

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



**“ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL TERRENO DE
FUNDACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA
HUISILLOPUNKU – SANTO TOMAS”**

TESIS PRESENTADO POR:

BACH: EDWIN GUTIERREZ QUISPE

BACH: ROSMERY QUISPE LACUTA

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEOLOGO

ASESOR:

ING. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA

CUSCO –PERU

2022

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	16
CAPITULO I: GENERALIDADES.....	18
1.1 INTRODUCCION.....	18
1.1.1 Antecedentes	18
1.1.2 Características de la Presa.	18
1.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO	19
1.2.1 Demarcación Política	19
1.2.2 Ubicación Geográfica y UTM.....	19
1.2.3 Ubicación Hidrográfica.....	19
1.3 ACCESIBILIDAD.....	21
1.4 CLIMA Y VEGETACIÓN.....	22
1.5 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	23
1.6 FORMULACION DEL PROBLEMA	23
1.7 OBJETIVOS.....	24
1.7.1 OBJETIVO GENERAL	24
1.7.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	24
1.8 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA.....	24
1.9 HIPOTESIS	25
1.9.1 General	25
1.9.2 Especificas.....	25
1.10 METODOLOGIA DE TRABAJO.....	25
1.11.1 ETAPA DE GABINETE I	25
1.11.2 ETAPA DE CAMPO	26
1.11.3 ETAPA DE GABINETE II.....	27
1.11 MARCO TEORICO.....	28
1.11.1 Definiciones Principales.....	28
CAPITULO II: GEOMORFOLOGIA	32
2.1 GENERALIDADES.....	32
2.2 GEOMORFOLOGIA REGIONAL.....	33
2.2.1 Valles Altoandinos Estrechos.....	34

2.2.2	Valles Altoandinos Amplios	35
2.2.3	Laderas y Altiplanos Altoandinos	35
2.2.4	Cordilleras Altas.....	35
2.3	GEOMORFOLOGIA LOCAL	36
2.3.1	GEOMORFOLOGÍA LOCAL DEL VASO DE LA PRESA	38
2.3.2	Geomorfología del dique de la presa.....	44
2.4	GEOMORFOGENESIS EVOLUTIVA DE FORMACION DEL VASO	45
2.4.1	Fase 1.....	45
2.4.2	Fase 2.....	45
2.4.3	Fase 3.....	46
2.4.4	Fase 4.....	46
2.4.5	Fase 5.....	46
2.5	PARAMETROS MORFOLOGICOS Y MORFOMETRICOS	47
2.5.1	Área de Drenaje (At):.....	47
2.5.2	Perímetro (P):.....	47
2.5.3	Forma de la cuenca.....	47
2.5.3.1.	Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (Kc).....	47
2.5.3.2.	Factor de Forma (Ff)	48
2.5.4	Parámetro de Relieve de la Cuenca.....	50
CAPITULO III: GEOLOGIA		52
3.1	GEOLOGIA REGIONAL	52
3.1.1	GRUPO BARROSO	52
3.1.2	GRUPO TACAZA	52
3.1.3	FORMACION ALPABAMBA.....	53
3.1.4	DEPOSITOS FLUVIO-GLACIARES	53
3.1.5	DEPOSITOS ALUVIALES	54
3.1.6	VOLCANICO	54
3.2	GEOLOGIA LOCAL.....	55
3.2.1	Formación Alpabamba (Nm-al).....	56
3.2.2	DEPÓSITOS CUATERNARIOS	58
CAPITULO IV: GEOLOGIA ESTRUCTURAL		63

4.1	GENERALIDADES.....	63
4.2	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL	63
4.3	GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL.....	64
4.3.1	Deformaciones Del Área De Estudio	65
CAPITULO V: HIDROLOGIA		77
5.1	ASPECTOS GENERALES.....	77
5.2	PARÁMETROS HIDROMORFOMETRICOS	77
5.2.1	Número de Orden del sistema de drenaje.....	77
5.2.2	Densidad de Drenaje (Dd).....	78
5.2.3	Pendiente del cauce principal.....	78
5.3	HIDROLOGIA SUPERFICIAL.....	79
5.3.1	QUEBRADAS	79
5.3.2	LAGUNAS.....	79
5.3.3	RÍOS.....	81
5.4	HIDROMETEOROLOGIA.....	81
5.4.1	TEMPERATURA	81
5.4.2	EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	86
5.4.3	ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA PLUVIOMETRIA	88
5.4.4	ANALISIS Y TRATAMIENTO DE LA ESCORRENTIA.....	95
5.4.5	CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LA PRESA HUISILLO	100
5.4.6	ANALISIS DE EVENTOS EXTREMOS.....	103
5.5	DEMANDA DE AGUA.....	107
5.5.1	DEMANDA AGRÍCOLA.....	107
5.5.2	DEMANDA PECUARIA.....	108
5.5.3	DEMANDA POBLACIONAL	108
5.6.	BALANCE HIDRICO	110
5.6.1	BALANCE HÍDRICO DEL PROYECTO.....	110
5.7	TRANSPORTE DE SEDIMENTOS:.....	112
5.7.1	Método de Schoklitsch.....	113
5.8	HIDROGEOLOGIA.....	114
5.8.1	HIDROQUIMICA.....	115
5.8.2	IDENTIFICACION DE UNIDADES HIDROGEOLOGICAS.....	119

CAPITULO VI: GEODINAMICA 125

6.1	GENERALIDADES.....	125
6.2	GEODINAMICA INTERNA.....	125
6.2.1	Sismicidad Histórica.....	126
6.2.2	Sismicidad Instrumental.....	128
6.2.3	Intensidad Sísmica.....	128
6.2.4	Sismicidad del are de estudio.....	129
6.2.5	Aceleración Sísmica.....	131
6.2.6	Parámetros Del Análisis Sísmico - Consideraciones De La Norma E.030 De Diseño Sismo Resistente.....	132
6.3	GEODINAMICA EXTERNA.....	137
6.3.1	Fenómenos y Eventos Observados.....	137

CAPITULO VII: GEOFISICA..... 145

7.1	GENERALIDADES.....	145
7.2	TOMA Y REGISTRO DE LA INFORMACION DE TOMOGRAFIA.....	145
7.2.1	Líneas Geoelectricas –Tomografía.....	145
7.3	PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE DATOS GEOFÍSICOS.....	147
7.3.1	Sección tomográfica N° 1 (Imagen N°7.2).....	149
7.3.2	Sección tomográfica N° 2.....	151
7.3.3	Sección tomográfica N° 3.....	153
7.3.4	Sección tomográfica N° 4.....	154
7.3.5	Sección tomográfica N° 5.....	156
7.3.6	Sección tomográfica N° 6.....	158

CAPITULO VIII: GEOTECNIA 161

8.1	GENERALIDADES.....	161
8.1.1	INTRODUCCIÓN.....	161
8.2	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DEL VASO DE LA PRESA.....	161
8.2.1	SECUENCIA LITOLÓGICA EN EL VASO DE PRESAMIENTO.....	161
8.2.2	PROPIEDADES GEOTECNICAS DEL MATERIAL EN LAS CARCAVAS O QUEBRADAS EROSIVAS.....	168
8.3	CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DEL EJE DE LA PRESA.....	170

8.3.1	MECANICA DE ROCAS.....	170
8.3.2.	SECUENCIA LITOLÓGICA EN EL EJE DE PRESA.....	176
8.3.3	DATOS DE LABORATORIO.....	182
8.3.4	PERFORACIONES DIAMANTINAS	184
8.3.5	PRUEBAS DE PERMEABILIDAD	195
8.4	MATERIALES DE CONSTRUCCION CANTERAS.	201
8.4.1	Cantera de Agregado - Playas del Rio Huancarama.	201
8.4.2	Cantera de Roca	203
CAPITULO IX: IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES		
.....		206
9.1	GENERALIDADES.....	206
9.2	METODOLOGIA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS	206
9.3	DESARROLLO METODOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS DEL PROYECTO.....	207
9.3.1	Resultados De La Evaluación De Impactos Ambientales.....	207
9.4	PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.....	209
9.4.1	Programas Del Plan De Manejo.....	209
9.5	PLAN DE CONTINGENCIA	211
CONCLUSIONES		212
RECOMENDACIONES		216
BIBLIOGRAFÍA		217

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.1. Ubicación Geográfica y UTM del área de Estudio.	19
Tabla N° 1.2: Ubicación Geográfica de la Cuenca Huisillo	20
Tabla N°2.1: Rango de Pendientes de la superficie topográfica.	37
Tabla N° 2.2. Coeficiente de Compacidad (Kc)	48
Tabla N° 2.3. Tipos de forma de la cuenca según el factor de Forma.	49
Tabla N° 3.1. Descripción macroscópica de muestras.....	57
Tabla N° 4.1. Datos de buzamientos, dirección de buzamiento y abertura, tomados en campo.	67
Tabla N° 4.2. Datos de buzamientos, direcciones de buzamientos y abertura, tomados en campo.	69
Tabla N° 4.3. Datos de buzamientos, dirección de buzamiento y abertura, tomados en campo.	71
Tabla N° 4.4. Datos de buzamientos, dirección de buzamiento de fallas locales, tomadas en campo.	74
Tabla N°5.1: Clasificación de la red de drenaje de las cuencas.....	78
Tabla N° 5.2: Lagunas Existentes Dentro de la Cuenca de Estudio.....	79
Tabla N° 5.3: Área de Lagunas.....	80
Tabla N°5.4: Nombre de los principales ríos dentro de la cuenca, las coordenadas fueron tomados en los puntos de salida o aforo.....	81
Tabla N° 5.5: Periodos de información de temperatura empleados en el estudio.....	82
Tabla N° 5.6: Regionalización de Temperatura Media Mensual (°C).....	82
Tabla N° 5.7: Regionalización de temperatura Máxima media Mensual	83
Tabla N° 5.8: Regionalización de temperatura Mínima media Mensual.	84
Tabla N° 5.9: Evapotranspiración Potencial Media Mensual (ETo)	87
Tabla N° 5.10: Ubicación de Estaciones Meteorológicas para el estudio hidrológico	88
Tabla N° 5.11: Periodos de Información Histórica de Precipitación Media Mensual	89
Tabla N° 5.12: Análisis Regional de Altitud Vs. Precipitación	89
Tabla N° 5.13. Regionalización de Precipitación Vs. Latitud	92
Tabla N° 5.14: Precipitación Media Mensual de la Cuenca Huisillo.	93
Tabla 5.15: Resumen de precipitación mensual, y Precipitación al 75 % de persistencia	93
Tabla N° 5.16: Precipitación Efectiva de la Cuenca (mm).....	95
Tabla N° 5.17: Registros Aforados en el eje de la presa Huisillo (m ³ /s).....	98
Tabla N° 5.18: caudales medios mensuales de la cuenca del rio Huisillo (m ³ /s)	99
Tabla N° 5.19: Caudales Disponibles al 50% y 75% de Persistencia del Rio Huisillo	99
Tabla 5.20: Determinación de la relación Altura-Volumen, de almacenamiento topográfico de la represa	101
Tabla N° 5.21: Registro de caudales máximos de ingreso a la presa Huisillo.....	104

Tabla N° 5.22: Caudales Máximos para Diferentes Periodos de Retorno Cuenca del rio Huisillo	105
Tabla N° 5.23: Caudales Máximos de Diseño para un Periodo de Retorno de 105 Años cuenca del Rio Huisillo	106
Tabla N° 5.24: Caudales Máximos de Diseño para un Periodo de Retorno de 475 Años cuenca del Rio Huisillo	106
Tabla 5.25: Demanda agrícola cuenca Huisillo	107
Tabla N° 5.26: Dotación de Agua para animales en el Proyecto	108
Tabla N° 5.27: Dotación Pecuaria en el Proyecto	108
Tabla 5.28: Demanda Pecuaria cuenca Huisillo	108
Tabla N° 5.29: Dotación Poblacional del Proyecto.	109
Tabla N° 5.30: Resumen de la demanda.	110
Tabla N° 5.31: Balance Hídrico en Base al Reglamento de la Presa Huisillo.	111
Tabla 5.32: procedimiento para transporte de sedimento.....	114
Tabla 5.33: Clasificación de terrenos por la permeabilidad	120
Tabla N° 5.34: Resultados de permeabilidad en suelos distribuidos en el área de estudio.	121
Tabla N° 5.35: Resultados de permeabilidad en Macizo rocoso distribuidos en el área de estudio.	122
Tabla N° 6.1: Parámetros epicentrales, magnitud y energía sísmica.	126
Tabla N° 6.2: aceleración Sísmica.....	132
Tabla N°6.3: Suelo con velocidad de onda de corte menor que el de una roca.	134
Tabla N° 6.4: Los valores de T_p y S para este caso serán establecidos por el especialista, pero en ningún caso serán menores que los especificados para el perfil tipo S3.	135
Tabla N°6.5: Parámetros Del Análisis Sísmico - Consideraciones De La Norma E.030 De Diseño Sismo Resistente para el área de estudio.....	136
Tabla N° 7.1: Descripción de las líneas geoelectrica.....	146
Tabla N° 7.2: Relación de resistividades eléctricas de acuerdo con la litología y edad geológica.	148
Tabla N° 7.3: Valores de resistividad de rocas	149
Tabla N° 8.1: Resultados de laboratorio de las muestras del vaso de la presa.	163
Tabla N° 8.2: Resultados obtenidos del ensayo corte Directo.....	169
Tabla N° 8.5: Resultado del RMR en el eje lado derecho.....	172
Tabla N° 8.6: Resultado RMR en el eje lado izquierdo.....	173
Tabla N° 8.5: Tabla de clasificacion Geomecanica RMR de Bieniawski.....	174
Tabla N° 8.6: Resultados de ensayos de resistencia a la compresión.	175
Tabla N° 8.7: Propiedades físicas de la roca.	175
Tabla N° 8.8: Propiedades elásticas.	176
Tabla 8.9: Resultados del ensayo de compresión triaxial.	176

Tabla N° 8.10: Resultado de las características físicas mecánicas de las muestras alteradas que se analizaron en el laboratorio.	180
Tabla N° 8.11: Resultados de los ensayos de densidad relativa.....	182
Tabla N° 8.12: Resultado del ensayo de densidad natural por moldeo.....	183
Tabla N° 8.13: Resultado de carga admisible para un ancho de 1m, factor de seguridad de 3 y profundidades de cimentación 2.00, 2.50 y 3.00 m.	183
Tabla N° 8.14: Coordenadas de los Sondeos.	192
Tabla N° 8.15: Resumen general de los sondeos - Huisillopunku	192
Tabla N° 8.16: Registro del RQD del sondeo 01	193
Tabla N° 8.17: Registro del RQD del sondeo 02	193
Tabla N° 8.18: Registro del RQD del sondeo 03	194
Tabla N° 8.19: Patrones de tipos de resultado (Houlsby 1976)	197
Tabla N° 8.20: Grados de permeabilidad según el valor del coeficiente de permeabilidad según (Brajham Dash):.....	198
Tabla N° 21: Resultados de permeabilidad en suelos distribuidos en el área de estudio.	199
Tabla N° 8.22: Resumen de los ensayos de permeabilidad del sondeo 01.....	200
Tabla N° 8.23: Resumen de los ensayos de permeabilidad del sondeo 02.....	201
Tabla N° 8.24: Resumen de los ensayos de permeabilidad del sondeo 03.....	201
Tabla N° 8.25: Resumen de los ensayos de la cantera de agregado Huancarama.	202
Tabla N° 8.26: Resumen de La cantera de agregado Huancarama.	203
Tabla N° 8.27: Resumen de los ensayos de abrasión y durabilidad de la cantera de rocas	204
Tabla N° 8.28: Resumen de los ensayos de compresión simple de la cantera de rocas	205
Tabla N° 8.29: Resumen de La cantera de roca Huisillo.	205
Tabla N° 9.1: magnitud relacionado a extensión - Areas.	207
Tabla N° 9.2: importancia relacionado a intensidad - Severidad.	207
Tabla N° 9.3: Resumen del Matriz de Leopold.	207
Tabla N° 9.4: Programa del plan de trabajo	210
Tabla N° 02: Logueo de perforación - Sondeo 01.....	221
Tabla N° 03: Logueo de perforación - Sondeo 02.....	222
Tabla N° 04: Logueo de perforación - Sondeo 03.....	224

INDICE DE IMÁGENES

Imagen N° 1.1: Región Hidrográfica del Amazonas Nivel 1 con Código 4, Cuenca del Alto Amazonas Nivel 2 con código 49.	20
Imagen N° 1.2: Cuencas del río Ucayali Nivel 3 con Código 499, Cuenca Hidrográfica del Alto Ucayali Nivel 4 con Código 4999	20
Imagen N° 1.3: Cuenca del Río Santo Tomás Nivel 5 con Código 49996, Cuenca Senjahuayjo Nivel 6 con código 499968.	21
Imagen N° 1.4: Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS)	31
Imagen N° 2.1: donde se muestra la cuenca y el área de estudio.	32
Imagen N° 2.2: Mapa de pendientes de la cuenca Husillo.	37
Imagen N° 2.3: Perfil en el mapa de pendientes, en la zona de emplazamiento del dique.	44
Imagen N° 2.4: Perfiles de la geomorfogénesis evolutiva de formación del vaso.	46
Imagen N° 2.5: Representación de la cuenca colectora mayor y menor.	47
Imagen N° 2.6: representación de la longitud axial y ancho promedio de la cuenca colectora.	48
Imagen N° 2.7: Curva Hipsométrica – Cuenca Husillo	50
Imagen N°2.8: Curvas hipsométricas características del ciclo de erosión, según STRAHLER	50
Imagen N° 3.1. Columna estratigráfica del cuadrángulo Cayarani 30r.	55
Imagen N° 3.2. Columna estratigráfica local	55
Imagen N° 4.1. Ubicación del área de estudio en el Plano de Geología estructural del cuadrángulo de Cayarani: Implicancias en el vulcanismo y sedimentación.	63
Imagen N° 4.2. Diagrama de rosetas.	68
Imagen N° 4.3. Proyección estereográfica con sus respectivos planos.	68
Imagen N°4.4. Diagrama de rosetas.	70
Imagen N° 4.5. Proyección estereográfica con sus respectivos planos.	70
Imagen N° 4.6. Diagrama de rosetas.	72
Imagen N° 4.7. Proyección estereográfica con sus respectivos planos.	72
Imagen N° 4.8. Vista en planta del área de emplazamiento del dique de la presa, mostrando las zonas de trabajo y sus respectivos diagramas de rosa, con dos familias, el principal con dirección NW-SE, y el segundo con dirección NE-SW.	73
Imagen N° 5.1: Representación gráfica de la ramificación de los ríos en la cuenca.	77
Imagen N° 5.2: Representación gráfica de las dos quebradas importantes de los ríos en la cuenca.	79
Imagen 5.3: Vista panorámica de ubicación de las lagunas parte alta de la cuenca Husillo	80
Imagen 5.4: Vista panorámica de ubicación de las lagunas parte alta de la cuenca Husillo	81
Imagen N° 5.5: Regionalización de temperatura Media Mensual	83
Imagen N° 5.6: Regionalización de temperatura máxima media mensual.	84

Imagen N° 5.7: Regionalización de temperatura mínima media mensual.	85
Imagen N° 5.8: Mapa de la Isoterma Promedio Anual de la Cuenca Huisillo	85
Imagen N° 5.9: Evapotranspiración potencial – áreas de cultivo Huisillo	87
Imagen N° 5.10: Regresión lineal Altitud - Precipitación	90
Imagen N° 5.11: comportamiento de la precipitación Vs. Altitud en dos Regiones de la Cuenca de Apurímac.	91
Imagen N° 5.12: Regionalización de Precipitación Vs. Latitud Cuenca Huisillo y Área Cultivos.	92
Imagen 5.13: Comportamiento mensual de la precipitación en la cuenca Huisillo	94
Imagen 5.14. Captura procesamiento programa SIH.	97
Imagen 5.15. Captura procesamiento programa SIH.	97
Imagen 5.16: Histograma de caudales medios mensuales para la cuenca Huisillo	99
Imagen N° 5.18: Hidrograma de entrada con el caudal máximo de diseño del río Huisillo	104
.....	111
Imagen N° 5.19: Variación de niveles Mensuales de Operación de la Presa Huisillo	112
Imagen N° 5.20: Descripción del transporte de sedimentos, adaptado.	113
Imagen N° 5.21: Tipos de transporte de sedimentos, adaptado.	113
Imagen 5.22: Presentación del programa Easy Quim v5.0, para la construcción de los diagramas de hidrogeoquímicos.	115
Imagen N° 5.23, Diagramas de Stiff para origen de aguas subterráneas río Huisillo, altura del eje de la presa	116
Imagen N° 5.24: Diagrama de Piper Hil de origen de agua	117
Imagen 5.25: Diagrama de Relación De Absorción de Sodio RAS	118
Imagen 5.26: Diagrama de Relación De Absorción de Sodio RAS	118
Imagen N°6.1: Distribución epicentral de los sismos históricos. Los números identifican a cada sismo.	127
Imagen N° 6.2: Mapa de Distribuciones de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú. ...	128
Imagen N° 6.3: Mapa sísmico del Perú, donde se aprecia el departamento del Cusco con las zonas que son más propensas a sufrir los embates sísmicos dependiendo a su profundidad.	129
Imagen N° 6.4: Mapa de Zonas de Mayor Concentración de Sismos Superficiales (color rojo), para el departamento de Cusco.	129
Imagen N° 6.5: Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas del Dpto. del Cusco	130
Imagen N° 6.6: Mapa de isoaceleraciones del Perú.	131
Imagen N° 6.7: Mapa de Zonificación sísmica del Perú.	133
Imagen N°7.1: Mapa de ubicación de las líneas sísmicas, demarcadas en color rojo.	146
Imagen N° 7.2: Sección tomográfica de la línea N° 1	149

