALTOSANDOS EN LA CUENCA DEL WILCANOTA			
UBICACION :	Distrito:	COLCA	LAGUNA MARHUAY	
	Prov:	CALCA	Region:	CUSCO
ESTUDIO :	GEOLOGICO - GEOTECNICO			
FECHA:				

Descripción	Limite Líquido LL			Limite Plástico LP		
	1	2	3	1	2	3
Número de ensayo						
Código de réplica						
Peso de la capsula	19.97	20.29	20.03	20.77	20.56	20.25
Peso de capsula + suelo húmedo	65.15	63.64	62.82	26.45	25.64	26.11
Peso de capsula + suelo seco	57.23	56.35	54.23	25.33	24.96	25.21
Peso del suelo seco	36.28	36.06	34.20	5.04	4.40	4.96
Peso del agua	7.92	7.39	8.59	1.14	0.78	0.80
Circunferencia de humedad (%)	21.83%	20.22%	25.32%	22.62%	18.06%	18.15%
Número de golpes	15	25	50			



Código de muestra: **C-1**

Limite Líquido (LL)  
 $LL = -0.045 \cdot \ln(25) + 0.317$   
**LL = 22.65**

Limite Plástico (LP)  
 LP = Prom. de contenido de humedad  
**LP = 19.61**



Índice de Plasticidad (IP)  
 $IP = LL - LP$   
**IP = 3.02**

*[Handwritten signature and stamp]*

Av. Tarma 1100 - Cusco Perú N° 1634  
 Telef: 084 232508  
 Cel: 984127469-984576420

gco@geocusco.com





“ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA MARHUAY DEL DISTRITO DE COYA, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO.”



**GEOCUSCO EIRL**

Geotecnia y Laboratorio Quito

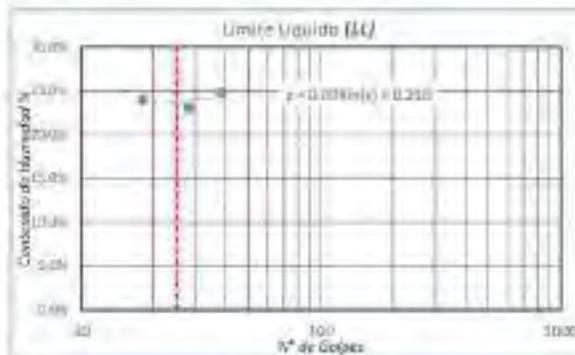
DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

ASPM-4818 MTC-E-130-V-MEF-111



SOLICITANTE :	PROYECTO ESPECIAL REGIONAL INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE		
PROYECTO :	MANEJO Y GESTION SOSTENIBLE DE COSECHA DE AGUA EN ECOSISTEMAS LACUSTRES ALTOSANDINO EN LA CUENCA DEL VILCANOTA		
UBICACIÓN :	Distrito:	CALCA	LAGUNA MARHUAY
	Prov:	CALCA	Region: CUSCO
ESTUDIO :	GEOLOGICO - GEOTECNICO		

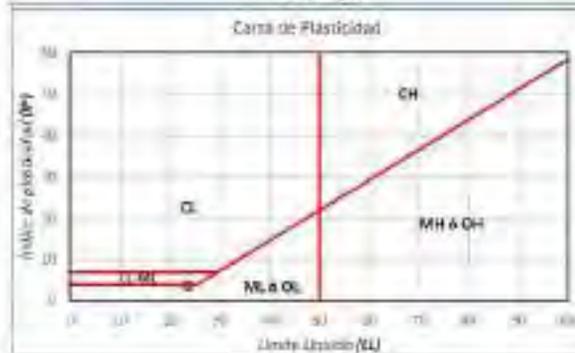
Descripción	Limite Líquido LL			Limite Plástico LP		
	1	2	3	1	2	3
Número de ensayo						
Código de muestra						
Peso de la capsula	19.97	20.29	20.03	20.27	20.56	20.25
Peso de capsula + suelo húmedo	61.13	63.64	62.87	26.45	25.64	26.11
Peso de capsula + suelo seco	56.43	55.52	54.31	25.31	24.80	25.14
Peso del suelo seco	56.28	35.23	34.28	5.04	4.34	4.89
Peso del agua	8.70	8.12	8.51	1.14	0.74	0.97
Contenido de Humedad (w)	23.98%	23.05%	24.82%	22.62%	17.05%	19.76%
Número de golpes	18	28	38			