Imagen N° 7.3: Interpretación geotécnica de la sección tomográfica N° 1	150
Imagen N° 7.4: Sección tomográfica de la línea N° 2	151
Imagen N° 7.5: Interpretación geotécnica de la sección tomográfica N° 2	152
Imagen N° 7.6: Sección tomográfica de la línea N° 3	153
Imagen N° 7.7: Interpretación geotécnica de la sección tomográfica de la línea N° 3	154
Imagen N° 7.8: Sección tomográfica de la línea N° 4	154
Imagen N° 7.9: Interpretación geotécnica de la sección tomográfica de la línea N° 4	155
Imagen N° 7.10: Sección tomográfica de la línea N° 5	156
Imagen N° 7.11: Interpretación geotécnica de la sección tomográfica N° 5.....	157
Imagen N° 7.12: Sección tomográfica de la línea N° 6	158
Imagen N° 7.13: Interpretación geotécnica de la sección tomográfica N° 6	159
Imagen N° 8.1: donde muestra un ejemplo de cómo realizar el RQD correctamente.	191

INDICE DE FOTOS

Foto N°1.1: Se muestra el crecimiento de la tola, ubicada en el vaso de la presa.	23
Foto N° 2.1. Izq. Vista del vaso Huisillopunku, valle, con piso de bofedal en la cuenca baja del rio Huancarama.	33
Foto N° 2.2. Der. Montañas escarpadas en la zona alta o divisoria de aguas de la cuenca del rio Huancarama.	33
Foto N° 2.3. Izq. Vista del valle encañonado de la cuenca baja del rio Huancarama.	34
Foto N° 2.4. Der. Vista del valle de piso amplio de la cuenca media del rio Huancarama.	34
Foto N°2.5 y 2.6. Vista de los valles estrechos y encañonados cerca al sector de Huisillo.	34
Foto N° 2.7. Izq. Vista del bofedal en el vaso de represamiento Huisillopunku.	35
Foto N° 2.8. Der. Vista de la Laguna Cochapacha y los pisos de valle aguas arriba de la laguna.	35
Foto N° 2.9. Izq. Vista del cerro Pucara en la margen izquierda del rio Huancarama.	36
Foto N° 2.10. Der. Vista del cerro Supo Orco, al fondo las cumbres de los cerros que sobrepasan los 5100msnm.	36
Foto N° 2.11: Vista panorámica frontal de la cuenca Husillo, se ha demarcado una representación de la presa.	37
Foto N° 2.12: Vista panorámica de la cuenca Husillo con la ubicación de las zonas llanas.	39
Foto N° 2.13: Vista Derecha, muestra las terrazas fluviales en la margen izquierda del rio Huisillo.	39
Foto N° 2.14: Vista Izquierda, muestra las terrazas fluviales en la margen derecha del rio Huisillo en la zona del vaso de la presa (las fotos fueron tomadas durante el mes de junio).	39
Foto N° 2.15: Vista panorámica de la cuenca Husillo con la ubicación de las zonas suaves.....	40
Foto N° 2.16 Izq. Vista de llanuras de inundación o planicies inundables en la margen derecha del rio Huisillo.	40
Foto N° 2.17 Der. Vista de terrazas fluvio-aluviales, depósitos cuaternarios aluviales, tanto en la margen derecha e izquierda del rio Husillo.....	40
Foto N° 2.18: Vista de la zona SW del vaso de la presa, en la margen izquierda del rio Huisillo.....	41
Foto N° 2.19: Vista de las partes medias del fondo del valle donde predomina este tipo de pendiente....	42
Foto N° 2.20. Vista de las partes medias y altas del fondo del valle con pendiente escarpada.	43
Foto N° 2.21: Vista de la parte alta del fondo del valle, en la margen izquierda del rio, donde se observa este tipo de pendiente en la zona del vaso.	44
Foto N° 2.22. Ubicación del dique de la presa.	45
Foto N° 3.1 y 3.2. Vista de afloramiento de roca riolitica de la formacion Alpbamba a ambos lados del eje.	57
Foto N° 3.3. Donde se muestra la riolita con textura porfídica	58
Foto N° 3.4. Vista de los depósitos morrenicos en el flanco derecho del vaso Huisillopunku.	59
Foto N° 3.5. Vista de la ladera izquierda del vaso de represamiento, se nota claramente el deposito eluvio coluvial, en la cual la roca esta alterado, por el cual generando cárcavas e inestabilidad	59

Foto N° 3.6. Vista de depósitos aluviales en la margen izquierda del vaso de represamiento.	60
Foto N° 3.8. Vista de la terraza con depósitos coluvio aluviales en la margen derecha del vaso de represamiento.	61
Foto N° 3.9: Vista de los depósitos coluvio Aluvial con escombros de talud en el eje de represamiento y en áreas adyacentes.	61
Foto N° 3.10. Depositos palustres ubicadas en el area de embalse de la represa en los meses de junio - julio.	62
Foto N° 3.11. Depósitos palustres en la margen derecha del rio, la cual se presenta en la zona de embalse de la represa, en los meses de junio - julio.	62
Foto N° 4.1: Vista panorámica frontal de la cuenca Husillo.	65
Foto N° 4.2: Ubicación de las zonas de toma de datos estructurales.	66
Foto N° 4.3. Flanco derecho zona alta Foto N° 4.4. Flanco izquierdo zona alta	66
Foto N° 4.5 y 4.6. Medida de azimut, Buzamientos, dirección de buzamiento y abertura de las fracturas en el macizo rocoso de composición andesita a riolita en la parte alta de la margen derecha del rio Husillo a la altura del dique de la presa.	67
Foto N° 4.7 y 4.8. Medida de azimut, Buzamientos, dirección de buzamiento, abertura en el macizo rocoso de composición andesita a riolita en la parte alta de la margen derecha del rio Husillo a la altura del dique de la presa.	69
Foto N° 4.9 y 4.10. Medida de azimut, Buzamientos y dirección de buzamiento en el macizo rocoso de composición andesita a riolita en la parte alta de la margen derecha del rio Husillo a la altura del dique de la presa.	71
Foto N°4.11 y 4.12. Vista panorámica de la margen izquierda de rio Huisillo mostrando los rasgos superficiales de las falla, F1, F2, F3 y también se puede ver las fallas inferidas.	74
Foto N°4.13. Vista detallada de la posible proyección de la falla N°1(F1) en la parte alta de la margen derecha del rio Huisillo a la altura del eje de presa con una dirección NW – SE.	75
Foto N° 4.14. Vista panorámica de la proyección de la falla 1.	75
Foto N° 4.15. Vista más cercana de la falla F1, en la margen izquierda del rio Husillo.	75
Foto N° 4.16. Vista más detallada de la falla F2, en la margen izquierda del rio Huisillo.	75
Foto N° 4.17. Vista más detallada de la falla inferida, en la margen izquierda del rio Husillo.	76
Foto N° 5.1: donde se muestra el cálculo de área entre cotas de 1m de altura.	101
Foto N°5.2 y 5.3: Pruebas de infiltración profundas, método de Lugeón en eje de la presa	119
Foto N° 5.6: donde muestra el sistema del equipo, registrando los datos del ensayo de lugeon.....	120
Foto N° 5.7: donde muestra el sistema del equipo, registrando los datos del ensayo de lugeon	121
Foto N°6.1: Identificación de zonas de derrumbe de roca en la margen derecha del vaso.	138
Foto N° 6.2: Identificación de zonas de derrumbe de roca en la margen izquierda del vaso.	138
Foto N°6.3: Identificación de zonas de derrumbe de roca en la margen derecha del vaso.	139
Foto N° 6.4: Presencia de derrumbe de roca en la zona izquierda del eje de dique (flecha azul).	140

Foto N° 6.5 y 6.6: Vistas de los derrumbes en proceso de estabilización de las laderas de ambas márgenes del río Palljahuyco	140
Foto N° 6.7 y 6.8. Vistas del sistema de derrumbes de roca y suelo en la zona alta de Huisillo.	141
Foto N° 6.9: Ubicación de las zonas de erosión laminar severa, ubicada en la margen izquierda del vaso de la presa.	142
Foto N° 6.10: En esta vista se aprecian los sistemas de surcos y de cárcavas en la ladera izquierda del vaso de represamiento.	143
Foto N° 6.11: Vista de varios conos aluviales continuos formada a partir de la acumulación del arrastre de sedimentos de las cárcavas.	144
Foto N° 6.12. Izq. Cauce con erosión lateral del río Huisillo, vease los pequeños derrumbes que se producen por socavación en las márgenes.	144
Foto N° 7.1, 7.2, 7.3: Se muestra las fotos del equipo de tomografía.	145
Foto N° 7.4: Se muestra la instalación del equipo de tomografía.	147
Foto N° 8.1. Foto Izq., Cuarteo de muestra para diferentes ensayos correspondientes al vaso de la presa. Foto Der., ejecución del ensayo de límites de consistencia.	163
Foto N° 8.2 al 8.10: en las que se muestran los perfiles de las calicatas realizadas distribuidas en el vaso.	165
Imagen 8.1.a 8.4. se observa la descripción de 4 calicatas, distribuidos en el vaso de represamiento. ..	166
Foto N° 8.11: en el cual se observa la Zona inestable en el vaso al lado izquierdo.	168
Foto N° 8.12: Cuarteo de muestra para el ensayo de corte directo.	169
Foto N° 8.13: En el cual se observa la realización del ensayo de corte Directo, de la zona inestable del vaso.	169
Foto N° 8.14 a 8.16: Vista de la toma de datos para la valorización del macizo rocoso, en el eje proyectado, en las rocas volcánicas de la formación Alpacabamba.	171
Foto N° 8.17 y 8.18: Vista de la extracción del núcleo, para los ensayos correspondientes en roca.	174
Foto N° 8.19: Ubicación de la excavación de las calicatas en la margen izquierda del río Huisillo a la altura del emplazamiento del dique.	178
Foto N° 8.20: Ubicación de la excavación de las calicatas en la margen derecha del río Huisillo a la altura del emplazamiento del dique.	178
Foto N° 8.21 al 8.29: Vistas de los perfiles estratigráficos de los 05 pozos excavados en el flanco izquierdo.	179
Foto N° 8.30 y 8.31: Realización de los ensayos de límite líquido.	179
Foto N° 8.32 y 8.33 : Realización de los ensayos de granulometría	180
Foto N° 8.34: donde muestra el traslado a nuevo punto, movilizándose con su oruga que esta acoplada a la perforadora Explorer SAT 140 , octubre 2018.	184
Foto N° 8.35: Donde se muestra la vista panorámico del Sondeo-01, ubicado a la margen Izquierda del río.	186
Foto N° 8.36 al 8.40: Imagen de las cajas de muestra del Sondeo-01	186
Foto N° 8.42 al 8.54: Imagen de las cajas de muestra del Sondeo-02	188

Foto N° 8.55: Vista panorámica del sondeo – 03	189
Foto N° 8.56 al 8.68: Imagen de las cajas de muestra del Sondeo-03	190
Foto N° 8.69: Imagen donde se observa en la canaleta la recuperación de la muestra extraída de la tubería interior de la perforación.	191
Foto N° 8.72: donde muestra el sistema del equipo, registrando los datos del ensayo de lugeon	200
Foto N° 8.53: donde muestra el sistema de equipo para la realización de las pruebas de permeabilidad	200
Foto N° 8.74: En la imagen satelital se marca el curso del río Huancarama que atraviesa el valle Huisillo de curso moderadamente meandriforme depositando el material acarreado en ambas márgenes que afloran superficialmente sin cobertura vegetal	203
Foto N° 8.75 y 8.76: En la fotografía se muestra la cantera de roca, se trata de un afloramiento que se encuentra próximo al eje de represamiento, del cual se han desprendido bloques de roca y escombros que se han depositado en la ladera, al pie y en la zona llana o terraza adyacente.	204
Foto N° 1. panorámica donde se muestra el área de estudio de la presa Huisillopunku proyectada (setiembre del 2018)	228

RESUMEN

El presente trabajo corresponde al “**ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL TERRENO DE FUNDACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA HUISILLOPUNKU – SANTO TOMAS**”, el cual se ubica en el Departamento de Cusco, Provincia de Chumbivilcas, Distrito Santo Tomas, Centro poblado de San Jose de Allhuacchuyo.

La presente investigación de tesis se realizó en el sector de Huisillopunku, que está dentro del cuadrángulo de Cayarani 30r (Datum WGS 1984, Zona 18S), con una altura promedio de 4807 m.s.n.m.

Morfológicamente se trata de un valle glacial del Pleistoceno, donde se puede diferenciar laderas de fuerte a mediana pendiente y cuyo fondo de valle tiene una amplitud de 68 Ha, con pendientes llanas (0°) a escarpadas ($<45^\circ$) en la parte del vaso y hacia la parte del dique, presentan pendientes que varían de 1° a $>45^\circ$ hacia las partes altas.

Geológicamente el área de estudio se encuentra emplazado en rocas volcánicas del cenozoico de la formación Alpbamba, de composición riolíticas a andesíticas. Los afloramientos del macizo rocoso son recubiertos por depósitos cuaternarios en un 95% aproximadamente en la zona de embalse de la presa proyectada.

Desde el punto de vista estructural, el área de estudio en general muestra una fuerte deformación estructural y tectónica en dirección NW – SE, evidenciada por grandes fallas inversas con dirección NW – SE a nivel regional y más localmente sistemas de fallas con direcciones NW – SE y NE - SW, resultantes de los diferentes eventos tectónicos que afectaron a la región y a la cordillera de los Andes en general.

Para la evaluación Hidrológica se ha tomado los parámetros morfológicos de la cuenca e información meteorológica secundaria obtenida de la data de SENAMHI, relacionados al balance hídrico de la cuenca, necesarios para obtener variables cualitativas como cuantitativas para la etapa del perfil del proyecto. Como parte del estudio se determinó, las variables hidro-meteorológicas como: La precipitación (832.5 mm/año), temperatura (2.26°C).

Se ha realizado ensayos geofísicos de tomografía eléctrica con el objetivo de conocer las características geológicas del subsuelo donde se emplazará el eje y vaso de la presa proyectada, los mismos que han servido para recomendar la ubicación de los sondajes con perforación rotatoria y establecer el espesor de los suelos cuaternarios en el eje y el vaso de la presa.

En cuanto a la geodinámica interna, el área de estudio, según el mapa de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú, (Jorge Alva H - 1984), la máxima intensidad que puede preverse para la zona de estudio es de VI grados en la escala modificada de Mercalli con una aceleración 0.32 g de acuerdo al IGP, por lo que es probable su influencia en procesos geodinámicos.

Los estudios Geotécnicos, nos han permitido definir y obtener sus características físicas – mecánicas, en el eje y vaso de la presa proyectada, para lo cual se ha realizado el estudio de mecánica de suelos mediante las excavaciones de 10 calicatas, distribuidos en el vaso y 8 calicatas distribuidos en el eje. Así mismo se hizo la valoración del macizo rocoso mediante la clasificación RMR en la zona de eje de presa el cual resulta con un puntaje de 48, el cual indica que es de clase III y de calidad media. Para establecer las características geotécnicas en profundidad, dada la altura proyectada de (45.00 m), se han efectuado perforaciones diamantinas, se realizó 3 sondeos con profundidades 22.20, 50.00 y 50.55 m con recuperación continua de muestra, con su respectivo ensayo de permeabilidad del 4 Lefranc y 11 Lugeones distribuidos en las perforaciones.

Los resultados obtenidos de los estudios geológicos, geofísicos y geotécnicos han permitido conocer las características del macizo rocoso y de la cobertura cuaternaria en el vaso y dique de la presa que sugiere recomendar el diseño de una presa cimentada en el macizo rocoso que puede ser de concreto ciclópeo, enrocado o CFRD, para los cuales se encuentran materiales en la zona de estudio.

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

1.1.1 Antecedentes

- Estudio para la construcción de la irrigación de Santo Tomas, consideraba como fuente hídrica la laguna de Ccaccansa, la misma que no prospero por razones técnicas como: Topografía muy agreste, formación geológica rocosa, con acantilados y farallones verticales en longitudes considerables (1958).
- La Subgerencia de Estudios de la Dirección de Promoción del Desarrollo de la Cooperación Departamental de Desarrollo del Cusco (CORDE Cusco), formulo el estudio de prefactibilidad Técnico Económico del proyecto irrigación Santo Tomas (1983).
- Chumbivilcas, el Plan MERISS realizo los estudios de reinversión y expediente técnico, llegando incluso a efectuar parte de la infraestructura en lo referente a los canales principales; sin embargo, actualmente esta obra ha quedado inconclusa debido a problemas geotécnicos en el eje de la presa y los problemas de erosión (2006).
- Por interés de la Municipalidad Provincial de Chumbivilcas y con el apoyo de la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura, en el marco del Programa Interagencial y con la participación del personal técnico del Plan MERISS, se ha identificado el proyecto de envergadura denominado Huisillo Punku, el mismo que presenta como componente principal el represamiento del vaso natural Huisillo Punku y actualmente el plan MERISS en convenio con la Municipalidad provincial de Chumbivilcas vienen elaborando los estudios de reinversión (2011).

1.1.2 Características de la Presa.

Se trata de una presa de enrocado/concreto, tendrá una capacidad de almacenamiento de 17.409 MM3, esta presa aprovechara los recursos del rio Huancarama a través de su captación en el sector de Huisillopunku, la línea de conducción principal (Subsistema Husillo) en tubería 21.17 km, la línea de conducción principal (Subsistema Asanta) en tubería 56.50 km y 129 km de distribución en tubería para riego por aspersión.

La zona de estudio se encuentra sobre los 4418 m.s.n.m., el cual permitirá atender a las áreas potenciales de riego que están por debajo de esta cota; beneficiara las comunidades de Huaracco,

Allhuacchuyo, Urinsaya Layo, Llique, Hanansaya, Pfullpuri, Puente Ccoyo Uscamarca, Mellotora, Colca Huayllapata pertenecientes a los distritos Santo Tomas y Colquemarca. La construcción de la presa Beneficiará un total de 15026 habitantes y un área de riego por aspersión de 2431 Ha.

1.2 UBICACIÓN DEL PROYECTO

1.2.1 Demarcación Política

Políticamente la cuenca se encuentra ubicada en el sector de Husillopunku, comunidad de Ayhuacchullo, Distrito de Santo Tomas, Provincia de Chumbivilcas, Región Cusco en Perú.

1.2.2 Ubicación Geográfica y UTM

La cuenca Huisillo, se encuentra ubicada entre las coordenadas geográficas y en coordenadas UTM siguientes:

Tabla N° 1.1. Ubicación Geográfica y UTM del área de Estudio.

COORDENADAS GEOGRAFICAS		COORDENADAS UTM			DESCRIPCION
		WGS 1984 - ZONZ 18S			
Latitud Sur	Longitud Oeste	Este	Norte	Altura (msnm)	
14°43"59.26"	14°43"59.26"	792317	8360433	5200	Parte más alta de la cuenca
14°48"47.36"	14°48"47.36"	802559	8369429	4418	parte más baja de la cuenca

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

1.2.3 Ubicación Hidrográfica

La ubicación Hidrografica, de acuerdo a la metodología desarrollada por el Ing. Otto Pfafstetter, pertenece a la cuenca del río Senjahuayjo de Nivel 6 y Código 499968 y dentro de esta cuenca, se ubica la cuenca colectora Huisillo, como indica la tabla 1.2.

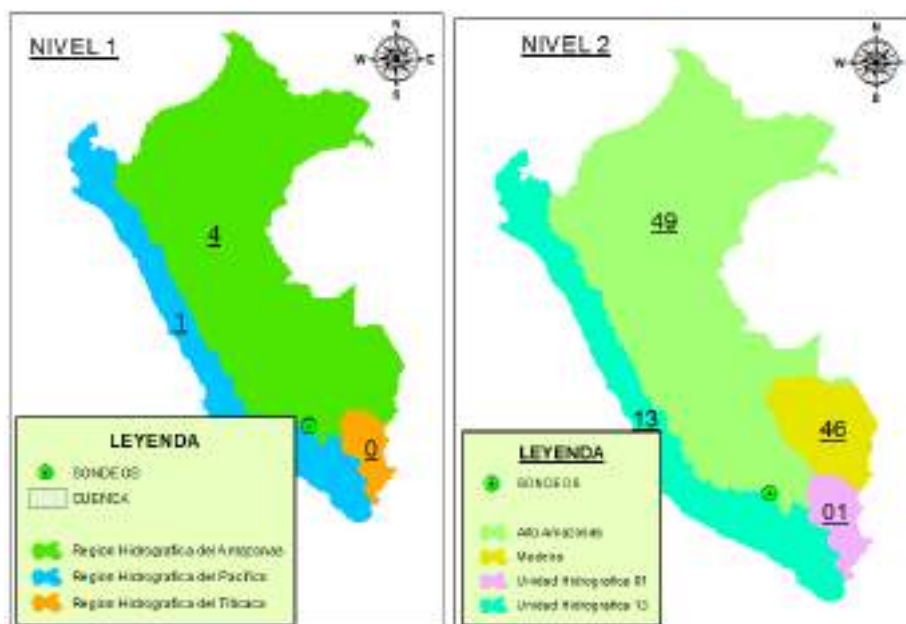
Tabla N° 1.2: Ubicación Geográfica de la Cuenca Huisillo

NIVEL	CÓDIGO	UNIDAD HIDROGRÁFICA	NOMBRE	ÁREA km ²
1	4	Cuenca	Río Amazonas	6028376.02
2	49	Intercuenca	Región Hidrográfica 49	2233009.75
3	499	Intercuenca	Río Ucayali	348094.14
4	4999	Intercuenca	Alto Ucayali	58849.80
5	49996	Cuenca	Río Santo Tomás	2446.40
6	499968	Cuenca	Río Senjahuayjo	330.00
Cuenca Colectora			Huisillo	57.47

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Las imágenes siguientes muestran la demarcación de las unidades hidrográficas de las cuencas a nivel nacional, desde el nivel 1, código 4, hasta el nivel 6 con código 499968

Imagen N° 1.1: Región Hidrográfica del Amazonas Nivel 1 con Código 4, Cuenca del Alto Amazonas Nivel 2 con código 49.



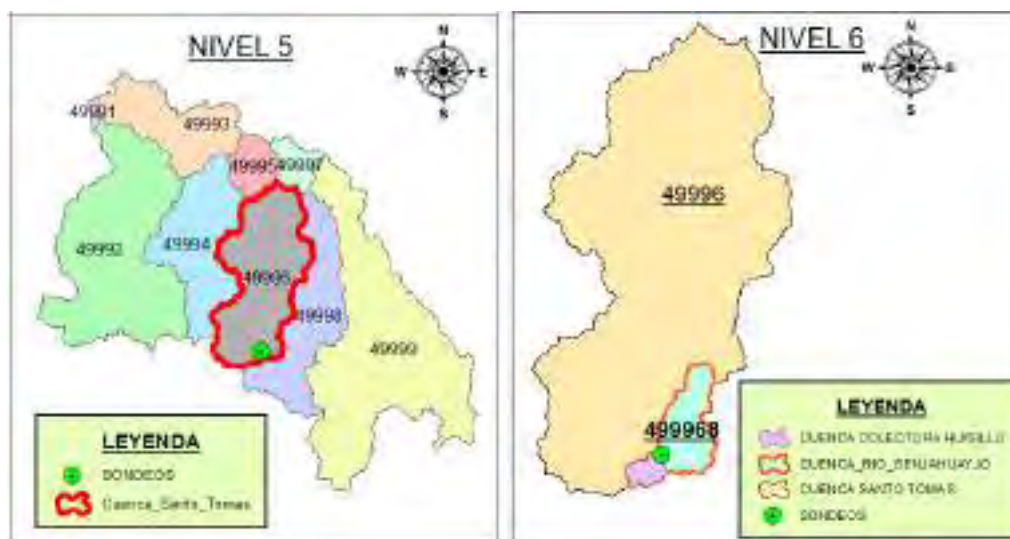
Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Imagen N° 1.2: Cuencas del río Ucayali Nivel 3 con Código 499, Cuenca Hidrográfica del Alto Ucayali Nivel 4 con Código 4999



Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Imagen N° 1.3: Cuenca del Río Santo Tomás Nivel 5 con Código 49996, Cuenca Senjahuayjo Nivel 6 con código 49998.



Fuente: Elaborado por los tesisistas.

1.3 ACCESIBILIDAD

Para llegar a la zona de estudio se puede tomar las siguientes vías de acceso:

- Santo Tomas – Lara – Llique – Allhuacchuyo (Via carrozable afirmado)– Eje Huisillopunku (trocha carrozable sin afirmar), con una distancia aproximada de 87 km, llegando en un tiempo promedio de 2.5 a 3 horas.
- Cusco – Yaurisque – Pacarectambo – Colquemarca (Via carrozable afirmado)– Santo Tomas (carretera de tercera clase) – Lara – Llique – Allhuacchuyo (Via carrozable afirmada) – Vaso Huisillopunku (trocha carrozable sin afirmar), con una distancia aproximada de 360 km, llegando en un tiempo promedio de 7 a 7.5 horas.
- Cusco – Sicuani – Yauri – Velille – Esquina – Santo Tomas (carretera de tercera clase) – Lara – Llique – Allhuacchuyo (Via carrozable afirmada) – Eje Huisillopunku (trocha carrozable sin afirmar), con una distancia aproximada de 392 km, llegando en un tiempo promedio de 8 a 9 horas.

1.4 CLIMA Y VEGETACIÓN

a) CLIMA

El clima del área de estudio, es característico de los 4807 msnm. Altura promedio de la cuenca, es frio y seco, con temperaturas mínimas que llegan de hasta -1°C y con temperaturas máximas de 6°C , con una precipitación anual de 832.5 mm, y también presenta precipitaciones solidas en cualquier época del año, siendo más intensa entre Diciembre y Abril.

b) VEGETACIÓN

La vegetación en el área de estudio está constituida de la siguiente forma, en el piso de valle del vaso de almacenamiento, se encuentra cobertura vegetal característica de zonas de humedal como tola y otras gramíneas, hacia la parte de las laderas mayor desarrollo de ichu, que sirven de forraje al ganado auquénido.



Foto N°1.1: Se muestra el crecimiento de la tola, ubicada en el vaso de la presa.

1.5 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Ante el problema de escasez de agua para riego, cuya causa es la falta de infraestructura de riego, surge la necesidad de construir la presa, la misma que permitirá un mejor aprovechamiento del potencial hídrico, para la construcción de la presa también existe carencia de información detallada de las características geológicas y geotécnicas que nos permitirá conocer las propiedades físicas y mecánicas del terreno de fundación de la presa, el cual garantizara el diseño y la estanqueidad de la presa.

1.6 FORMULACION DEL PROBLEMA

Problema principal.

¿Cuáles son las características Geológicas y Geotécnicas del terreno de fundación para la construcción de la presa Huisillopunku, que garantice su estabilidad y estanqueidad?

Problemas secundarios.

1.- ¿Cuáles son las características Geológicas del terreno de fundación para la construcción de la presa Huisillopunku – Santo Tomas?

2.- ¿Cuáles son las características Geotécnicas del terreno de fundación para la construcción de la presa Huisillopunku – Santo Tomas, que garantice su estabilidad y estanqueidad?

1.7 OBJETIVOS

1.7.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar las características Geológicas y Geotécnicas del terreno de fundación para la construcción de la presa Huisillopunku – Santo Tomas, que garantice su estabilidad y estanqueidad.

1.7.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1.- Evaluar las características geomorfologías, geológicas y estructurales del terreno de fundación del eje y vaso de almacenamiento proyectado.

2.- Evaluar las condiciones hidrológicas e hidrogeológicas del área de estudio.

3.- Identificar los peligros de geodinámica externa e interna que influyen en el área de estudio.

4.- Determinar las características geológicas del subsuelo, a través de ensayos de geofísicas en el eje de la presa y vaso de almacenamiento.

5.- Evaluar las características geotécnicas del terreno de fundación de la presa proyectada.

6.- Identificar los impactos ambientales del proyecto de tesis para la construcción de la presa Huisillo.

1.8 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

El estudio Geológico y Geotécnico del terreno de fundación de la presa Huisillopunku – Santo Tomas, comprende la determinación de las características Geológicas y Geotécnicas del área de emplazamiento de la presa, que permita realizar el diseño del dique de la presa y establecer las condiciones para su estanqueidad del vaso de presa, y así garantice su estabilidad y estanqueidad de la presa proyectada.

La construcción de la presa permitirá un mejor aprovechamiento del potencial hídrico existente y por ende un incremento en la productividad de la agricultura de la zona afectada, beneficiará las comunidades de Huaracco, Allhuacchuyo, Urinsaya Layo, Llique, Hanansaya, Pfullpuri, Puente Ccoyo Uscamarca, Mellotora, Colca Huayllapata, pertenecientes a los distritos Santo Tomas y Colquemarca, y abarcará un área de riego por aspersión de 2431 Ha.

Siendo la presa con dique, de 50m de altura, considerado como grande presa, es obligatorio la realización de estudio geológico y geotécnico.

El presente trabajo de tesis sirve para optar el Titulo grado de Ingeniero Geólogo de los autores.

1.9 HIPOTESIS

1.9.1 General

Las características Geológicas y Geotécnicas del terreno de fundación de la presa Huisillopunku – Santo Tomas, son favorables para la construcción de la presa proyectada.

1.9.2 Especificas

Las condiciones morfológicas que presenta el área de estudios son aptas para el emplazamiento de una presa, cuya boquilla se emplaza en una garganta natural tipo U adecuada y el vaso con una red importante para el almacenamiento hídrico.

Las condiciones geológicas del área de embalse y dique, que son rocas volcánicas de la formación Alfabamba y cubiertas por cuaternarios recientes, son favorables.

Las condiciones hidrogeológicas por encontrarse sobre rocas volcánicas fracturadas son susceptibles de flujos subterráneos que deberán ser corroborados para determinar las alternativas de solución.

Las características físico mecánicas de las rocas del dique y del vaso cumplen con los requerimientos para emplazamiento de una presa de grandes dimensiones.

1.10 METODOLOGIA DE TRABAJO

El tipo de investigación es analítico – descriptivo - explicativo. La metodología a seguir es básicamente en tres etapas.

1.11.1 ETAPA DE GABINETE I

Esta etapa consta principalmente en la recopilación, selección y evaluación de la información técnica y bibliográfica disponible del área de estudio, ya sea antecedentes u otros, como se detalla a continuación:

- Revisión de A-051-Boletín _Cayarani hoja 30r y Chulca hoja 30q del INGEMMET.

- Revisión de bibliografía relacionada básicamente a geología, geomorfología, hidrogeología, geotecnia, geodinámica y geofísica.
- Recopilación de mapas o cartas nacionales para poder ubicar el área de estudio.
- Elaboración de mapas bases preliminares, topográficos y ubicación del área de estudio, para los respectivos mapeos de campo.
- Revisión de fotografías aéreas del área de estudio y alrededores.
- Reconocimiento de unidades geológicas que se encuentran en el área de estudio y alrededores, en los mapeos realizados por el Geocatmin - INGEMMET a nivel regional.

1.11.2 ETAPA DE CAMPO

Durante esta etapa se visita el área de estudio, se realiza un recorrido preliminar del área de estudio y evaluar las condiciones físicas reales en la que se encuentra la misma, como determinar in situ las características Geológico-Geotécnicas específicas del dique y vaso del represamiento, a continuación, se detalla los trabajos realizados en campo.

- Levantamiento de unidades geológicas, geomorfológicas, estructurales, geodinámicas, etc., las mismas que se plasman en los mapas correspondientes.
- Levantamiento de deformaciones estructurales (diaclasas y fallas), toma de datos de rumbos, azimut, buzamiento y dirección de buzamiento de los mismos para sus respectivas interpretaciones.
- Exploración del subsuelo mediante la ejecución de calicatas, tanto en el dique y vaso del represamiento para la caracterización del subsuelo.
- Toma de muestras de suelos de cada calicata y sus respectivas codificaciones para la ejecución de diferentes ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físico-mecánicas del subsuelo presente en el área de estudio.
- Toma de muestras de rocas para diferentes ensayos, con lo cual se determinó la resistencia de las mismas (como corte directo, compresión triaxial).
- Complementariamente para la investigación Geotécnica in situ se ejecutan las perforaciones diamantinas con recuperación de muestra continua en línea HQ y revestimiento HW.
- Se realizaron pruebas prácticas de campo insitu de permeabilidad en suelo (ensayos de permeabilidad in situ por el método de carga variable y roca con los métodos carga variable, carga constante y lugeon).

1.11.3 ETAPA DE GABINETE II

Esta etapa consiste en la parte final, posterior a la etapa de campo, en dicha etapa se contrasta toda la información de los registros de campo, gabinete y laboratorio. Los trabajos realizados en esta etapa se detallan a continuación:

- Ejecución de los diferentes ensayos en laboratorio para determinar las propiedades físico-mecánicas del subsuelo y la roca presente en el área de estudio, se realizan los siguientes ensayos:

PARA SUELOS

- | | |
|---|-------------|
| - Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D 422) | MTC E 107 |
| - Determinación del límite líquido (ASTM D 4318) | MTC E 110 |
| - Determinación del límite plástico | MTC E 111 |
| - Clasificación: SUCS | ASTM D 2487 |
| - Contenido de humedad | MTC - E108 |
| - Densidad Natural | ASTM D 1556 |

PARA ROCA

- | | |
|---|-----------|
| - Reconocimiento macroscópico y microscópico de rocas | |
| - Resistencia a la compresión | MTC E 123 |
| - Compresión Triaxial De Roca | |
- Digitalización de datos de los ensayos de laboratorio y procesamiento de certificados con los respectivos resultados.
 - Digitalización e interpretación de datos de campo, tanto geológicos, geomorfológicos, estructurales, geodinámicas e hidrológicos.
 - Elaboración de planos geológico, geomorfológico, estructural, hídrico, geodinámica, geofísico, geotécnico del área de estudio.
 - Elaboración de tablas, secciones, perfiles, cuadros comparativos, toma de imágenes de referencia, etc.

Una vez juntada toda la información tanto de campo, gabinete y laboratorio se pasa a realizar la interpretación y análisis de las mismas para formar una base de datos cualitativos y cuantitativos, de toda el área de estudio. Sobre los cuales se tomarán decisiones acerca del tipo de estructura a

proyectarse, dicha información será registrada en planos, mapas gráficos, perfiles, cuadros comparativos, todo ello presentado en un informe final Geológico – Geotécnico con las conclusiones y recomendaciones necesarias.

1.11 MARCO TEORICO

1.11.1 Definiciones Principales

Presa: Luis Miguel Suarez (Suarez, 1982) afirma, “Barrera construida con el fin de almacenar, controlar y derivar agua”, (1982, pág. 3) .

Superficie de embalse: Luis Miguel Suarez (Suarez, 1982) afirma, “Área superficial del embalse medida en un plano horizontal a cota del nivel normal”, (Suarez, 1982, pág. 3).

Cresta de la presa: Luis Miguel Suarez (Suarez, 1982) afirma, “Cima o parte más alta de la presa”, (1982, pág. 3).

Nivel normal: Luis Miguel Suarez (Suarez, 1982) afirma, “Nivel de agua cuando el embalse está lleno”, (1982, pág. 3).

Nivel máximo: Luis Miguel Suarez (Suarez, 1982) afirma, “Nivel máximo del agua previsto en el diseño”, (1982, pág. 3).

Volumen Activo: Luis Miguel Suarez (Suarez, 1982) afirma, “Volumen del embalse por encima del almacenamiento inactivo, que se puede utilizar para generación de energía, riego, abastecimiento, etc. No comprende la sobrecarga”, (1982, pág. 3)

Volumen inactivo: Luis Miguel Suarez (Suarez, 1982) afirma, “Volumen del embalse por encima del almacenamiento muerto que no es utilizado en la explotación normal de la presa”, (1982, pág. 3).

Volumen muerto: Luis Miguel Suarez (Suarez, 1982) afirma, “Volumen de agua y/o sedimento almacenado por debajo de la toma o descarga más baja, y que no puede ser extraído del embalse por gravedad (no confundir con el volumen de sedimento)”, (1982, pág. 3).

Utilización y comportamiento de la Riolita: Según Oscar Plaza (Plaza, 2008) afirma, “Que presenta composición mineralógica similar a la del granito. Roca dura y resistente, es usada por estas características en construcción. Da un árido anguloso, pero presenta baja adherencia con el cemento. Es roca impermeable y su alteración da lugar a arcillas. La obsidiana y la pumita son tipos de riolita”, (2008, pág. 53).

Utilización y comportamiento de la andesita: Según Oscar Plaza (Plaza, 2008) afirma, “Que en buen estado suele utilizarse en mampostería, y machacada, como subbase de carreteras, es impermeable, así como los productos de su meteorización, por lo cual es buen cierre para obras hidráulicas, no necesitando, los canales abiertos en ella, revestimiento”, (2008, pág. 53).

Llanura de inundación: Según la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (RACEFN, 2020) afirma, “La Llanura de inundación. (floodplain) Geol. Es Parte de un valle fluvial que se inunda periódicamente y que está formada por sedimentos sin consolidar depositados por el río”.

Diaclasa: Según Oscar Plaza (Plaza, 2008) afirma, “Una diaclasa es la fractura con cierta separación por tracción, compresión o disolución. Se define por su orientación, esponjamiento, continuidad, forma, apertura, relleno y rugosidad. Llevan consigo un estudio estadístico. Direcciones principales de fracturación (vías de agua, excavación)”, (2008, pág. 34).

Falla: Según Oscar Plaza (Plaza, 2008) afirma, “Una falla es la rotura de la roca a lo largo de la cual se producen movimientos relativos. Es una falla hay que considerar los elementos siguientes: el plano de falla que es el plano de rotura y se define por su dirección y buzamiento”, (2008, pág. 36).

Geología: El concepto de geología proviene de dos vocablos griegos: geo (“tierra”) y logos (“estudio”). Se trata de la ciencia que analiza la forma interior y exterior del globo terrestre. De esta manera, la geología se encarga del estudio de las materias que forman el globo y de su mecanismo de formación. También se centra en las alteraciones que estas materias han experimentado desde su origen y en el actual estado de su colocación.

Hidrología: Según Máximo Villon Bejar (Villon, 2002) afirma, “La hidrología es la ciencia natural que estudia al agua, su ocurrencia, circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades químicas y físicas y su relación con el medio ambiente, incluyendo a los seres vivos”.

Cuenca: Máximo Villon Bejar (Villon, 2002) afirma, “La cuenca de drenaje de una corriente, es el área de terreno donde todas las aguas caídas por precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida para cada punto de recorrido.

Precipitación: Máximo Villon Bejar (Villon, 2002) afirma, “La precipitación es toda forma de humedad que originándose en las nubes, llega hasta la superficie del suelo; de acuerdo a esta definición la precipitación puede ser de forma de: Lluvias, granizadas, garúas, nevadas.

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre, y sus mediciones y análisis, forman el punto de partida de los estudios concernientes al uso y control del agua.

Geotecnia: Según Braja M. Das (Braja, 2001) afirma, “La geotecnia es la aplicación de métodos científicos y principios de ingeniería para la adquisición, interpretación y uso del conocimiento de los materiales de la corteza terrestre y los materiales de la tierra para la solución de problemas de ingeniería y el diseño de obras de ingeniería. Es la ciencia aplicada de predecir el comportamiento de la Tierra, sus diversos materiales y procesos para hacer que la Tierra sea más adecuada para las actividades humanas y el desarrollo”.

La geotecnia abarca los campos de la mecánica del suelo y la mecánica de rocas, y muchos de los aspectos de geología, geofísica, hidrología y otras ciencias relacionadas. La geotecnia es practicada por geólogos de ingeniería e ingenieros geotécnicos.

Mecánica de suelos: Según Braja M. Das (Braja, 2001) afirma, “Es la rama de la ciencia que trata el estudio de sus propiedades físicas y el comportamiento de masas de suelos sometidas a varios tipos de fuerzas”.

Símbolo del grupo: Según Braja M. Das (Braja, 2001) afirma, “Se clasificará de acuerdo al sistema unificado de Clasificación de suelos, considerando sólo la fracción de suelos con tamaño inferior a los 3”. (SUCS).