Código de muestra: C-2

Limite Líquido (LL)  
 $LL = -0.045 * LN(25) + 0.317$   
**LL = 23.57**

Limite Plástico (LP)  
 LP = Prom. de contenido de humedad  
**LP = 19.81**



Indice de Plasticidad (IP)  
 $IP = LL - LP$   
**IP = 3.76**

Av. Toribazo Tito Cabello s/n IP 1411  
 tel: 044 232044  
 Cel: 98127799-98137500

gucoco@netnet.com





**“ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA MARHUAY DEL DISTRITO DE COYA, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO.”**



**GEO CUSCO EIRL**

Geotecnia y Laboratorios Dúctos

**DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE CONSISTENCIA**

428M-4218 MTC E.L.0 Y V.M.T F.111



<b>SOLICITANTE :</b>	PROYECTO ESPECIAL REGIONAL INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE			
<b>PROYECTO :</b>	MANEJO Y GESTIÓN SOSTENIBLE DE COSECHA DE AGUA EN ECOSISTEMAS LACUSTRES ALTOANDINOS EN LA CUENCA DEL VILCANOTA			
<b>UBICACIÓN :</b>	<b>Distrito:</b>	CALCA	LAGUNA MARHUAY	C-3
	<b>Prov:</b>	CALCA	<b>Región:</b> CUSCO	
<b>ESTUDIO :</b>	GEOLOGICO - GEOTECNICO			

Descripción	Límite Líquido <b>LL</b>			Límite Plástico <b>LP</b>		
	1	2	3	1	2	3
Número de ensayo						
Código de código						
Peso de la capsula	20.82	20.29	20.27	20.56	20.23	20.15
Peso de capsula + suelo (humedo)	67.14	63.75	62.18	25.37	25.69	26.34
Peso de capsula + suelo seco	57.72	53.14	53.62	24.56	24.78	23.28
Peso del suelo seco	36.94	32.85	33.35	4.00	4.55	3.11
Peso del agua	9.92	8.61	8.56	0.81	0.91	1.08
Contenido de Humedad (H)	25.92%	26.21%	25.67%	20.25%	20.09%	21.18%
Número de golpes	17	27	35			



Código de muestra: **C-3**

**Límite Líquido (LL)**

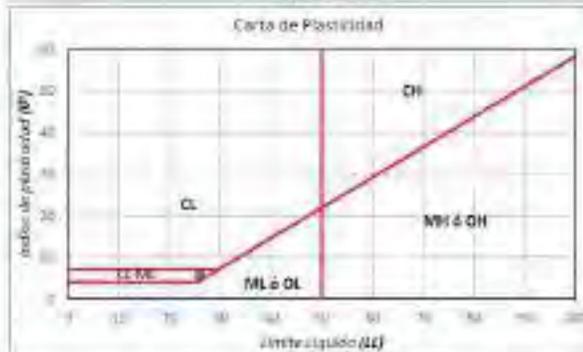
$$LL = -0.049 * (LN)25 + 0.339$$

$$LL = 25.98$$

**Límite Plástico (LP)**

LP = Prom. de contenido de humedad

$$LP = 20.51$$



**Índice de Plasticidad (IP)**

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 5.48$$

Av. Toribazo Tito Condorayta Nº 1211,  
tel: (054) 238940  
Cel: 988127394-988575001

gcocon@fotmail.com



**“ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA MARHUAY DEL DISTRITO DE COYA, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO.”**



**GEOCUSCO EIRL**

Geotecnia y Laboratorios Citos

**DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE CONSISTENCIA**

ASPM 04818 MTC. LILY YANKE E.I.R.L.

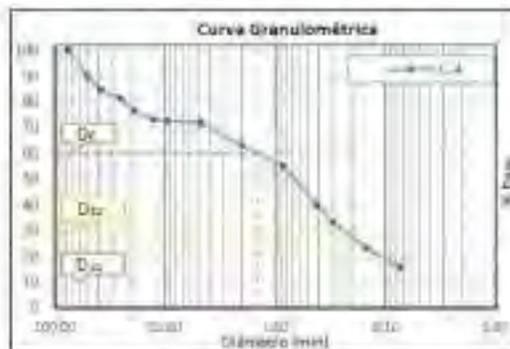


<b>SOLICITANTE -</b>	PROYECTO ESPECIAL REGIONAL INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE			
<b>PROYECTO</b>	MANEJO Y GESTION SOSTENIBLE DE COSERNA DE AGUA EN ECOSISTEMAS LACUSTRES ALTOANDINOS EN LA CUENCA DEL VILCAVOTA			
<b>UBICACIÓN</b>	<b>Distrito:</b>	CALCA	LAGUNA MARHUAY	
	<b>Prov:</b>	CALCA	<b>Region:</b>	CUSCO
<b>ESTUDIO -</b>	GEOLOGICO - GEOTECNICO			
<b>FECHA:</b>				