Imagen N° 1.4: Sistema Unificado de Clasificación de suelos (SUCS)

Divisiones principales		Subdivisión del grupo	Símbolo clásico	Método de identificación en campo (incluyendo pruebas de campo de 75 mm)	Clasificación de laboratorio			
1	2	3	4	5	6			
Suelos de grano grueso. Más del 75 mm del tamaño de malla # 20.	Arena y grava. Más del 75 mm de los granos de arena y grava. Puede ser cohesionado o no cohesionado.	Gravas y arenas. Más del 75 mm de los granos de arena y grava.	GW	Gravas bien graduadas, arenosas de arena y arena, poco o ningún fino	Amplio margen de variación del grano y constitución importante de todos los tamaños intermedios de los granos	$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ $1 < C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} < 3$ <p>Los límites de Atterberg sobre la línea A o IP = 4</p> <p>Los límites de Atterberg sobre la línea A o IP = 7</p>		
			GP	Gravas poco o nada graduadas, arenosas de arena y arena, poco o ningún fino	Preferencia en tamaño o una serie de transición. Débil o algunos tamaños intermedios			
		Gravas arenosas. Más del 75 mm de los granos de arena y grava.	GM	Gravas limosas, arenosas de arena y arena y arena	Fines no plásticas o una baja plasticidad (para procedimiento de identificación ver grupo ML)		$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ $1 < C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} < 3$ <p>Los límites de Atterberg sobre la línea A o IP = 4</p> <p>Los límites de Atterberg sobre la línea A o IP = 7</p>	
			GC	Gravas arcillosas, arenosas de arena y arena y arena	Fines plásticos (para procedimiento de identificación ver grupo CL)			
		Arenas y arenas limosas. Más del 75 mm de los granos de arena y grava.	Arenas limosas. Más del 75 mm de los granos de arena y grava.	GW	Arenas bien graduadas, arenosas con arena, poco o ningún fino		Amplio margen de variación del grano y constitución importante de todos los tamaños intermedios de los granos	<p>Los límites de Atterberg sobre la línea A o IP = 4</p> <p>Los límites de Atterberg sobre la línea A o IP = 7</p>
				GP	Arenas poco o nada graduadas, arenosas con arena, poco o ningún fino		Preferencia en tamaño o una serie de transición. Débil o algunos tamaños intermedios	
	Arenas arenosas. Más del 75 mm de los granos de arena y grava.		GM	Arenas limosas, arenosas de arena y arena	Fines no plásticas o una baja plasticidad (para procedimiento de identificación ver grupo ML)	<p>Los límites de Atterberg sobre la línea A o IP = 4</p> <p>Los límites de Atterberg sobre la línea A o IP = 7</p>		
			GC	Arenas arcillosas, arenosas de arena y arena	Fines plásticos (para procedimiento de identificación ver grupo CL)			
	Arenas y arenas limosas. Más del 75 mm de los granos de arena y grava.		Arenas y arenas limosas. Más del 75 mm de los granos de arena y grava.	Método de identificación en laboratorio (tamaño de malla # 40 / 0.425 mm)			<p>Ver la clasificación en el grupo de identificación de laboratorio.</p>	
				Reactivos a los ácidos				
		ML		Limas inorgánicas de baja compresibilidad	Ninguna a ligera	Ligera a nada		Ninguna
		CL		Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad arcillosas con arena, arcillas arenosas, arcillas limosas	Medio a alta	Ninguna a muy lenta		Medio
OL		Limas orgánicas y arcillas limosas compresibles de baja compresibilidad		Ligera a media	Lenta	Ligero		
MH		Limas inorgánicas de alta compresibilidad		Ligera a media	Lenta a ninguna	Ligera a medio		
Limas y arcillas. Menos del 75 mm de los granos de arena y grava.	Limas y arcillas. Menos del 75 mm de los granos de arena y grava.	ML	Limas inorgánicas de alta compresibilidad	Ligera a media	Lenta a ninguna	Ligera a medio		
		OH	Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad	Alta a muy alta	Ninguna	Alta		
Limas y arcillas. Menos del 75 mm de los granos de arena y grava.	Limas y arcillas. Menos del 75 mm de los granos de arena y grava.	ML	Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad	Alta a muy alta	Ninguna a muy lenta	Ligera a medio		
		OH	Arcillas orgánicas de alta compresibilidad	Medio a alta	Ninguna a muy lenta	Ligera a medio		
Suelos clasificados orgánicos		Pe	Terro y otros suelos altamente orgánicos	Fácilmente identificables por el color, olor, modo esponjoso y aumento cuando se seca				

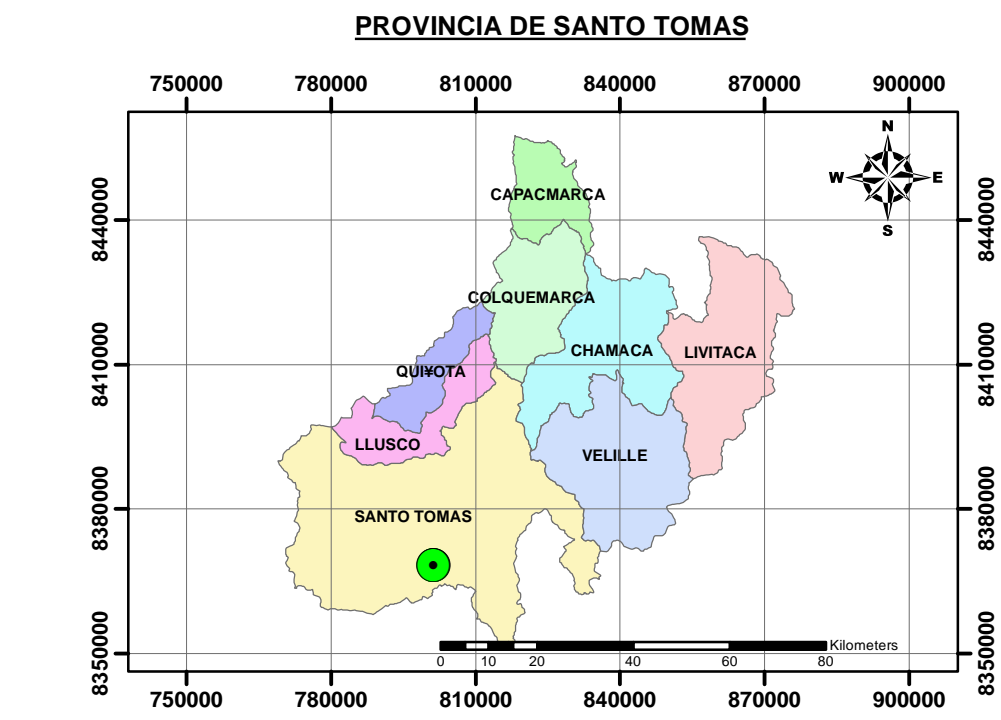
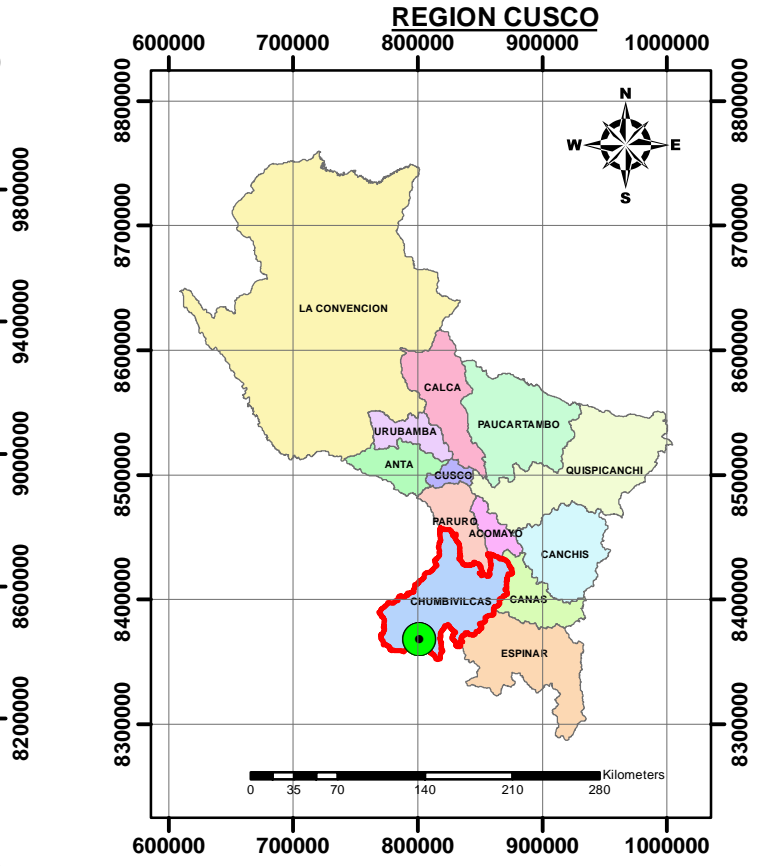
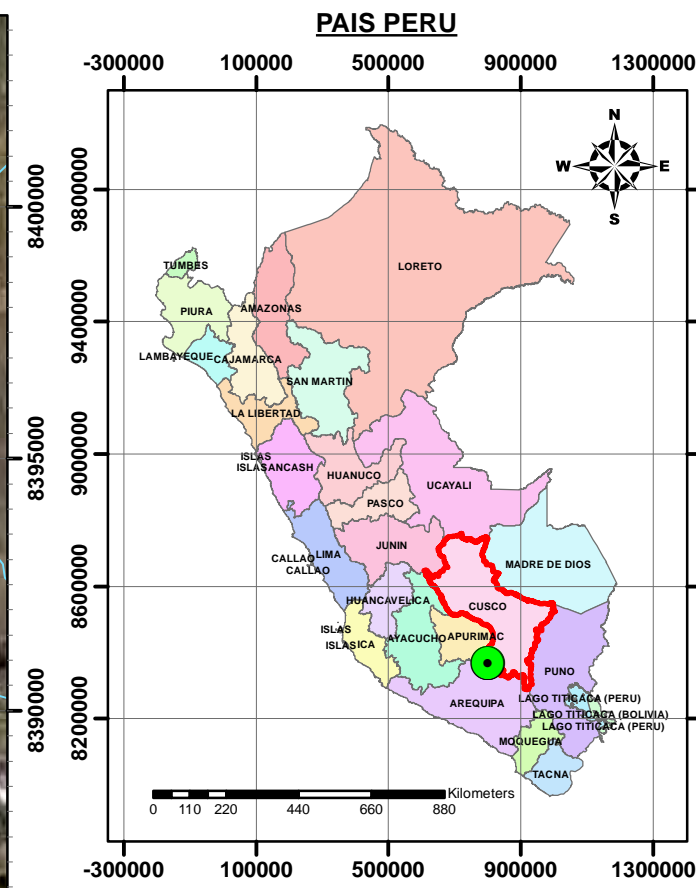
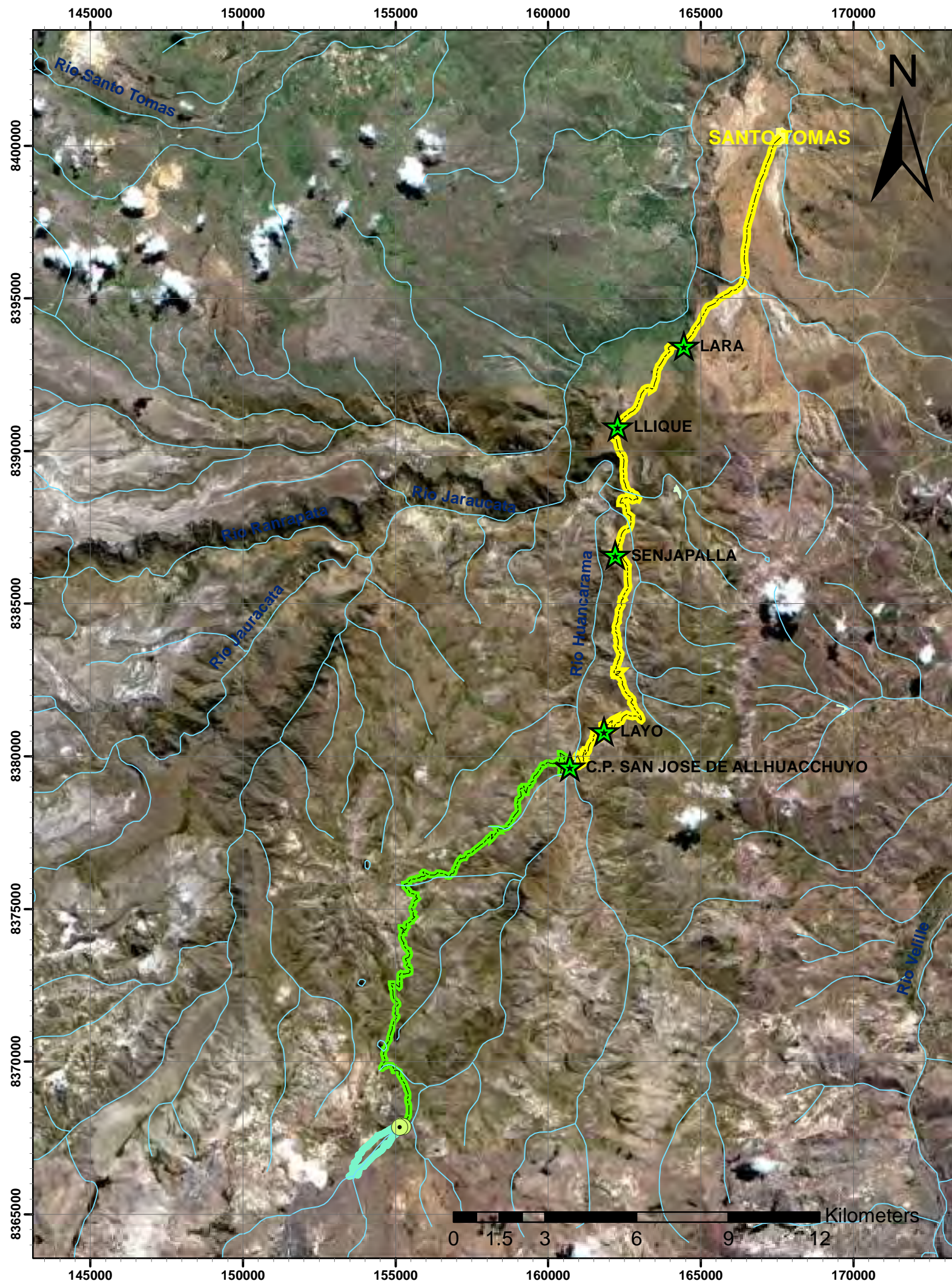
$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$$

$$1 < C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} < 3$$



Los límites de Atterberg sobre la línea A o IP = 4

Los límites de Atterberg sobre la línea A o IP = 7





SIMBOLOGIA	
	SONDEOS
	rios
	carretera afirmada
	carretera trocha carrosable
	Embalse

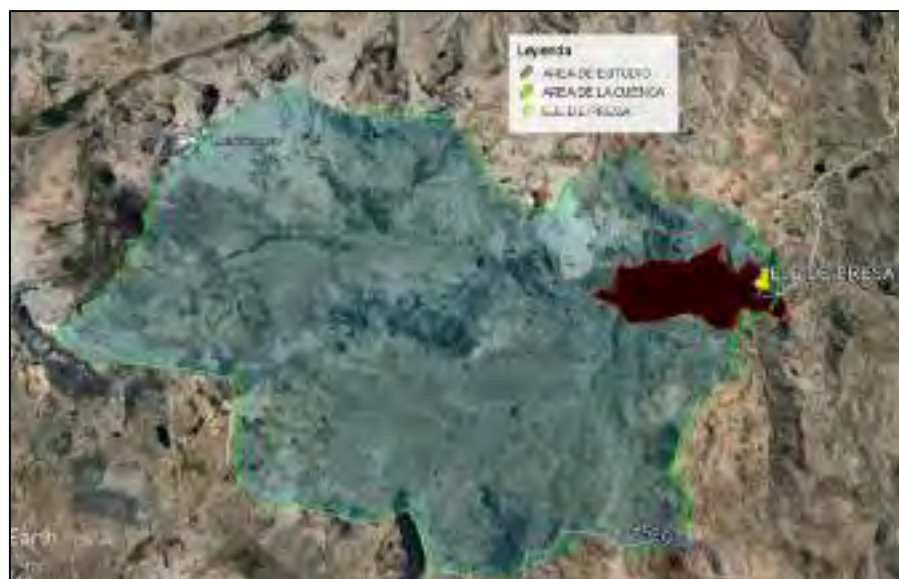
 UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TEMA: "ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HUISILLOPUNKU - SANTO TOMAS"			
MAPA: "UBICACION"			
BACHILLERES: EDWIN GUTIERREZ QUISPE ROSMERY QUISPE LACUTA		ASESOR : ING. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA	
UBICACION: LOC : HUISILLO DIST : SANTO TOMAS PROV: CHUMBIVILCAS DEP : CUSCO		ESCALA: 1:150,000 PROYECCION: UTM, WGS84 ZONA 18S	
		FECHA: AGOSTO-2019	
		FUENTE: PROPIO	
		M - 01	

CAPITULO II: GEOMORFOLOGIA

2.1 GENERALIDADES

El vaso Huisillopunku corresponde a una cuenca glaciar del Pleistoceno (Foto N° 2.1), vaso natural conformante de la altiplanicie de la cordillera occidental del sur del Perú, se ubica entre los 4400 a 5200 msnm.

Imagen N° 2.1: donde se muestra la cuenca y el área de estudio.



Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Longitudinalmente el área de estudio tiene 2.8 km, en este sector elegido como vaso de la presa propuesta tiene una pendiente baja, con un ancho, un máximo de 1.45 km., el flujo de las aguas del río Huancarama que discurre en este vaso tiene sentido de SW a NE, con su nacimiento a 10.8 km aproximadamente de este vaso denominado Huisillopunku. En el área del vaso la diferencia de cotas entre la base del valle y las cumbres está entre 80 m y 180 m, siendo la diferencia de altura un elemento importante en el análisis de represamiento.

La red hídrica de la cuenca está conformada de la siguiente manera: El río Huancarama nace en la parte más alta de la cuenca a los 5200 m.s.n.m., teniendo dos principales afluentes importantes, las cuales son Orjollahuayjo y Palljahuayjo.

El río Huancarama aportante principal del vaso de la presa Huisillopunku, es un afluente de la margen derecha del río Santo Tomas, presenta una red de drenaje dendrítica a sub paralela, geomorfológicamente su cuenca presenta valles de laderas escarpadas con alturas de más de 200 m seguidas por terrazas de relieve accidentado, colinas y terrazas alto andinas de relieve moderado, valles amplios de pisos de pendiente ligera a plana en los que se han formado terrazas coluvio-aluviales, las laderas son de pendiente alta a moderada y las cumbres llegan hasta los 5200 msnm.



*Foto N° 2.1. Izq. Vista del vaso Huisillopunku, valle, con piso de bofedal en la cuenca baja del río Huancarama.
Foto N° 2.2. Der. Montañas escarpadas en la zona alta o divisoria de aguas de la cuenca del río Huancarama.*

2.2 GEOMORFOLOGIA REGIONAL

Regionalmente el área de estudio del presente trabajo, se encuentra emplazado en la unidad geomorfológica regional denominada Cordillera Occidental del Sur de los Andes Peruanos, que presenta un relieve heterogéneo con cimas muy agrestes, valles encañonados (Foto N° 2.3) a moderadamente amplios con terrazas en ambas márgenes (Foto N° 2.4) y altiplanicies, paisajes típicos de punas altas.



Foto N° 2.3. Izq. Vista del valle encañonado de la cuenca baja del río Huancarama.

Foto N° 2.4. Der. Vista del valle de piso amplio de la cuenca media del río Huancarama.

En la evaluación geomorfológica efectuado en la cuenca del río Huancarama, que parte del eje de represamiento hasta la divisoria de aguas se han identificado 04 subunidades geomorfológicas: Valles Alto Andinos Estrechos, Valles Alto Andinos Amplios, Laderas y Altiplanos Alto Andinos y Cordilleras Altas (ver mapa 03):

2.2.1 Valles Altoandinos Estrechos

Esta subunidad está constituida por estrechas depresiones dentro del piso de valle, son zonas en las que el río Huancarama ha ejercido una importante erosión de fondo sobre la roca Riolítica de base (Foto N° 2.5 y 2.6), dejando pequeñas áreas encañonadas de cauce estrecho y laderas verticales con saltos de agua, de topografía muy accidentada y de difícil acceso.



Foto N°2.5 y 2.6. Vista de los valles estrechos y encañonados cerca al sector de Huisillo.

2.2.2 Valles Altoandinos Amplios

Zona constituida principalmente por los pisos de valles que formaron los ríos Huancarama y Palljahuayco (Foto N° 2.7), en general estos valles son amplios de pendiente baja a ligera en las que se han formado terrazas aluviales, coluvio aluviales y bofedales, aguas arriba de la zona de Huisillo se encuentra el sector de Cochapaccha en la que se ha formado la laguna del mismo nombre (Foto N° 2.8), por la deposición del material deslizado de la margen derecha del Valle (ladera del cerro Supo Orco). Los pisos de valles formados por el rio Palljahuayco, son asimétricos porque en la margen derecha presenta pendientes moderadas a altas y la margen izquierda las pendientes son ligeras a moderadas.



Foto N° 2.7. Izq. Vista del bofedal en el vaso de represamiento Huisillopunku.

Foto N° 2.8. Der. Vista de la Laguna Cochapaccha y los pisos de valle aguas arriba de la laguna.

2.2.3 Laderas y Altiplanos Altoandinos

Esta unidad está conformada por las formas topográficas que existen por encima de los 4,500 m.s.n.m. como lomas, cumbres y altiplanicies, unidad que está labrada en rocas mayormente tobaceas de composición riolitica alteradas y de fácil erosión. Parte de las altiplanicies o mesetas altas, están cubiertas por materiales morrenicos y fluvioglaciares extendidos a manera de una capa delgada de cobertura; en éstas zonas altiplánicas se han formado pequeñas lagunas emplazadas en depósitos morrenicos.

2.2.4 Cordilleras Altas

Se reconoce así a las elevaciones y cumbres que constituyen la divisoria de aguas de la cuenca del rio Huancarama, ubicadas en los flancos de los valles, presentan topografía muy accidentada, de relieve abrupto con áreas escarpadas que sobrepasan los 5,000 msnm, estos cerros son: El cerro

Pucara (Foto N° 2.9) y el cerro Cerca sobrepasan los 4,600 msnm y se ubican en la margen izquierda y derecha respectivamente del eje de represamiento; los cerros Yanamarca (4,800msnm), Llihahuiqueorjo (4,800 msnm), Cerro Acollauca (4,900mnsnm), Cerro Piche (5,000 msnm) Cerro Quillca (5,100 msnm), Cerro Huiscalongo (5,200 mnsnm), Cerro Puca Puca (5,100 msnm) se ubican en la margen izquierda del rio Huancarama; los cerros Papalgata (5,200msnm), Cerro Huancara (5,200 msnm), y Cerro Supo Orco (Foto N° 2.10) (5100 msnm) ubicados en la margen derecha del rio Huancarama; en la margen derecha del rio Palljahuayco se encuentran los cerros Ancocarco, Ancascota y Rocollayoc sobrepasan los 4,950 msnm y en la margen derecha del rio Chacarcona se encuentran los cerros Andarama y Perhua que sobrepasan los 4000msnm; en algunos lugares donde las pendientes de las cumbres son muy escarpadas se han desarrollado derrumbes de escombros de roca depositados en sus respectivas faldas como es el caso de los cerros Supo Orco, Yanamarca y Acollauca en la cuenca alta y en la cuenca baja en las faldas de los cerros Pucara y Cerca que constituyen los flancos del eje de represamiento.



Foto N° 2.9. Izq. Vista del cerro Pucara en la margen izquierda del rio Huancarama.

Foto N° 2.10. Der. Vista del cerro Supo Orco, al fondo las cumbres de los cerros que sobrepasan los 5100msnm.

2.3 GEOMORFOLOGIA LOCAL

Geomorfológicamente la presa se emplazara en una cuenca natural de origen glaciar, en cuyo fondo de valle, discurren las aguas del rio Huisillo en dirección SW-NE, que será el aportante principal de la presa.



Foto N° 2.11: Vista panorámica frontal de la cuenca Husillo, se ha demarcado una representación de la presa.

Para una mejor interpretación de las formas de superficie de la cuenca, se ha elaborado un mapa de pendientes a detalle de la cuenca de Huisillo, para la elaboración y análisis de este mapa se ha tomado en cuenta el siguiente cuadro de pendientes:

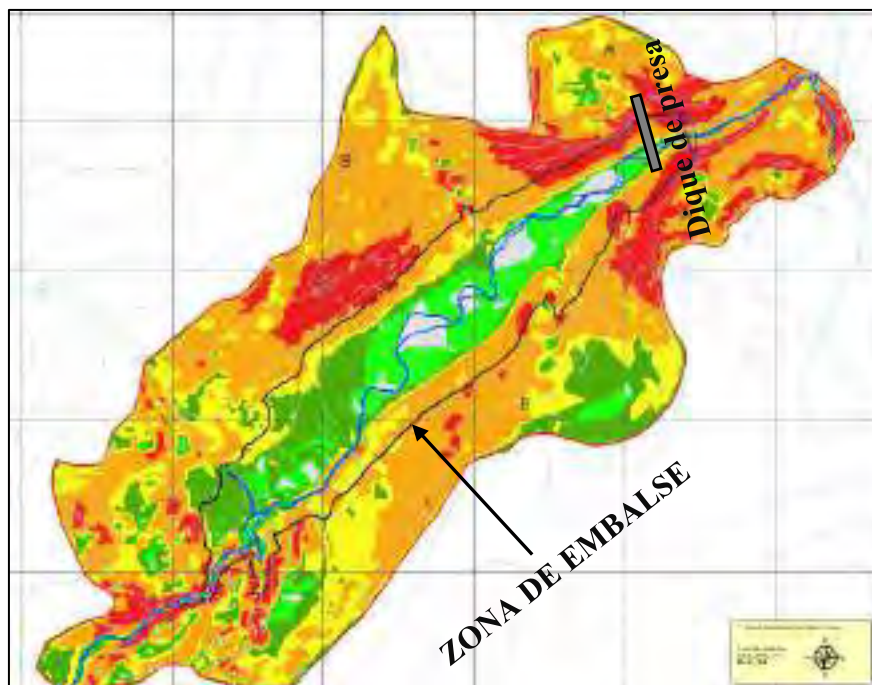
Tabla N°2.1: Rango de Pendientes de la superficie topográfica.

Color	Rango de pendientes en grados	Superficie Topográfica
	0° - 1°	Pendiente llana
	1° - 5°	Pendiente suave
	5° - 15°	Pendiente moderada
	15° - 25°	Pendiente fuerte
	25° - 45°	Pendiente muy fuerte o escarpada
	>45°	Pendiente muy escarpada

Fuente: INGEMMET, Informe Técnico N° A7142

En la imagen siguiente se muestra el mapa de pendientes procesada a partir del rango de pendientes en la parte superior, la misma que será interpretada en la zona del vaso y dique de la presa. Embalse

Imagen N° 2.2: Mapa de pendientes de la cuenca Husillo.



Fuente: Elaborado por los tesistas.

2.3.1 GEOMORFOLOGÍA LOCAL DEL VASO DE LA PRESA.

Laderas de pendiente Llana ($0^\circ - 1^\circ$)

El relieve de esta geoforma, son superficies que presentan pendientes de 0° a 1° , se ubican principalmente en el piso de valle al borde del río. Está conformada principalmente por terrazas fluviales a diferentes niveles, en el mapa se representa en color plomo, esta se presenta en proporciones menores (Foto N° 2.12).



Foto N° 2.12: Vista panorámica de la cuenca Husillo con la ubicación de las zonas llanas.



Foto N° 2.13: Vista Derecha, muestra las terrazas fluviales en la margen izquierda del rio Huisillo.

Foto N° 2.14: Vista Izquierda, muestra las terrazas fluviales en la margen derecha del rio Huisillo en la zona del vaso de la presa (las fotos fueron tomadas durante el mes de junio).

1. Laderas de pendiente Suave (1° - 5°)

Son superficies que presentan pendientes de 1° a 5°. Se ubican en el piso de valle, esta se muestran como terrazas fluvio-aluviales, depósitos cuaternarios aluviales, también llanuras de inundación o planicies inundables, en el mapa se muestra en color verde claro, en proporciones medias, en ambas márgenes del rio Husillo, hacia la parte central del vaso de presa.



Foto N° 2.15: Vista panorámica de la cuenca Husillo con la ubicación de las zonas suaves.



Foto N° 2.16 Izq. Vista de llanuras de inundación o planicies inundables en la margen derecha del rio Huisillo.

Foto N° 2.17 Der. Vista de terrazas fluvio-aluviales, depósitos cuaternarios aluviales, tanto en la margen derecha e izquierda del rio Husillo.

2. Laderas de pendiente Moderada (5° - 15°)

El relieve de esta geoforma son terrenos con pendiente moderada, son unidades que presentan pendientes de 5° a 15°, se ubican en la parte inferior de laderas de valle, siendo colinas o lomadas de poca altura; formando conos deyectivos (depósitos cuaternarios coluviales). En el mapa se muestra con un color verde oscuro, predominando claramente más en la margen izquierda del río hacia la parte SW del vaso, en cambio en la toda la margen derecha del río, se presenta en proporciones menores.



Foto N° 2.18: Vista de la zona SW del vaso de la presa, en la margen izquierda del rio Huisillo.

3. Laderas de pendiente Fuerte (15° - 25°)

Las superficies con laderas de pendiente fuerte, presentan pendientes del rango de 15° a 25 °, se ubican en las laderas que se encuentran mayormente concentrados hacia las partes medias y bajas del fondo del valle, constituyen zonas de transición a relieves de pendiente más elevada, su formación se da como consecuencia de la actividad erosiva sedimentaria de los agentes erosivos y los sistemas hídricos que presenta el área de estudio, algunas de estas geoformas se presenta en forma de abanicos, depósitos cuaternarios coluviales y eluviales, siendo más amplias y de menor pendiente en las partes bajas. En el mapa se representa de color amarillo, y se observa en proporciones bajas a medias en ambas márgenes del rio Husillo, más predomina hacia la cabecera de la cuenca.



Foto N° 2.19: Vista de las partes medias del fondo del valle donde predomina este tipo de pendiente.

4. Laderas de pendiente Escarpada (25° - 45°)

Son superficies con laderas de pendiente muy fuerte o escarpadas, presentan pendientes entre los rangos de 25° a 45°, se ubican en las laderas que se encuentran mayormente concentrados hacia las partes medias y altas del fondo del valle (Foto N° 2.20), se encuentran formando depósitos cuaternarios eluviales con relieve accidentados. En el mapa se representan en color anaranjado, este tipo de pendiente es el que más predomina en el las partes altas del vaso de la presa, observándose en ambas márgenes del río, hacia las partes medias y altas.



Foto N° 2.20. Vista de las partes medias y altas del fondo del valle con pendiente escarpada.

5. Laderas de pendiente muy escarpada (>45)

Son superficies con pendiente muy escarpada, presentan pendientes mayores a 45° , se ubican en las laderas que se encuentran mayormente concentrados hacia las partes altas del fondo del valle (Foto N° 2.21), esta geoforma se caracteriza por tener una topografía muy accidentada y disecada. En el mapa se representa en color rojo, en nuestra zona de vaso solo se presenta en un sector puntual ubicado hacia la parte superior de la margen izquierda del río, hacia la margen derecha se observa zonas puntuales y escasas con este tipo de pendiente.



Foto N° 2.21: Vista de la parte alta del fondo del valle, en la margen izquierda del río, donde se observa este tipo de pendiente en la zona del vaso.

2.3.2 Geomorfología del dique de la presa

La estructura del dique de la presa se ubica en el sector más angosto que presenta la cuenca Huisillo (Foto N° 2.11), al pie de los cerros Pucara y Cerca que constituyen los flancos izquierdo y derecho del río Huancarama respectivamente, el trazo del eje de represamiento planteado presenta perfil transversal ligeramente asimétrico.

Las pendientes en la margen derecha del dique varían de laderas con pendiente moderada (en el fondo del valle) a laderas con pendiente muy escarpada (laderas intermedias y altas), con pendientes en el rango de 5° a $> 45^\circ$, dichas pendientes son similares en ambas márgenes del río, conformadas por depósito eluvio – coluvial, con escombros de talud que cubren a rocas de la formación Alpbamba y en la zona central se encuentra el cauce del río que se caracteriza por ser ligeramente angosto y presentar perfil longitudinal de pendiente moderada como se muestra en el perfil adjuntado.

Imagen N° 2.3: Perfil en el mapa de pendientes, en la zona de emplazamiento del dique.

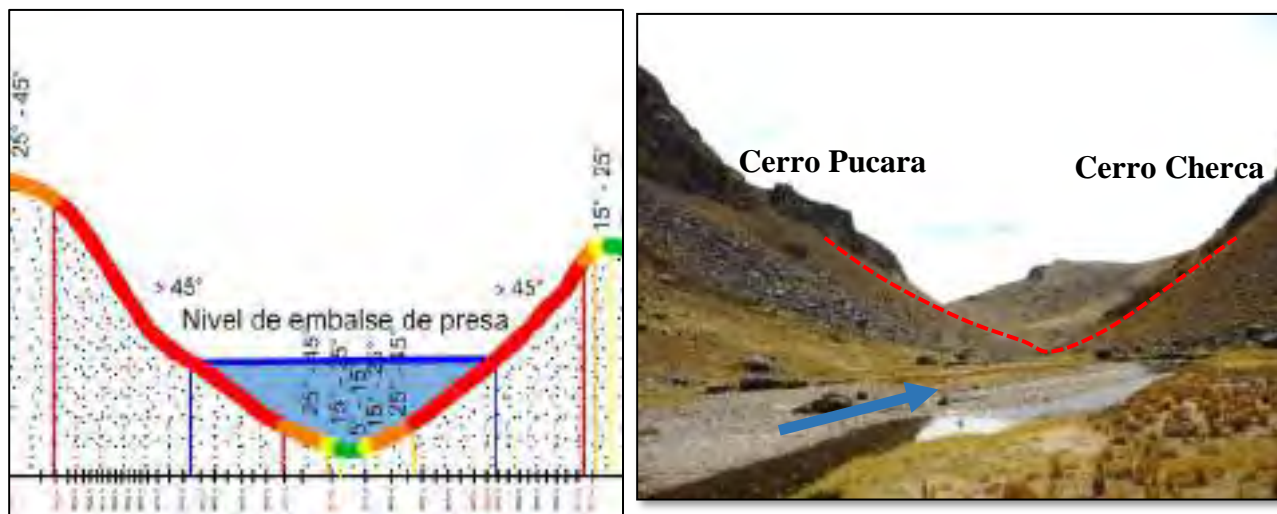


Foto N° 2.22. Ubicación del dique de la presa.

2.4 GEOMORFOGENESIS EVOLUTIVA DE FORMACION DEL VASO

Por su forma del valle y los depósitos de material cuaternario que se encuentran aflorando en el fondo del valle, bordes laterales y flancos de este valle se puede interpretar su geomorfogénesis, es decir la evolución desde su formación hasta la actualidad (Imagen N° 2.4).

2.4.1 Fase 1.

En esta etapa se considera el proceso erosivo que ha generado la socavación del valle después de la formación de las rocas volcánicas y que por la resistencia de las rocas en la zona que se considera como la boquilla del proyecto de la presa Husillopunku la masa glaciara ha sido detenida en esta zona, haciendo que exista mayor erosión lateral y aguas debajo de la boquilla un salto, quedando esta zona como un circo glaciara alargado.

2.4.2 Fase 2.

Después de la erosión, dejó a este valle en forma de U en este tramo de 1.70 km y a medida que ocurrió la desglaciación, la masa glaciara bajo de volumen y en este periodo de extinción por el retroceso glaciara dejaron como testigo de su paso erosivo acumulaciones de morrenas laterales en volúmenes escasos que se puede observar en las zonas de media altura en algunos sectores del valle.

2.4.3 Fase 3.

Posteriormente, en el proceso de retroceso glaciario las precipitaciones pluviales acompañan con mayor incidencia, por lo que, su comportamiento se convierte en periodos de flujos y reflujos con escasos volúmenes de hielo acompañado de flujos fluviales importantes convirtiéndose entonces en un valle fluvio glaciario con erosión de morrenas y depósitos de gravas con bolones y arenas con limos arcillosos.

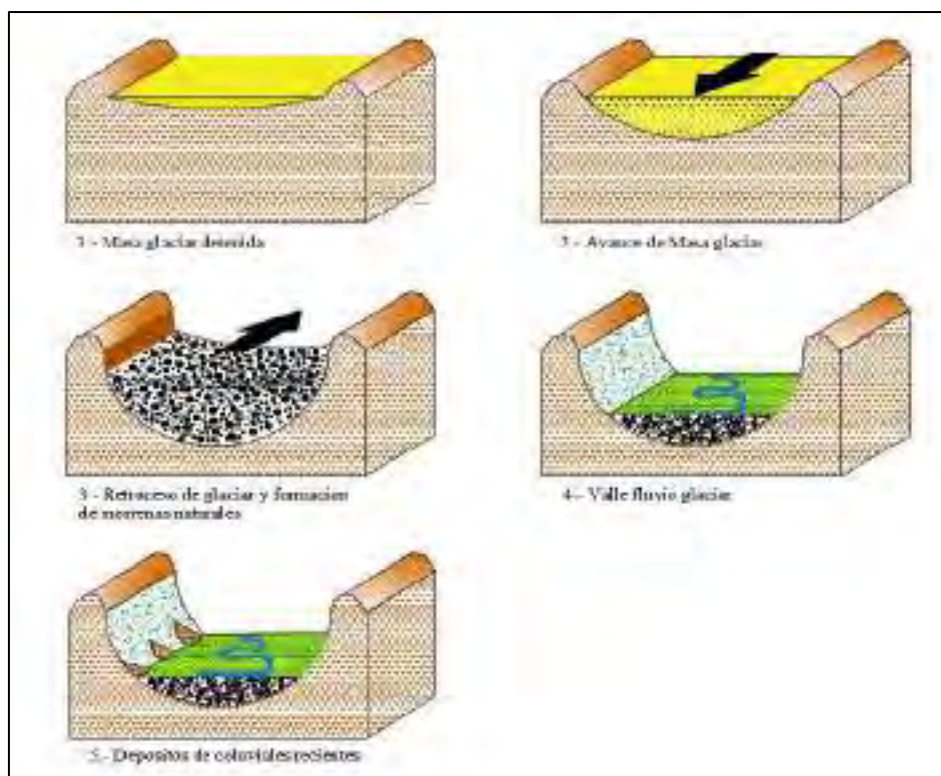
2.4.4 Fase 4

Es la etapa en la que se forman depósitos fluviales y palustres, con la conformación de bancos y barras de arenas, gravas y sobre ellas materia orgánica por la acumulación de suelos por los procesos de los humedales sectorizados existentes en las zonas de inundación del río Huancarama que tiene recorrido meandriforme.

2.4.5 Fase 5

Es la etapa actual, ya que el valle fluvio glaciario está expuesta a la acción de los diferentes agentes del medio ambiente, por ende está en constante erosión y acumulación de depósitos coluviales recientes.

Imagen N° 2.4: Perfiles de la geomorfogénesis evolutiva de formación del vaso.



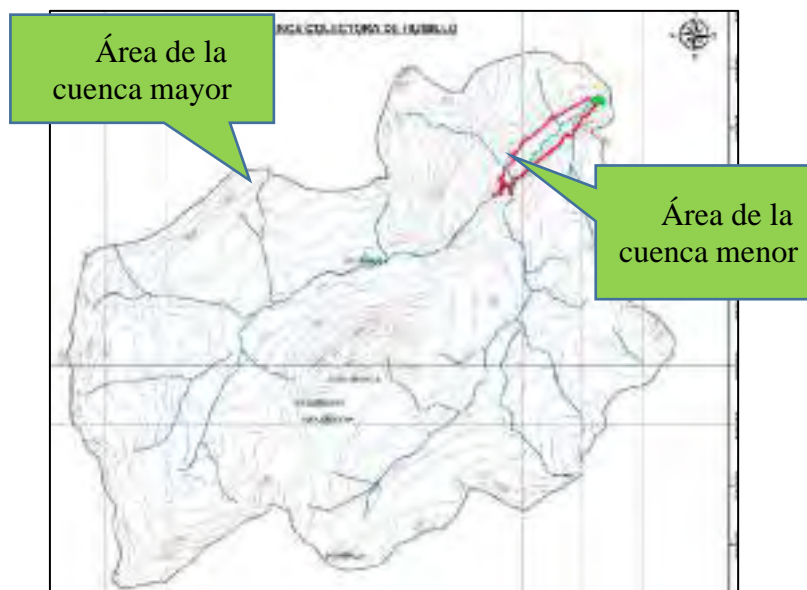
Fuente: Elaborado por los tesistas.

2.5. PARAMETROS MORFOLOGICOS Y MORFOMETRICOS

2.5.1 Área de Drenaje (At): Para la delimitación de la cuenca, se ha utilizado las cartas nacionales del IGN, el programa ArcMap, delimitando a través de sus divortium aquarum, nos ha determinado que, el área de la cuenca es de 57.47 km².

2.5.2 Perímetro (P): El perímetro de la cuenca, que viene a ser la longitud de la divisoria de aguas que limita el área de drenaje, es de 40.20 Km.

Imagen N° 2.5: Representación de la cuenca colectora mayor y menor.



Fuente: Elaborado por los tesistas.

2.5.3 Forma de la cuenca

Para determinar las unidades de la morfología de la cuenca, se tiene varios métodos como:

2.5.3.1. Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (Kc)

Este método relaciona el perímetro de la cuenca y la circunferencia de un círculo de área igual al tamaño de la cuenca en km².

$$K_c = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Dónde: P: perímetro de la cuenca
A: área de la cuenca

$$K_c = 0.28 \frac{40.20 \text{ km}}{\sqrt{57.47 \text{ km}^2}} = 0.28 (40.20/7.58) = 0.28 (5.303) = 1.485$$

Reemplazando los valores en la formula, el coeficiente de compacidad de la cuenca Huisillo resulta $KC = 1.485$

Tabla N° 2.2. Coeficiente de Compacidad (Kc)

Rango	Forma
1,00 – 1,25	Redonda a oval redonda (compacta)
1,25 – 1,50	Oval redonda a oval oblonga.
1,50 – 1,75	Oval oblonga a rectangular oblonga.
>1,75	Casi Rectangular (alargada)

Fuente: FAO, 1985

De acuerdo al resultado, comparando con la tabla N° 2.2, la forma de la cuenca, presenta una forma oval redonda a oval oblonga, por lo tanto, la cuenca presenta susceptibilidad media a sufrir crecidas máximas.