Código de muestra: **C-4** Sondeo:  
 Peso Inicial Seco: 686.41 gr Profundidad:  
 Peso Lavado Seco: 582.91 gr Contenido de Humedad: 15.88 %

	%	Malla / Tamiz	Abertura (mm)	Peso (gr)	Retenido	Retenido Parcial %	% Acumulados		Propiedades Físicas	
							Retenido	Pasa	De <sub>10</sub>	De <sub>20</sub>
<b>Gravas</b>	0.00	3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	De <sub>10</sub>	1.45	
Gruesa	23.52	2"	50.800	62.16	10.15	10.15	89.85	De <sub>20</sub>	0.24	
		1 1/2"	38.100	35.45	5.46	15.61	84.38	De <sub>40</sub>	#N/D	
		1"	25.400	19.31	3.19	18.75	81.25	Cu	#N/D	
		3/4"	19.050	29.25	4.78	23.52	76.48	Cc	#N/D	
	Fina	4.50	3/2"	12.700	22.99	3.99	27.01	72.99	<b>Distribución Granulométrica</b>	
Arena	9.02	3/8"	6.525	4.24	0.53	27.54	72.46	% Gravas	26.03%	
		Nº 4	4.760	2.96	0.49	28.03	71.97	% Arenas	56.16%	
		Nº 10	2.000	58.23	9.02	37.05	62.95	% Finos	25.82%	
		Nº 20	0.840	49.12	8.02	45.07	54.93	<b>Límites de consistencia</b>		
		Nº 40	0.420	92.14	15.05	60.12	39.88	Lim. Líquido	35.58	
Limos y arcillas	23.97	Nº 50	0.297	41.00	6.30	66.81	33.19	Lim. Plástico	30.29	
		Nº 100	0.149	60.32	9.62	76.53	23.37	Indice de Plasticidad	5.25	
		Nº 200	0.074	46.23	7.55	84.18	15.82			
	15.82	Cavalete + Lavado		46.84	15.82	100.00	0.00			
				<b>Σ =</b>	<b>612.26</b>					

**Clasificación: (S.U.C.S.)**  
**SM-SC**  
**Descripción:**  
 Arena limosa arcillosa con gravas



Geotecnia y Laboratorios Citos  
 Av. Tarma 170 - Condesuy (P. 1111)  
 Tel: (051) 01 2320411  
 Cel: (9842) 7399-984273001

lucos@geotecnic.com



**“ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA MARHUAY DEL DISTRITO DE COYA, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO.”**



**GEOCUSCO EIRL**

Geotecnia y Laboratorios Cuscos

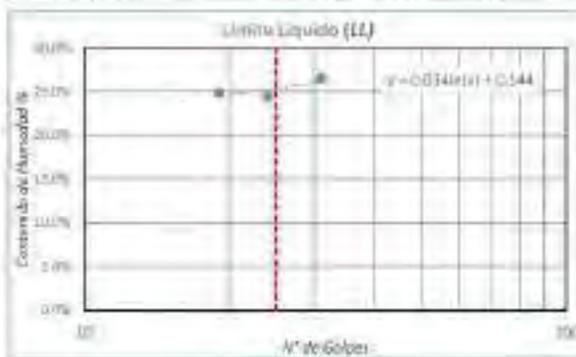
**DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE CONSISTENCIA**

ASTM D-4318 MOD. LBYVAME F.113



SOLICITANTE :	PROYECTO ESPECIAL REGIONAL INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE					
PROYECTO :	MANEJO Y GESTION SOSTENIBLE DE COSECHA DE AGUA EN ECOSISTEMAS LAGUNARES ALTOANDINOS EN LA CUMBRILLA DEL VILCANOTA					
UBICACION :	Distrito:	CALCA	LAGUNA MARHUAY			
	Prov:	CALCA	Region:	CUSCO	C-4	
ESTUDIO :	GEOLOGICO - GEOTECNICO					