2.5.3.2. Factor de Forma (Ff)

El factor de forma Ff es la relación entre el ancho promedio y la longitud axial de la cuenca.

$$Ff = A_p / L_{ax}$$

Dónde: A_p : Ancho promedio.
 L_{ax} : Longitud axial.

Imagen N° 2.6: representación de la longitud axial y ancho promedio de la cuenca colectora.



Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Reemplazando en la formula se tiene:

$$Ff = \frac{5.69km}{11.7km} = 0.48$$

Tabla N° 2.3. Tipos de forma de la cuenca según el factor de Forma.

Factor de forma	Tipo de forma
1,00	Circular o redonda
0,79	Cuadrado con salida central
0,50	Cuadrado con Salida Lateral
0,40 y 0,50	Oval
<0,30	Rectangular alargada

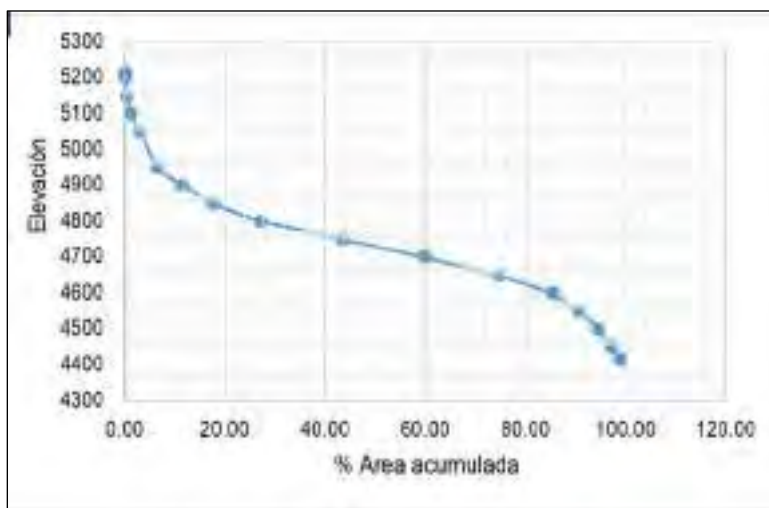
Fuente: Horton.

El factor de forma de la cuenca Huisillo es de 0.48, indicando ello que, la cuenca tiende a presentar una forma oval según la tabla N° 2.3, por lo tanto, la cuenca presenta susceptibilidad media a sufrir crecidas máximas.

2.5.3.3 Curva Hipsométrica

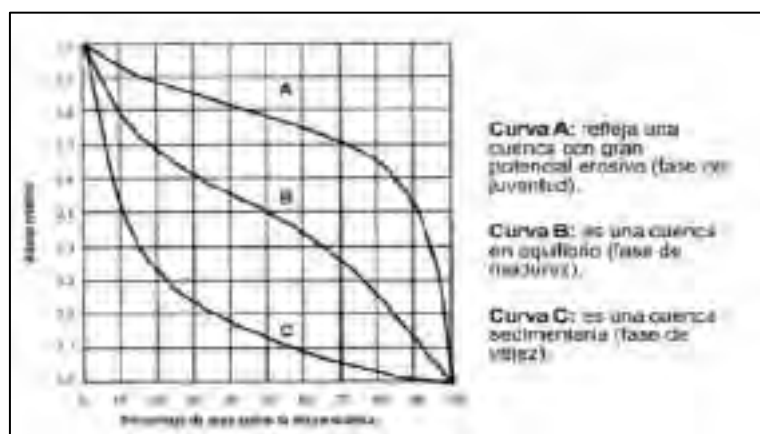
La curva hipsométrica es la representación gráfica del relieve medio de una cuenca.

Imagen N° 2.7: Curva Hipsométrica – Cuenca Huisillo



Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Imagen N°2.8: Curvas hipsométricas características del ciclo de erosión, según STRAHLER



Fuente: GEOENSEÑANZA. Vol.7-2002.

De acuerdo a la imagen N° 2.8, se concluye que el área donde se encuentra ubicado la presa, es de naturaleza juvenil, con fondos de valle pequeños y allanados, rodeados por cumbres de montaña escarpadas.

2.5.4 Parámetro de Relieve de la Cuenca

1. Pendiente de la cuenca

Según el criterio de Alvord, la pendiente de la cuenca se calcula a partir del cociente del producto de la longitud de las curvas de nivel que se encuentran dentro de la cuenca por el desnivel existente entre las mismas y el área de la cuenca.

$$S_m = L * D / A$$

Donde:

S_m : Pendiente media de la cuenca

D : Diferencia entre curvas de nivel

L : Longitud total de las curvas de nivel

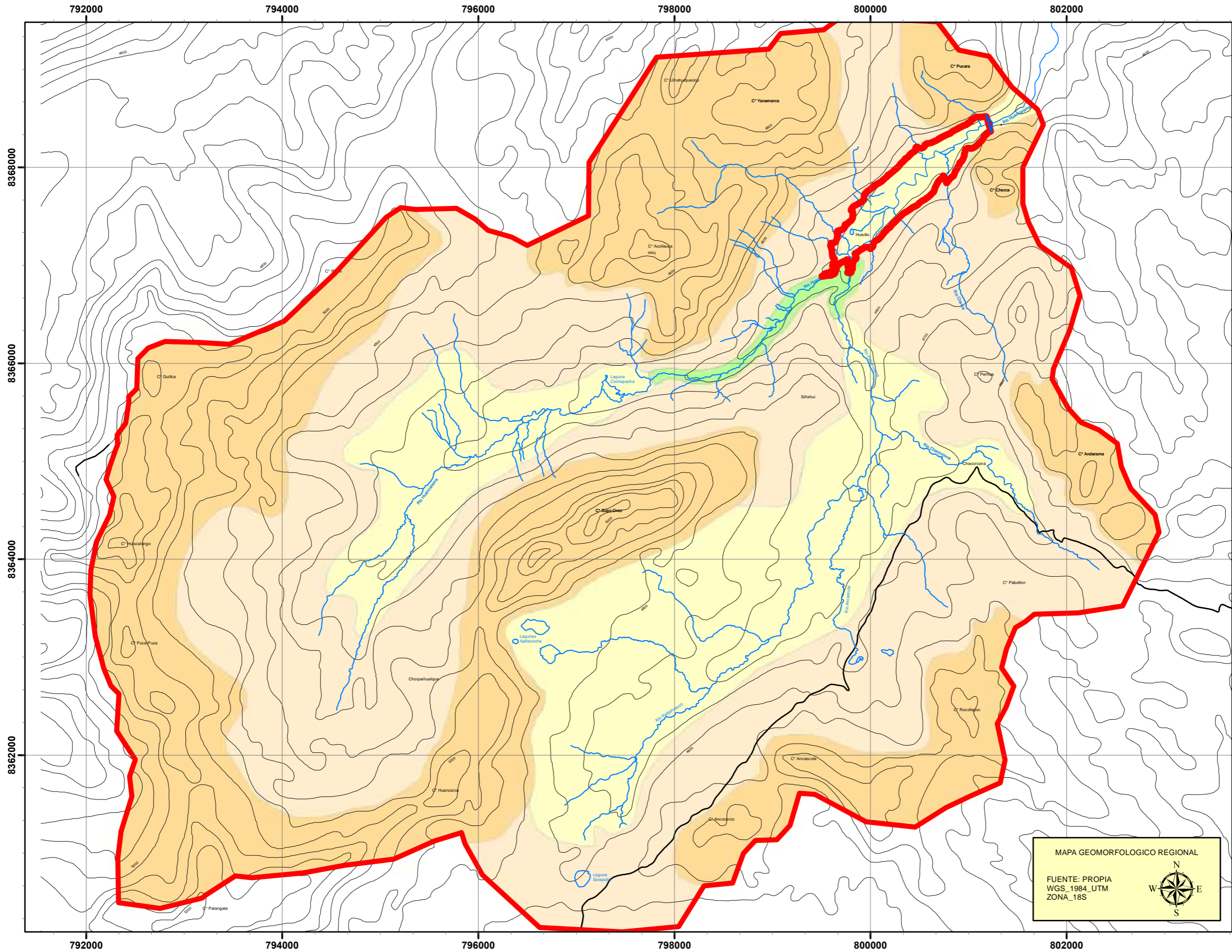
A : Area de la cuenca

Por lo tanto mi cuenca de acuerdo a este parámetro, que se ha calculado de acuerdo al método de Alvord – Índice de pendiente ($I_p = 22.92\%$), mi cuenca presenta una superficie con pendientes moderadas a altas.

1. Cota media de la cuenca

Para determinar la cota media de la cuenca se ha utilizado el método de la curva hipsométrica, resultando la elevación media de la cuenca Huisillo de 4796.02 m.s.n.m.

MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL DE "ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL TERRENO DE FUNDACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA HUISILLOPUNKU – SANTO TOMAS"



UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

COLOR	DESCRIPCION
	Cordilleras Altas
	Laderas y Altiplanos Altoandinos
	Valles Altoandinos Amplios
	Valles Altoandinos Estrechos

LEYENDA

	Curvas de Nivel
	Dique de Presa
	Rio
	Area de Estudio

MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL
 FUENTE: PROPIA
 WGS_1984_UTM
 ZONA_18S

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

PRESENTADO POR:
 BACH: EDWIN GUTIERREZ QUISPE
 BACH: ROSMERY QUISPE LACUTA

ASESOR:
 ING. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA

FECS: "ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL TERRENO DE FUNDACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA HUISILLOPUNKU – SANTO TOMAS"

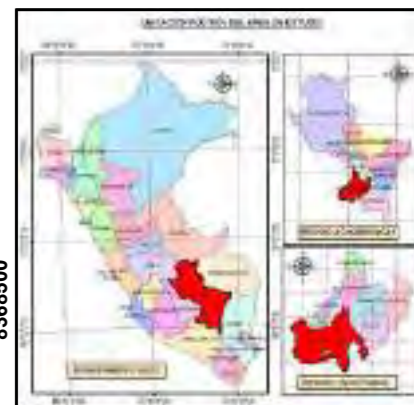
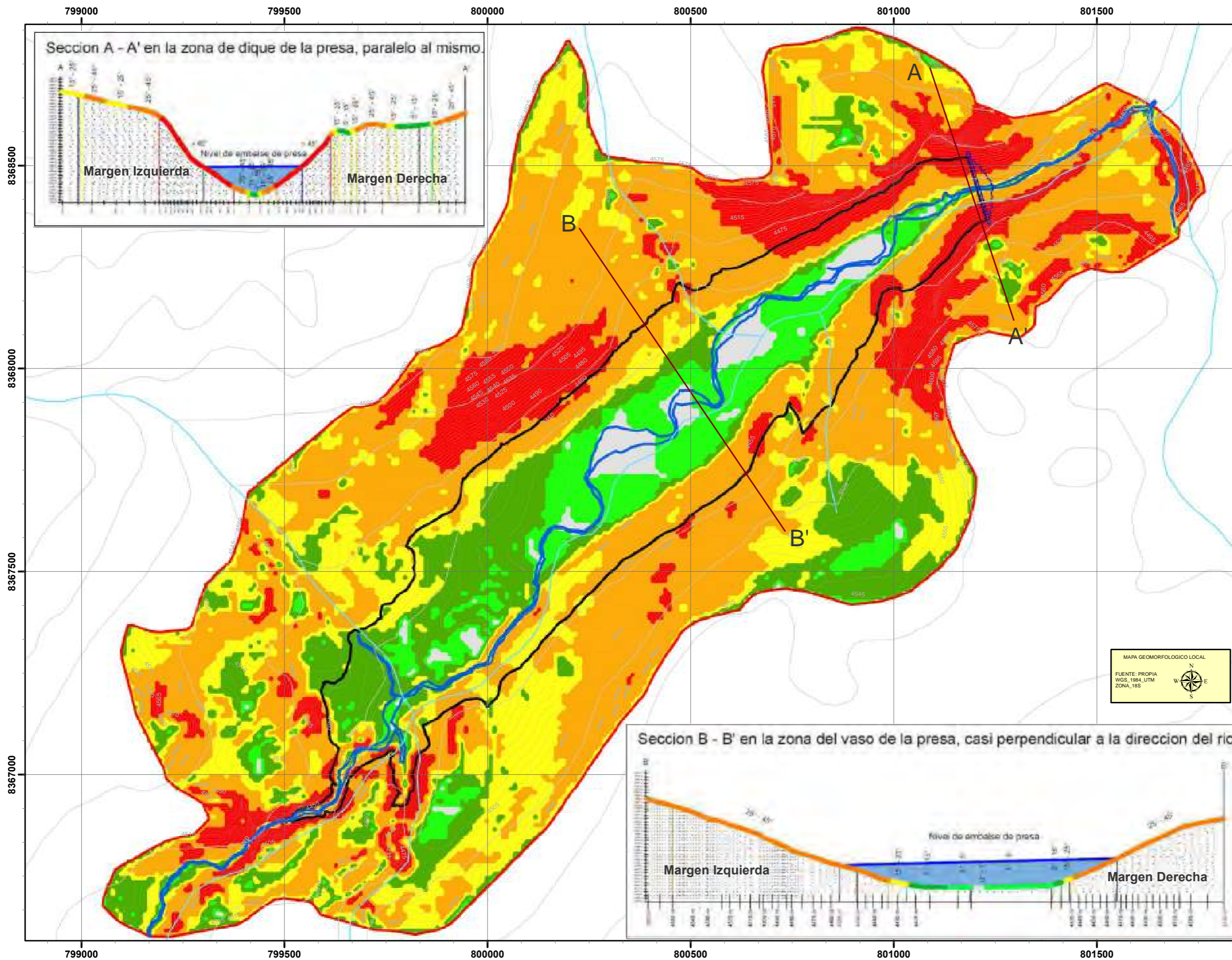
PLANO: MAPA GEOMORFOLOGICO REGIONAL

UBICACION POLITICA
 DISTRITO : SANTO TOMAS
 PROVINCIA: CHUMBIVILCAS
 DEPART : CUSCO

FECHA: Marzo 2022
 FUENTE: Propia
 ESCALA: 1:36,970

M - 2

MAPA GEOMORFOLOGICO LOCAL DE "ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL TERRENO DE FUNDACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA HUISILLOPUNKU – SANTO TOMAS"



LEYENDA

- Curvas de Nivel
- Eje de Presa
- Rio
- ▭ Area de Estudio
- ▭ Area de embalse

UNIDADES GEOMORFOLOGICAS

RANGO DE PENDIENTE	COLOR	DESCRIPCION
0° a 1°	Light Green	Laderas con Superficie Topografica Llana
1° a 5°	Green	Laderas con Superficie Topografica de Pendiente Suave
5° a 15°	Dark Green	Laderas con Superficie Topografica de Pendiente Moderada
15° a 25°	Yellow	Laderas con Superficie Topografica de Pendiente Fuerte
25° a 45°	Orange	Laderas con Superficie Topografica de Pendiente Escarpada
> 45°	Red	Laderas con Superficie Topografica de Pendiente Muy Escarpada

MAPA GEOMORFOLOGICO LOCAL

FUENTE: PROPIA
WGS_1984_UTM
ZONA_18S

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

PRESENTADO POR:
BACH. EDWIN GUTIERREZ QUISEP
BACH. ROSMERY QUISEP LACUTA

ASESOR:
ING. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA

TESIS:
"ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL TERRENO DE FUNDACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA HUISILLOPUNKU – SANTO TOMAS"

PLANO:
MAPA GEOMORFOLOGICO LOCAL

UBICACION POLITICA:
DISTRITO : SANTO TOMAS
PROVINCIA : CHUMBIVILCAS
DEPART : CUSCO

FECHA: Marzo 2022
FUENTE: Propia
ESCALA: 1:9,000

M - 3

CAPITULO III: GEOLOGIA

3.1 GEOLOGIA REGIONAL

Regionalmente el área de estudio está conformada principalmente por rocas volcánicas del cenozoico, en los que se puede apreciar, lavas andesíticas, aglomerados volcánicos y tobas del Grupo Tacaza (formación Ichucollo); tobas y lavas de composición riolítica a dacítica de la formación Alfabamba, los que están instruidos puntualmente por pequeños cuerpos de rocas sub volcánicas de composición andesítica, este basamento volcánico está cubierta por depósitos cuaternarios.

3.1.1 GRUPO BARROSO

Las características físico-petrográficas de esta roca tal como se ha descrito, son mayormente de color oscuro, gris oscuro a negro. Su composición es andesítica variando a veces a basalto y en otras a dacitas. Su textura varía de microcristalina a vítrea y cuando se puede ver con la lupa, los constituyentes se ven como pequeños fenos de plagioclasas y otras de formas alargadas que son augita y hornblenda.

Estas rocas están siendo afectadas por un proceso físico mecánico, debido a las bajas temperaturas producidas en los nevados durante las noches, las que se elevan en el día dando lugar a la dilatación y resquebrajamiento de los minerales. Por otro lado, la acción de presión del hielo al actuar como cuñas, rompe a la roca en lajas, lo que da lugar a un conjunto de escombros muy particular de estos volcánicos y en fragmentos tabulares.

Edad.-Respecto a la edad de estos volcánicos, solamente contamos con las evidencias de campo. Podemos decir que se trata de manifestaciones magmáticas modernas, post- tectónica y pre-glaciaciones (Palacios M. Oscar 1994, INGEMMET, Boletín 51, hoja 30r, pag. 22)

3.1.2 GRUPO TACAZA

Este grupo reconocido regionalmente en el Sur del país tiene su localidad tipo en la mina Tacaza ubicada al Norte de Santa Lucía, donde fue descrito por Newell N. (1949) con la categoría de Formación. Posteriormente, es elevado al Grupo por Wilson J. (1962) en el estudio de los cuadrángulos de Pachía y Palca.

La secuencia superior es la más extensa y compleja dada sus variaciones laterales rápidas, en las que se pasa de facies tobáceas depositadas en medios subaéreos a tobas subacuosas depositadas en

lagunas extensas y cercanas unas a otras. Se inicia con andesitas de estructuras piramidales, las que en algunas partes lateralmente a andesitas brechoides y hacia arriba pirocláticos riódacíticos a dacíticos, en bancos masivos, a veces bien estratificados y hasta con huellas de corrientes, cuando se trata de facies lagunares; intercalándose arcillas, arenas tobáceas y calizas que se han podido observar en la sección estudiada entre Cayarani y Alja Victoria.

Edad y Correlación.-En áreas vecinas como Orcopampa y zonas aledañas, dataciones radiométricas realizadas por Noble D. (1974) con el método K/Ar, dan edades de 19.5 m.a. y 18.9 para tobas de la parte inferior y superior, respectivamente. (Palacios M. Oscar 1994, INGEMMET, Boletín 51, hoja 30r, pag. 18)

3.1.3 FORMACION ALPABAMBA

En la parte superior de la secuencia, se encuentran brechas volcánicas oscuras de composición andesítica a dacítica, con elementos angulosos en los que se observan feldespatos caolinizados y ferromagnesianos oxidados que le transmiten a la roca un marcado color rojizo oscuro, como si fuera un sombrero de fierro. Se extienden por las alturas de Chaco Orjuna, hacia el Noreste de la Laguna de Ccacansa (cuadrángulo de Cayarani), donde estos volcánicos presentan un diaclasamiento vertical de rumbo N-S. En la quebrada de Parihuayjo, se intercalan tobas brechoides las que también presentan una alteración intensa por oxidación, extendiéndose al Sureste hasta la quebrada Talasquiña, perdiéndose debajo del Volcánico Barroso.

Edad y Correlación.-En el cuadrángulo de Orcopampa, Noble D. (1972) ha data- do entre 10 y 13 m.a., las tobas altas ubicadas al Noroeste de Andahua y que parecen corresponder a la Formación Alpabamba, lo que la hace correlacionable con la Formación Huaylillas del área de Pachía y Palca que tiene edades similares, y con la Formación Caudalosa del área de Castrovirreyna. . (Palacios M. Oscar 1994, INGEMMET, Boletín 51, hoja 30r, pag. 19)

3.1.4 DEPOSITOS FLUVIO-GLACIARES

Constituyen extensas secuencias de arenas, arcillas y materiales como bloques y fragmentos angulosos a subangulosos, acarreados, por las corrientes de deshielo y extendidos en las altas mesetas donde discurren a manera de hilos entre pequeñas lagunas y valles labrados por antiguos hielos en movimiento.

En la hoja de Cayarani, el Noreste del Nevado de Huajrahuari, los fluvioglaciares cubren al Barroso inferior, extendiéndose desde las laderas donde enmascaran el contacto del Barroso inferior con el Barroso superior hasta una distancia de unos 14 km². Del nevado, dejando en la parte superior las rocas lávicas desnudas pero con estriamiento y formas aborregales debidos a la acción erosiva de los hielos en su avance. (Palacios M. Oscar 1994, INGEMMET, Boletin 51, hoja 30r, pag. 25)

3.1.5 DEPOSITOS ALUVIALES

Los depósitos del Cuaternario aluvial, están ubicados a lo largo de los ríos y quebradas que bajan de la cordillera formando terrazas aluviales a lo largo de los valles. Estos materiales arrastrados por los ríos, están constituidos por fragmentos de rocas volcánicas lávicas y principalmente rocas tufáceas las que en corto recorrido han sido labradas y reducidas sus aristas, debido a su poca dureza, resultando un conglomerado con matriz arcillosa y arenas tobáceas (como resultado de la precipitación de las partículas arrancadas de las mismas rocas tobáceas). Los depósitos aluviales se extienden a lo largo del río Cayarani. (Palacios M. Oscar 1994, INGEMMET, Boletin 51, hoja 30r, pag. 26)

3.1.6 VOLCANICO

Localmente en la cuenca y en el vaso afloran principalmente rocas volcánicas cubiertas por depósitos cuaternarios, a continuación, se describen las unidades litoestratigraficas que se presentan en la zona de estudio.

a). - Formación Ichucollo (Nm-ich). - Junto a la formación Orcopampa constituyen el grupo Tacaza, unidad que aflora ampliamente al norte del eje de represamiento, aguas abajo del rio Huancarama, presenta afloramientos prominentes que resaltan con 500 m de espesor conformado por volcánicos piroclasticos y lavas porfiríticas, en la base está conformado por andesitas de textura porfirítica en algunos sectores con alternancia de andesitas brechoides, de estructura piramidal, hacia arriba, se presentan tobas piroclásticas de composición dacítica a riodacítica, en algunos zonas las tobas se depositaron sobre lagunas, extensas y cercanas entre sí, estas facies lagunares se intercalan con tobas, arcillas y arenas. Esta formación data del Neógeno Mioceno de la era Cenozoica. (Palacios M. Oscar 1994, INGEMMET, Boletin 51, hoja 30r)

Imagen N° 3.1. Columna estratigráfica del cuadrángulo Cayarani 30r.




ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS E HIPABISALES		
C E N O Z O I C O	CUATERNARIO	RECIENTE	Cuaternario Aluvial	Q-al	<p>ROCAS HIPABISALES</p> <p>Andesita Hip-a</p> <p>ROCAS INTRUSIVAS</p> <p>Tonalitas Ti-to</p> <p>Dioritas Ti-di</p>	
			Cuaternario Glacial	Q-gl		
			Volcánico Santo Tomás	Q-st		
		PLEISTOCENO	GRUPO BARROSO	Disc. erosional		TQ-ba₂ Ts-ba₁ Ts-se Ts-al Tms-la
				Barroso Superior		
				Barroso inferior		
	Disc. erosional					
	Volcanico Senca					
	Disc. angular					
	SUPERIOR	Formación Alpabamba				
		Disc. angular				
	MEDIO	Grupo Tacaza				
		INFERIOR				

Fuente: INGEMMET.

3.2 GEOLOGIA LOCAL

Localmente el área de estudio, presenta afloramientos rocosos de la formación alpabamba, de naturaleza volcánica, hacia la parte más angosta del valle (zona de emplazamiento del dique de presa); y depósitos cuaternarios, como morrenicos, palustres, eluvio coluvial, aluviales coluvial y fluvial, hacia la parte del piso de valle (zona de embalse) y márgenes del río y quebradas.

Imagen N° 3.2. Columna estratigráfica local

ERA	SIST	SERIE	UNIDAD LITOSTRATIGRAFICA
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENA	Qr-fl  Deposito Fluvial Qr-co  Deposito Coluvial Qr-al  Deposito Aluvial Qr-el-co  Deposito Eluvio Coluvial Qpl-pa  Deposito Palustre Qpl-mo  Deposito Morenico
	NEOGENO	MIOCENA	Nm - al  Formacion Alpabamba

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

3.2.1 Formación Alpabamba (Nm-al).

Aflora ampliamente alrededor de la zona de estudio con un área de 81.48 ha. Litológicamente de roca volcánica de composición riolítica a andesítica con estratificación, tiene un rumbo de NW-SE, con un buzamiento de 12 SW, presentan algunas intrusiones lávicas de brechas volcánicas de color gris de composición andesítica.

. En el eje de represamiento aflora ampliamente en las dos márgenes, riolitas de textura porfídica de color gris rosáceo a gris violáceo claro, con cristales pequeños de cuarzo y biotita, se presentan fracturadas y con presencia de fallas locales, en tal formación se plantea el desplante de la presa proyectada. En el vaso de represamiento se presentan cubiertos por materiales cuaternarios o recientes, en la ladera izquierda dentro del vaso de represamiento se distingue claramente una fuerte alteración de estas rocas por el cambio de coloración a amarillo pardusco claro.

Esta unidad data del Neógeno Mioceno de la era Cenozoica.



Foto N° 3.1 y 3.2. Vista de afloramiento de roca riolítica de la formación Alpbamba a ambos lados del eje.

Par una mejor identificación de las rocas que afloran cerca al eje y a lo largo del vaso del represamiento planteado, se obtuvo 10 muestras de roca las que fueron sometidas a ensayos de descripción petrográfica macroscópica (ver su ubicación en el mapa geológico de la cuenca del río Huancarama), en las que se determinó que las rocas que afloran tanto en el eje como en el vaso de represamiento son volcánicos riolíticos de textura porfídica principalmente y en algunos sectores de textura porfídica.

Tabla N° 3.1. Descripción macroscópica de muestras

MUESTRA	COLOR	TEXTURA	TIPO	ROCA
RH-1	Gris Violácea	Porfídica	Volcánica	Riolita porfídica de biotita
RH-2	Gris amarillento	Fluidal	Volcánica	Riolita porfídica de biotita
RH-3	Gris Violácea	Porfídica	Volcánica	Riolita porfídica de biotita
RH-4	Gris amarillento	Fluidal	Volcánica	Riolita porfídica de biotita
RH-5	Gris amarillento	Porfídica	Volcánica	Riolita porfídica de biotita
RH-6	Gris Violácea	Porfídica	Volcánica	Riolita porfídica de biotita
RH-7	Gris Violácea	Porfídica	Volcánica	Riolita porfídica de biotita
RH-8	Gris verdoso	Porfídica	Volcánica	Riolita porfídica de biotita
RH-9	Gris Verdusco	Porfídica	Volcánica	Riolita porfídica de biotita
RH-10	Gris rojizo	Porfídica	Volcánica	Riolita porfídica de biotita

Fuente: Elaborado por los tesisistas.



Foto N° 3.3. Donde se muestra la riolita con textura porfídica

3.2.2 DEPÓSITOS CUATERNARIOS

Las unidades litoestratigráficas antes descritas están cubiertas por depósitos recientes de origen glacial, eluvial y aluvial, que presentan espesores superficiales a profundos.

3.2.2.1 Depósito Morrenico (Qpl-mo). – En la Zona de estudio tiene una área de 60.42 ha. Estos depósitos tienen formas mayormente alargadas a manera de pequeñas colinas y lomas, de relieve ligeramente ondulado, producto de la sedimentación del material arrastrado por la acción de los glaciares, está conformado principalmente por clastos de rocas volcánicas de bordes subangulosos, envueltos en matriz areno arcillosa a grava arcillosa; este depósito se presenta en el área de estudio a la margen derecha en las laderas y colinas del vaso Huisillopunku.



Foto N° 3.4. Vista de los depósitos morrenicos en el flanco derecho del vaso Huisillopunku.

3.2.2.2 Depósito Eluvio Coluvial (Qr-el-col).- Este depósito, en la zona de estudio abarca una área de 45.60 ha., proviene de la alteración del substrato rocoso y escaso transporte por gravedad, el espesor varía de superficial a profundo; conformado por clastos de contorno anguloso a subanguloso, heterométricos, envueltos en matriz gravosa, gravo limosa, gravo limo arcillosa, areno limosa y areno arcillosa; generalmente se ubican en las laderas medias a altas de los cerros de la cuenca y en áreas próximas a los afloramientos rocosos; en la zona de estudio se presentan en el flanco izquierdo del vaso, depósito que en general presenta cierta estratificación con inclinación a favor de la pendiente.



Foto N° 3.5. Vista de la ladera izquierda del vaso de represamiento, se nota claramente el depósito eluvio coluvial, en la cual la roca está alterada, por el cual generando cárcavas e inestabilidad

3.2.2.3 Deposito Aluvial (Qr-al).- Este depósito, en la zona de estudio abarca 31.44 ha., se ubica generalmente en las laderas bajas de los cerros, producto del acarreamiento moderado de sedimentos por la escorrentía pluvial, están conformados por clastos angulosos a sub redondeados dispuestos caóticamente y envueltos en matrices generalmente limo arcillosas. Dentro de estos depósitos se consideran a los conos aluviales o conos de deyección.

En el área de estudio se presentan a la margen izquierda del vaso de represamiento.

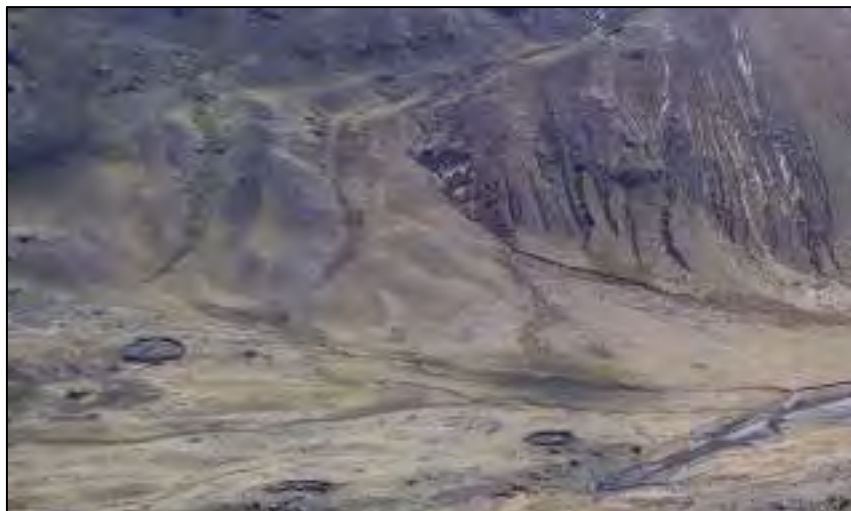


Foto N° 3.6. Vista de depósitos aluviales en la margen izquierda del vaso de represamiento.

3.2.2.4.- Deposito Coluvial.- Este tipo de depósito dentro de la zona de estudio abarca 33.30 ha. Se presenta en ambas márgenes próximos al eje de la presa, el cual es producto de movimiento por gravedad, litológicamente está compuesto por bloques, cantos y grava de forma angulosa de rocas volcánicas de composición riolítica y andesítica, que tiene como potencia aproximada de 8.5 m al lado izquierdo del eje el cual se observa en la siguiente foto N°3.7.



Foto N° 3.8. Vista de la terraza con depósitos coluvio aluviales en la margen derecha del vaso de represamiento.

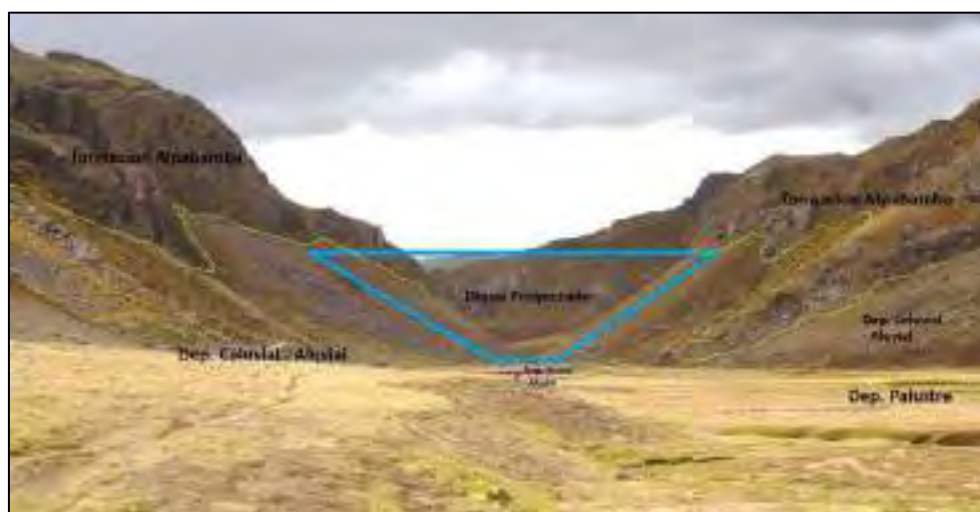


Foto N° 3.9: Vista de los depósitos coluvio Aluvial con escombros de talud en el eje de represamiento y en áreas adyacentes.

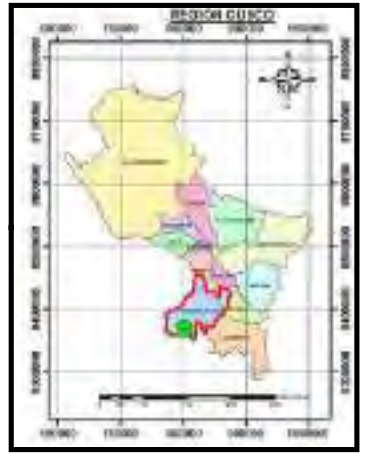
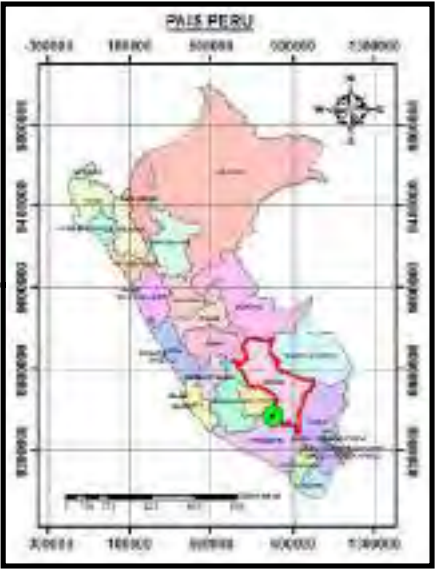
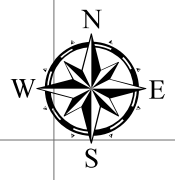
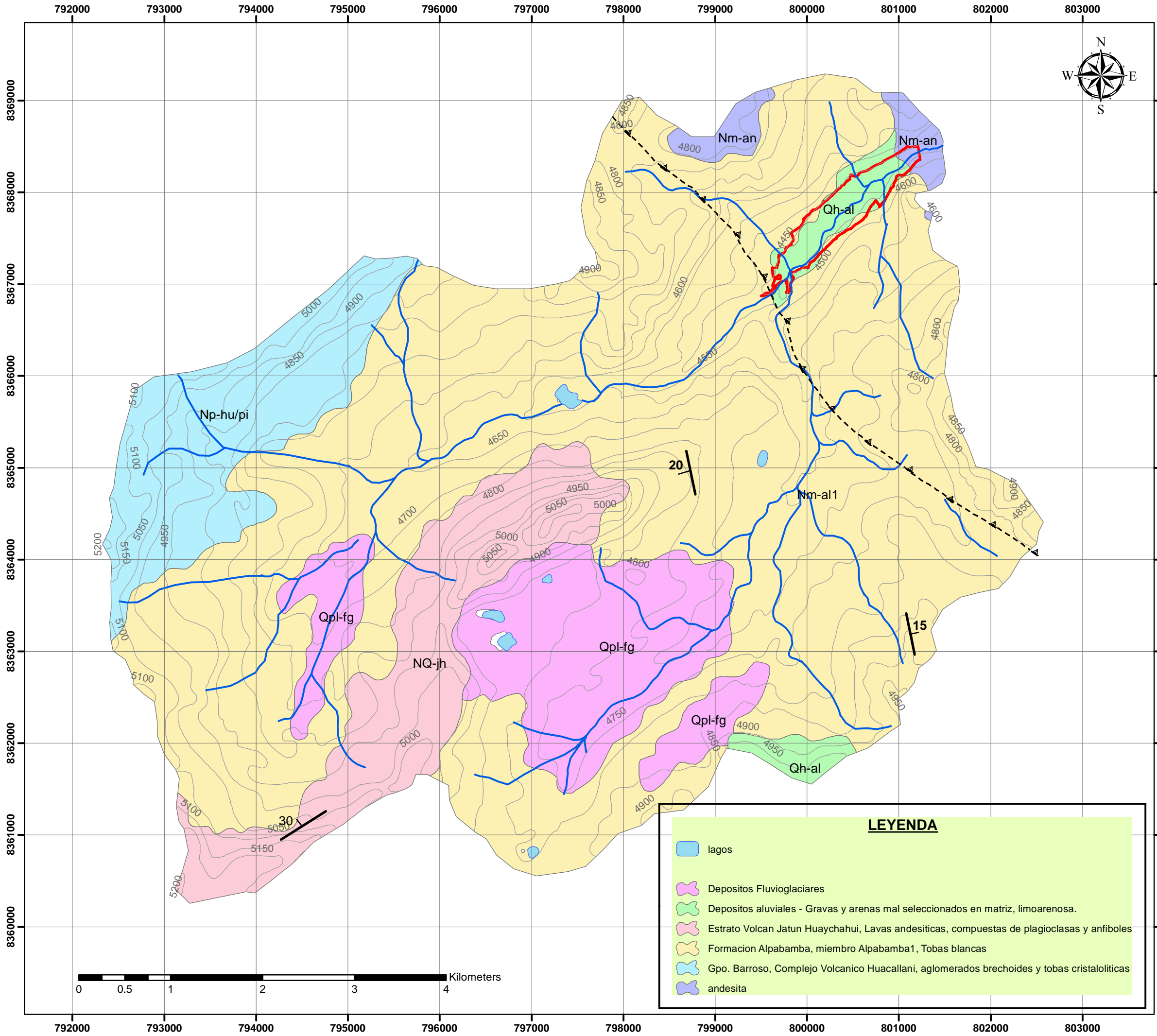
3.2.2.5. Depósito Palustres (Qr-pa). – Estos depósitos en la zona de estudio abarca 13.06 ha. Los depósitos palustres denominados comúnmente como suelos hidromorficos de composición pelítica y mayormente orgánica, se distribuyen ampliamente en la margen derecha del río Huancarama y en menor proporción en la margen izquierda dentro del vaso de almacenamiento, áreas que se caracterizan por tener pendiente casi llana, cubiertas con vegetación verdoosa.



Foto N° 3.10. Depósitos palustres ubicadas en el area de embalse de la represa en los meses de junio - julio.



Foto N° 3.11. Depósitos palustres en la margen derecha del rio, la cual se presenta en la zona de embalse de la represa, en los meses de junio - julio.