Descripción	Limite Liquido LL			C-		
	1	2	3	1	2	3
Número de ensayo						
Código de muestra						
Peso de la muestra	19.97	20.29	20.03	20.27	20.56	20.25
Peso de muestra + suelo húmedo	65.15	63.64	62.82	36.45	25.64	25.11
Peso de muestra + suelo seco	36.12	55.11	53.80	25.40	24.75	25.17
Peso del suelo seco	16.34	34.82	33.81	3.33	4.19	4.92
Peso del agua	9.03	8.53	8.96	1.05	0.89	0.94
Contenido de Humedad (H)	24.85%	24.30%	24.19%	20.47%	21.24%	19.15%
Número de golpes	16	24	33			



Código de muestra: C-4

**Limite Liquido (LL)**  
 $LL = 0.064 * \ln(25) + 0.178$   
**LL = 25.53**

**Limite Plástico (LP)**  
 LP = Prom. de contenido de humedad  
**LP = 20.29**



**Índice de Plasticidad (IP)**  
 $IP = LL - LP$   
**IP = 5.25**

*[Handwritten signature and stamp]*

Av. Toribazo Tito Condensa y/o F. 1413  
 tel: 051 984 232948  
 Cel: 984217994-984375001

cuscos@geotecna.com





“ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA MARHUAY DEL DISTRITO DE COYA, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO.”



**GEOCUSCO EIRL**

Geotecnia y Laboratorios Cusco

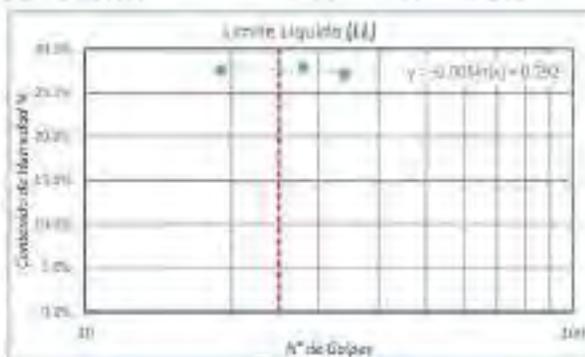
DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE CONSISTENCIA

ASPMIO-8218 MTC P.L.130-VI-ME F.113



SOLICITANTE	PROYECTO ESPECIAL REGIONAL INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE			
PROYECTO	MANEJO Y GESTION SOSTENIBLE DE COSECHA DE AGUA EN ECOSISTEMAS LACUSTRES ALTOANDINOS EN LA CUENCA DEL VOLCANOTA			
UBICACIÓN	Distrito:	CALCA	LAGUNA MARHUAY	C-5
	Prov:	CALCA	Region: CUSCO	
ESTUDIO	GEOLOGICO - GEOTECNICO			

Descripción	Límite Líquido LL			Límite Plástico LP		
	1	2	3	1	2	3
Número de ensayo						
Código de muestra						
Peso de la capsula	20.37	20.24	20.58	20.13	20.21	20.10
Peso de capsula + suelo húmedo	68.47	63.08	64.08	36.58	26.30	25.69
Peso de capsula + suelo seco	59.40	53.72	54.80	33.30	25.40	24.98
Peso del suelo seco	36.34	31.48	34.21	5.57	5.25	4.68
Peso del agua	10.02	9.36	9.28	1.28	1.04	0.95
Contenido de Humedad (w)	27.57%	27.96%	27.13%	22.98%	19.81%	20.43%
Número de golpes	19	28	34			



Código de muestra: C-5

Límite Líquido (LL)

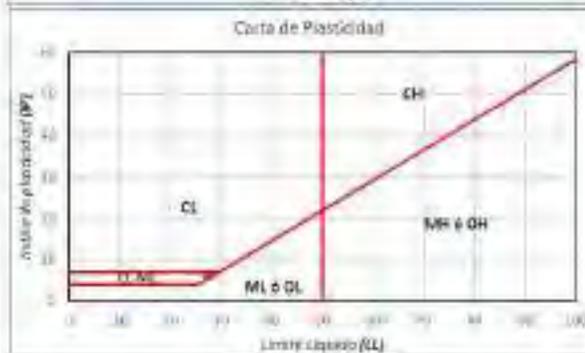
$$LL = -0.009 * LN(25) + 0.334$$

$$LL = 27.59$$

Límite Plástico (LP)

LP = Prom. de contenido de humedad

$$LP = 21.07$$



Índice de Plasticidad (IP)

$$IP = LL - LP$$

$$IP = 6.52$$

Av. Toribazo Tito Condorayra Nº 1411,  
Tel: 054 232048  
Cel: 984217994-984375001

la.cusco@notefir.com





**“ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA MARHUAY DEL DISTRITO DE COYA, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO.”**



**GEOCUSCO EIRL**

Geotecnia y Laboratorios Qúicos

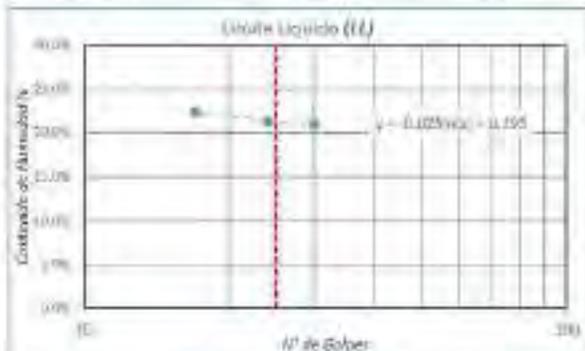
**DETERMINACIÓN DE LÍMITES DE CONSISTENCIA**

487M-INSTR-MTC-E-LIB-VI-ME-F-113



SOLICITANTE :	PROYECTO ESPECIAL REGIONAL INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE		
PROYECTO :	MANEJO Y GESTION SOSTENIBLE DE COSECHA DE AGUA EN ECOSISTEMAS LACUSTRES ALTOANDINOS EN LA CUENCA DEL WILCANOTA		
UBICACIÓN :	Distrito:	CALCA	LAGUNA MARHUAY
	Prov:	CALCA	Region: CUSCO
ESTUDIO :	GEOLOGICO - GEOTECNICO		
FORMA:	C-6		

Descripción	Limite Líquido LL			Limite Plástico LP		
	1	2	3	1	2	3
Número de ensayo						
Código de muestra						
Peso de la muestra	30.42	28.15	28.27	34.28	30.48	20.06
Peso de agua + suelo húmedo	68.15	63.78	62.34	26.12	26.74	23.98
Peso de agua + suelo seco	60.01	56.12	55.04	25.34	25.71	23.00
Peso del suelo seco	36.34	33.97	34.77	5.36	5.08	4.94
Peso del agua	8.14	7.66	7.30	0.98	1.03	0.93
Contenido de humedad (%)	22.40%	23.30%	21.00%	18.28%	20.25%	18.83%
Número de golpes	17	34	30			



Código de muestra: **C-6**

**Limite Líquido (LL)**  
 $LL = 0.025 * LN(25) + 0.303$   
**LL = 21.98**

**Limite Plástico (LP)**  
 LP = Prom. de contenido de humedad  
**LP = 19.12**



**Índice de Plasticidad (IP)**  
 $IP = LL - LP$   
**IP = 2.86**

*[Handwritten signature and stamp]*

Av. Toribazo Tito Condorayta 1411  
 tel: 054 232040  
 Cel: 981271394-981475001

gucosa@netmail.com



“ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA MARHUAY DEL DISTRITO DE COYA, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO.”



**GEOCUSCO EIRL**

Geotecnia y Laboratorios Quito

GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA

ASPM04818 MTC.0111YAMP7111

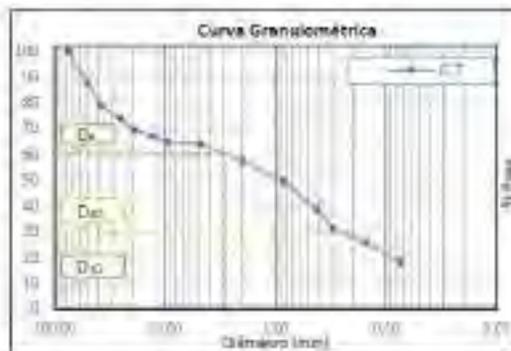


SOLICITANTE :	PROYECTO ESPECIAL REGIONAL INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE		
PROYECTO	MANEJO Y GESTION SOSTENIBLE DE ECOSISTEMA DE AGUA EN ECOSISTEMAS LACUSTRES ALTOSANDINO EN LA CUENCA DEL VILCANOTA		
UBICACION	Distrito:	CALCA	LAGUNA MARHUAY
	Prov:	CALCA	Region: CUSCO
ESTUDIO :	GEOLOGICO - GEOTECNICO		
FECHA:			

Codigo de muestra: C-7      Saneado:  
 Peso Inicial Seco: 804.47 gr.      Profundidad:  
 Peso Lavado Seco: 509.30 gr.      Contenido de Humedad: 6.89 %

	%	Malla / Tamiz	Abertura (mm)	Peso (gr)	Retenido	Retenido Parcial %	% Acumulados		Propiedades Físicas	
							Retenido	Pasa	D <sub>60</sub> =	D <sub>30</sub> =
Centos	0.00	3"	76.200	0.00	0.00	100.00			D <sub>60</sub> =	2.85
Grava	Guesa	2"	50.800	73.21	12.50	87.50			D <sub>10</sub> =	0.75
		1 1/2"	38.100	51.21	8.85	21.38	78.64		D <sub>15</sub> =	0.85
		1"	25.400	28.84	4.98	26.52	73.68		D <sub>20</sub> =	0.90
		3/4"	19.050	25.02	4.33	30.65	69.35		D <sub>30</sub> =	1.00
	Fina	5.50	1/2"	12.200	14.21	2.46	33.11	66.89		D <sub>40</sub> =
Arenas	Guesa	3/8"	9.525	12.38	2.34	35.25	64.75		Distribución Granulométrica	
		Nº 4	4.760	5.59	0.95	36.21	63.79		% Gravas:	95.21%
	Media	Nº 10	2.000	36.87	6.38	42.60	57.40		% Arenas:	45.79%
		Nº 20	0.840	45.92	7.93	50.53	49.47		% Finas:	18.03%
		Nº 40	0.420	62.51	10.82	51.35	38.65		Limites de consistencia	
Fina	Nº 50	0.297	44.88	7.77	60.11	30.89		Lim. Líquido	28.80	
	Nº 100	0.149	28.48	5.30	74.22	25.78		Lim. Plástico	23.22	
Limites y arcillas	18.01	Cuentas Lavado	-	104.00	18.01	100.00	0.00		Índice de Plasticidad	3.56
				$\Sigma =$	577.76					

Clasificación (S.U.C.S.)
SM-SC
Descripción:
Arenas limpias arcillosas con gravilla



Av. Jimenez 126 - Condesuyuti 47 - Lima  
 Telf: 4760401-4760402  
 Cel: 984217399 - 984425041

gucusco@geotecnia.com



**“ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA MARHUAY DEL DISTRITO DE COYA, PROVINCIA DE CALCA, CUSCO.”**



**GEOCUSCO EIRL**

Geotecnia y Laboratorio Cútes

**GRANULOMETRIA Y LIMITES DE CONSISTENCIA**

ASTM D-4218 MTC-UBIYANT F 111



<b>SOLICITANTE :</b>	PROYECTO ESPECIAL REGIONAL INSTITUTO DE MANEJO DE AGUA Y MEDIO AMBIENTE					
<b>PROYECTO</b>	MANEJO Y GESTION SOSTENIBLE DE OCOSHA DE AGUA EN ECOSISTEMAS LACUSTRES ALTOANDINOS EN LA CUENCA DEL VOLCANOTA					
<b>UBICACION</b>	<b>Distrito:</b>	CALCA	LAGUNA MARHUAY			C-7
	<b>Prov:</b>	CALCA	<b>Region:</b>	CUSCO		
<b>ESTUDIO :</b>	GEOLOGICO - GEOTECNICO					

Descripción	Limite Líquido LL			Limite Plástico LP		
	1	2	3	1	2	3
Número de ensayo						
Código de muestra						
Peso de la muestra	20.01	20.29	20.27	20.56	20.25	20.15
Peso de arena + suelo húmedo	75.63	65.37	65.31	27.05	25.68	26.48
Peso de arena + suelo seco	68.54	56.85	56.32	26.01	24.77	25.26
Peso del suelo seco	56.34	38.58	38.85	5.45	4.57	5.11
Peso del agua	8.09	8.57	9.39	1.04	0.91	1.23
Contenido de humedad (%)	25.01%	23.30%	25.63%	19.08%	20.13%	24.14%
Número de golpes	19	26	33			

**Limite Líquido (LL)**

Código de muestra: **C-7**

---

**Limite Líquido (LL)**

$LL = -0.066 * LN(25) + 0.591$

**LL = 24.68**

---

**Limite Plástico (LP)**

LP = Prom. de contenido de humedad

**LP = 21.12**

---

**Indice de Plasticidad (IP)**

$IP = LL - LP$

**IP = 3.56**

**Carta de Plasticidad**

Av. Toribazo Tito Condorayta 1411  
 tel: (054) 228048  
 fax: (054) 228048

calcoce@noterial.com