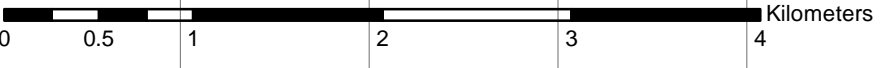




SIMBOLOGIA

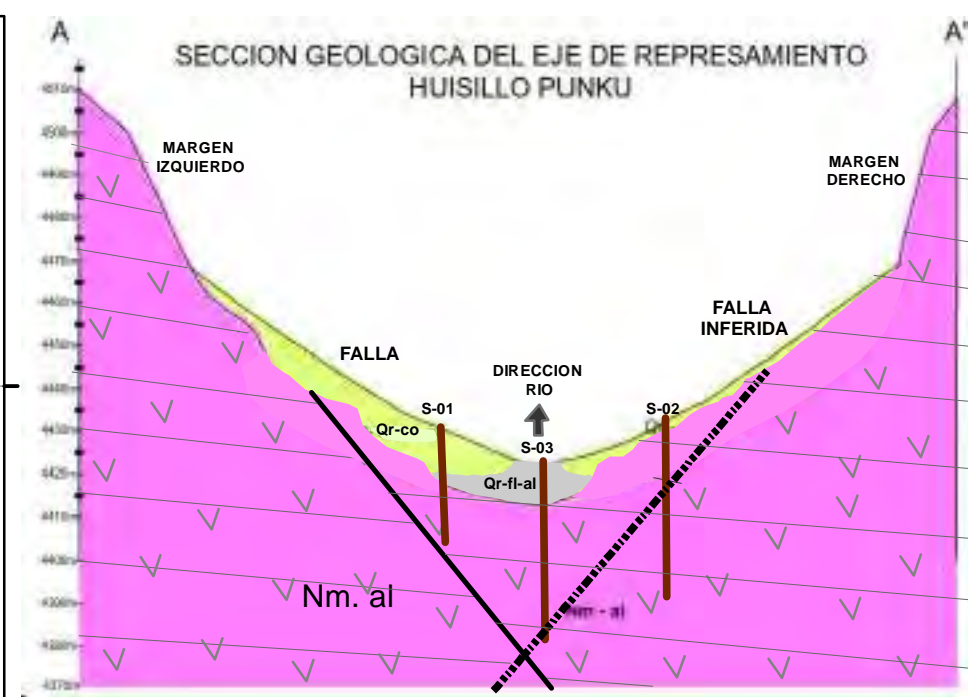
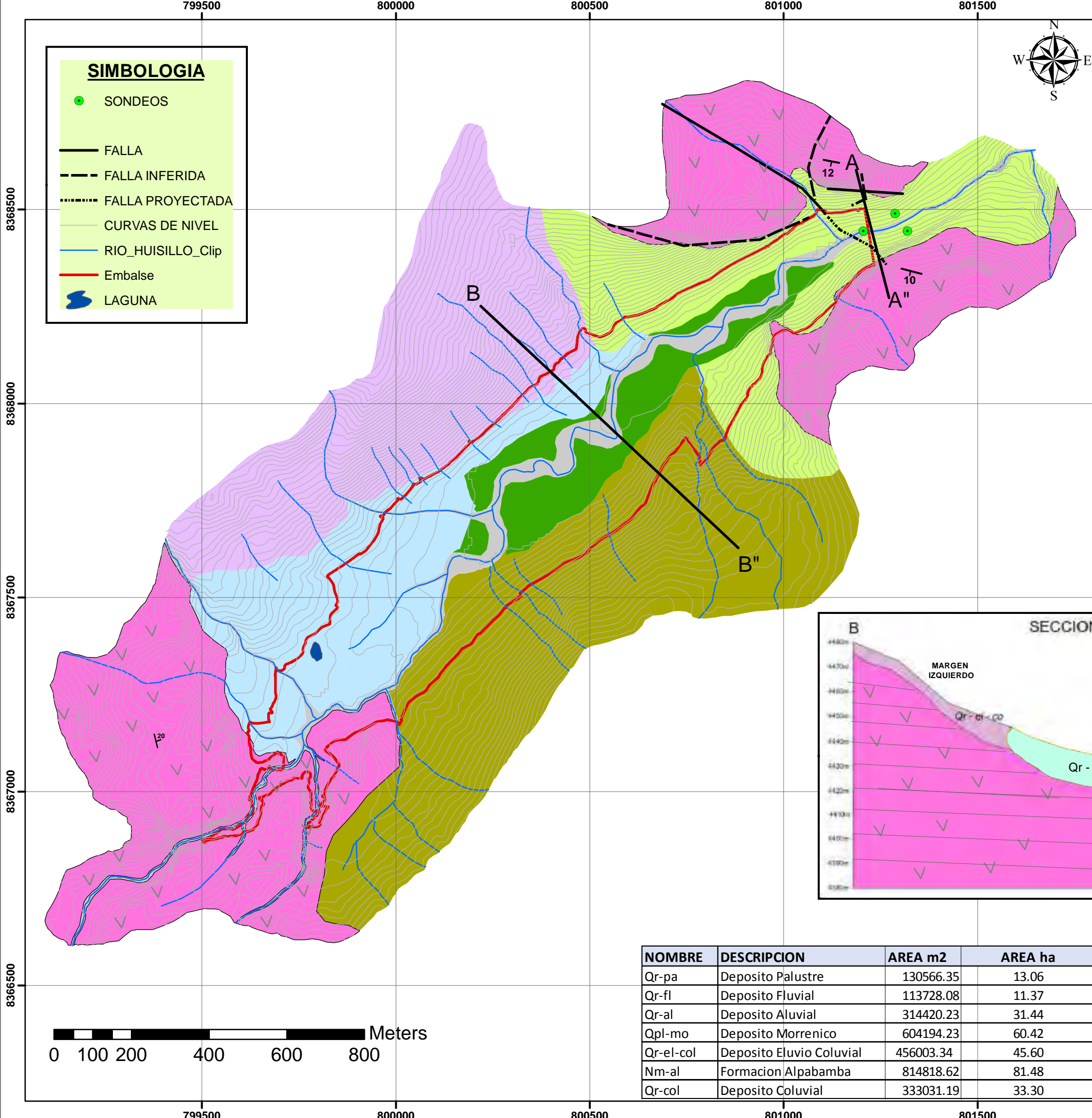
- ▲-- Falla
- ~ rios
- ~ Curvas de nivel
- Embalse

LEYENDA

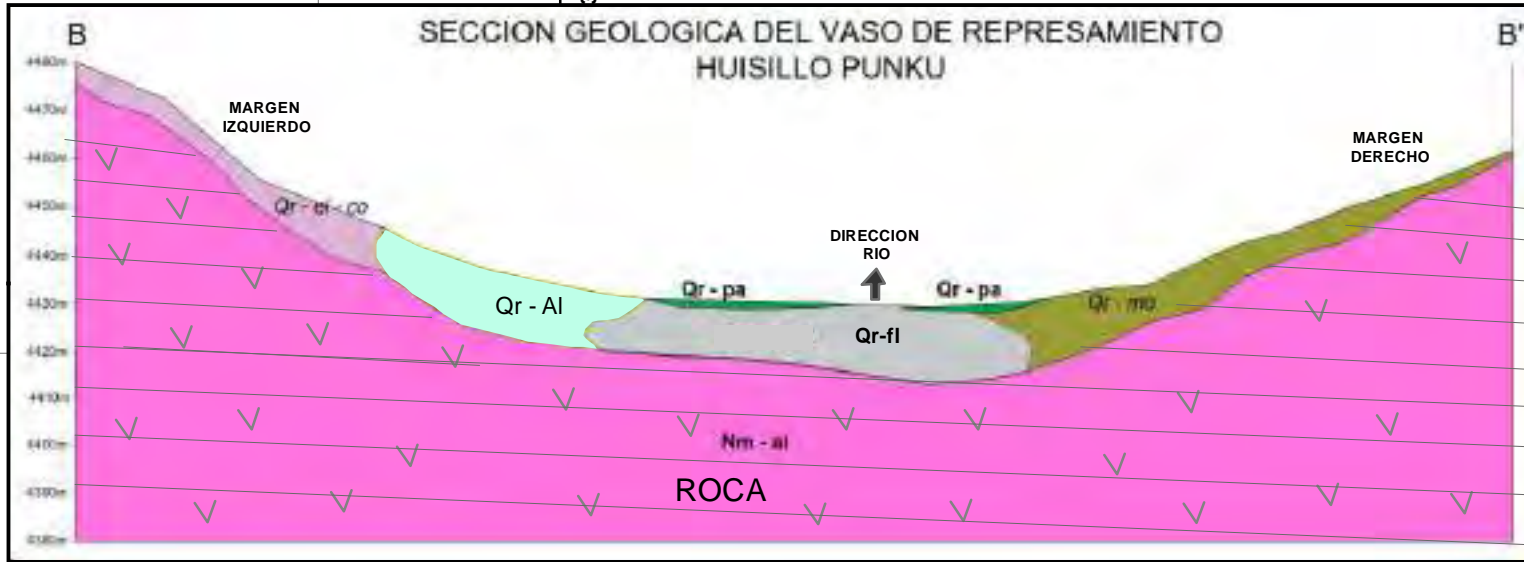
- lagos
- Depositos Fluvioglaciares
- Depositos aluviales - Gravas y arenas mal seleccionados en matriz, limoarenosa.
- Estrato Volcan Jatun Huaychahui, Lavas andesiticas, compuestas de plagioclasas y anfiboles
- Formacion Alpabamba, miembro Alpabamba1, Tobas blancas
- Gpo. Barroso, Complejo Volcanico Huacallani, aglomerados brechoides y tobas cristaloliticas
- andesita



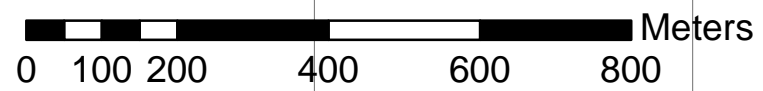
 UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA			
TEMA: "ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HUISILLOPUNKU - SANTO TOMAS"			
MAPA: "GEOLOGIA REGIONAL"			
BACHILLERES: EDWIN GUTIERREZ QUISPE ROSMERY QUISPE LACUTA		ASESOR : ING. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA	
UBICACION: LOC : HUISILLO DIST : SANTO TOMAS PROV: CHUMBIVILCAS DEP : CUSCO	ESCALA: 1:40,000 PROYECCION: UTM, WGS84 ZONA 18S	FECHA: AGOSTO-2022 FUENTE: PROPIO	M - 04




ERA	SIST.	SERIE	UNIDAD LITOSTRATIGRAFICA	
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENO	Qr-fl	Deposito Fluvial
			Qr-co	Deposito Coluvial
			Qr-al	Deposito Aluvial
			Qr-el-co	Deposito Eluvio Coluvial
			Qpl-pa	Deposito Palustre
NEOGENO	MIOCENO	Nm-al	Formacion Alpabamba	



NOMBRE	DESCRIPCION	AREA m2	AREA ha
Qr-pa	Deposito Palustre	130566.35	13.06
Qr-fl	Deposito Fluvial	113728.08	11.37
Qr-al	Deposito Aluvial	314420.23	31.44
Qpl-mo	Deposito Morrenico	604194.23	60.42
Qr-el-col	Deposito Eluvio Coluvial	456003.34	45.60
Nm-al	Formacion Alpabamba	814818.62	81.48
Qr-col	Deposito Coluvial	333031.19	33.30




UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA
 TEMA: "ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HUISILLOPUNKU - SANTO TOMAS"
 MAPA: "GEOLOGIA LOCAL"
 BACHILLERES: EDWIN GUTIERREZ QUISPE, ROSMERY QUISPE LACUTA
 ASESOR: ING. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA
 UBICACION: HUISILLO, SANTO TOMAS, PROV. CHUMBIVILCAS, DEP. CUSCO
 ESCALA: 1:10,000
 FECHA: AGOSTO-2022
 PROYECCION: UTM, WGS84 ZONA 18S
 FUENTE: PROPIO
M - 05

CAPITULO IV: GEOLOGIA ESTRUCTURAL

4.1 GENERALIDADES

Para nuestra zona de estudio se toma referencia el Boletín A-051-Cayarani-30r-Chulca-30q, ya que es una zona aledaña muy cercana, los rasgos geo-estructurales que se han desarrollado en toda el área, están vinculados a la tectónica andina, la cual se manifiesta en toda la cordillera occidental. Primero como una fase compresiva, seguida de levantamiento, luego con un fallamiento profundo y casi vertical (que se evidencia con fallas de rumbo NO-SE); más tarde en el Terciario superior como un fallamiento tensional seguido de un volcanismo fisural.

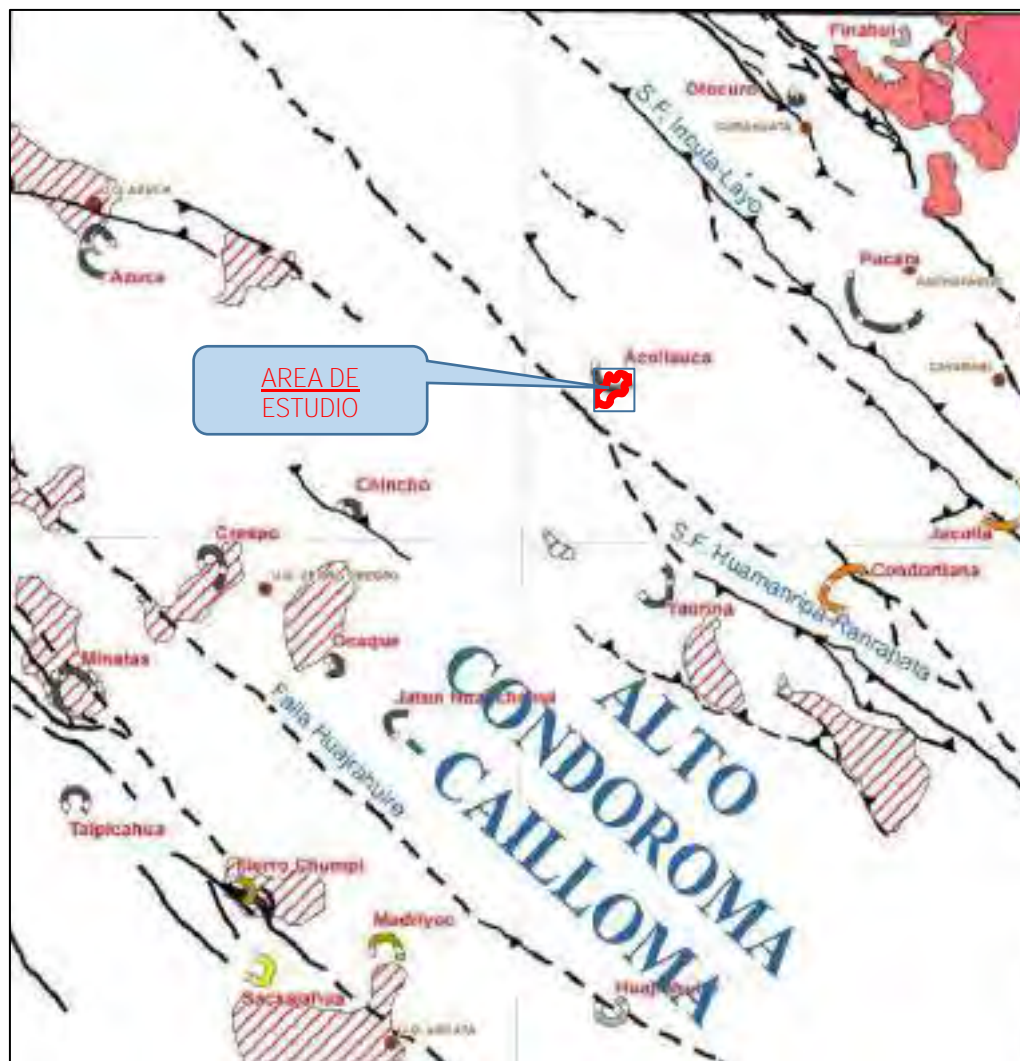
Las estructuras lineales de la región sur andina del Perú, son sistema de lineamientos longitudinales de rumbo NO-SE y N-S- y E-O, en ambos casos vinculados a pliegues, fracturas y fallas que se desarrollaron con la Tectónica Andina.

4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL REGIONAL

Regionalmente en el área de interés, según estudios más recientes, plasmados en el cuadrángulo de Cayarani, las fallas regionales principales, se encuentran comprendidas dentro del Alto Estructural Condoroma-Cailloma, estas siguen predominantemente la orientación NO-SE, así como los sistemas de fallas Condoroma- Cailloma y Chivay, ambas de rumbo NO-SE, las mismas que son los responsables de poner en contacto fallado a las unidades del Mesozoico sobre rocas del Cenozoico. Al proyectarse estas fallas (Condoroma-Cailloma y Chivay) en dirección NW (Imagen N°4.1), hacia el área de estudio, se observa que se alinean con las estructuras que conforman los sistemas de fallas Incuta- Layo, Huamanripa-Ranrapata y la Falla regional Huajrahuire, las cuales se componen de fallas de poco desplazamiento y que afectan a rocas del Mioceno y Plioceno, estas también siguen una misma orientación preferente NO- SE. En conjunto, estas estructuras regionales se describen como fallas inversas.

A continuación se ubica el área de estudio en el Mapa Estructural del Cuadrángulo de Cayarani.

Imagen N° 4.1. Ubicación del área de estudio en el Plano de Geología estructural del cuadrángulo de Cayarani: Implicancias en el vulcanismo y sedimentación.



Fuente: INGEMMET.

4.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL LOCAL

Localmente desde el punto de vista estructural, el área de estudio, presenta fracturamiento local en dirección predominante NW-SE, en todo el área de emplazamiento de la presa se puede observar:



Foto N° 4.1: Vista panorámica frontal de la cuenca Husillo.

El área del vaso se ubica en el fondo de valle, donde no se aprecia afloramientos rocosos considerable, ya que estas, se encuentran cubiertas por depósitos morrenicos, coluviales y aluviales, las que formaron superficies llanas a escarpadas con rangos de pendiente de 0° a $< 45^\circ$, los afloramientos rocosos en el vaso se ubican en las partes altas del valle y en zona muy puntuales, estando dentro de superficies escarpadas con rangos de pendiente de 15° a 45° , las cuales no implican un riesgo por caída de rocas o casos similares.

En las zonas cercanas del emplazamiento del dique, si se observa notoriamente los afloramientos rocosos, en las zona alta de ambos flancos, cerro Cerca (margen derecha) y cerro Pucara (margen Izquierda), ambos pertenecientes a secuencias volcánicas de la formación Alpbamba, de naturaleza andesítica – riolítica, las mismas que se encuentran fracturadas, para su respectivo análisis, se ha realizado el trabajo de campo, consistente en le toma de rumbos y buzamientos en zonas de afloramientos rocosos.

4.3.1 Deformaciones Del Área De Estudio

4.3.1.1 Diaclasas

Las diaclasas se conforman de fracturas que se observan en las secuencias volcánicas de la formación Alpbamba, se trata de un fracturamiento moderado, predominando los sistemas con dirección NE-SO, NO-SE y E-W, verticales a inclinados.

Para el análisis estructural detallado del área en estudio, en la zona del dique de la presa, se han tomado datos de campo, azimut, buzamiento, dirección de buzamiento de las fracturas en tres zonas (foto N° 4.2), presentes en los afloramientos de los macizos rocosos en ambas márgenes del río, dichos afloramientos pertenecen a la formación Alpbamba, en ambas márgenes, los datos se toman con la finalidad de obtener el diagrama de rosetas y su respectiva proyección estereográfica.



Foto N° 4.2: Ubicación de las zonas de toma de datos estructurales.



Foto N° 4.3. Flanco derecho zona alta



Foto N° 4.4. Flanco izquierdo zona alta

Para realizar este análisis estructural, se toma un plano referencial (en los diagramas se representa con un plano NE-SW en color rojo), con la dirección del valle donde se emplazara la presa, la misma que es paralela al eje de presa, dicho trabajo es descrito a continuación.



Foto N° 4.5 y 4.6. Medida de azimut, Buzamientos, dirección de buzamiento y abertura de las fracturas en el macizo rocoso de composición andesita a riolita en la parte alta de la margen derecha del río Husillo a la altura del dique de la presa.

ZONA 1

Esta zona se ubica en la parte alta de la margen derecha del río, en el afloramiento del macizo rocoso, perteneciente a la formación Alpacabamba, dicha zona está a la altura de la construcción del dique de la presa.

Tabla N° 4.1. Datos de buzamientos, dirección de buzamiento y abertura, tomados en campo.

UBICACIÓN:		FORMACION GEOLOGICA:	
Lado Superior Derecho del dique de la Presa		FORMACION ALPABAMBA	
COORDENADAS UTM	ESTE: 801247	NORTE: 8368373	ALTURA: 4476
DIP	DIP DIRECTION	ABERTURA	DETALLE
73	219	0.5mm	Fractura
48	165	0mm	Fractura
61	240	0.2mm	Fractura
82	34	0mm	Fractura
76	26	0mm	Fractura
76	119	0.5mm	Fractura
72	254	0mm	Fractura
83	162	0.1mm	Fractura
82	240	0mm	Fractura
60	224	0mm	Fractura
84	315	0.5mm	Fractura
46	17	0mm	Fractura
67	58	0.1mm	Fractura
72	55	0.2mm	Fractura

80	127	0mm	Fractura
81	17	0.5mm	Fractura
76	194	0mm	Fractura
60	315	0mm	Fractura
83	60	0.5mm	Fractura
64	48	0mm	Fractura
80	31	0.5mm	Fractura
89	358	0.2mm	Fractura
42	347	0mm	Fractura
50	291	0.5mm	Fractura

Fuente: Elaborado por los testistas.

A partir del procesamiento de los datos del cuadro N° 4.1, se ha obtenido el siguiente diagrama de rosetas y su respectiva proyección estereográfica para la zona 1.

Imagen N° 4.2. Diagrama de rosetas.

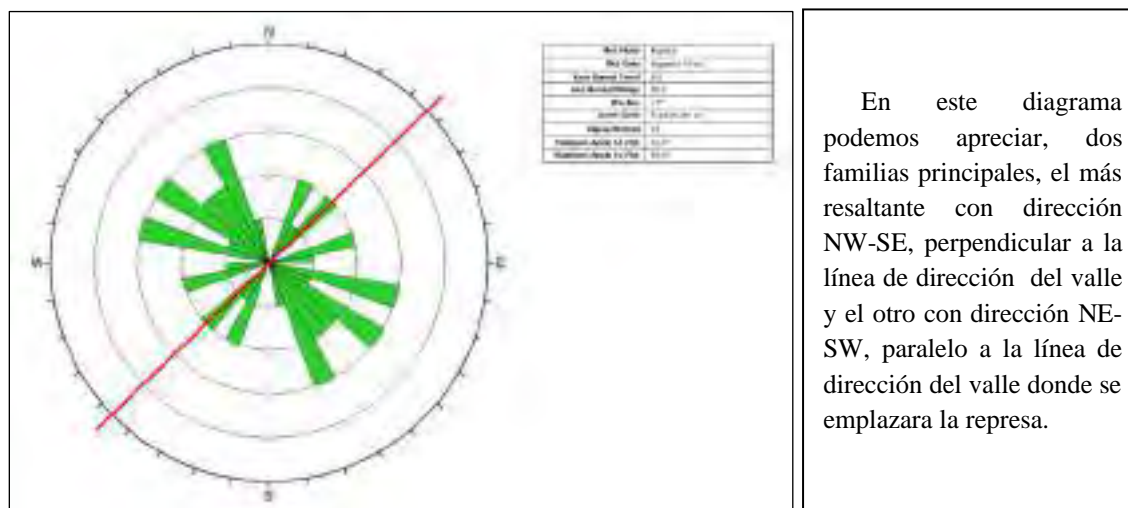
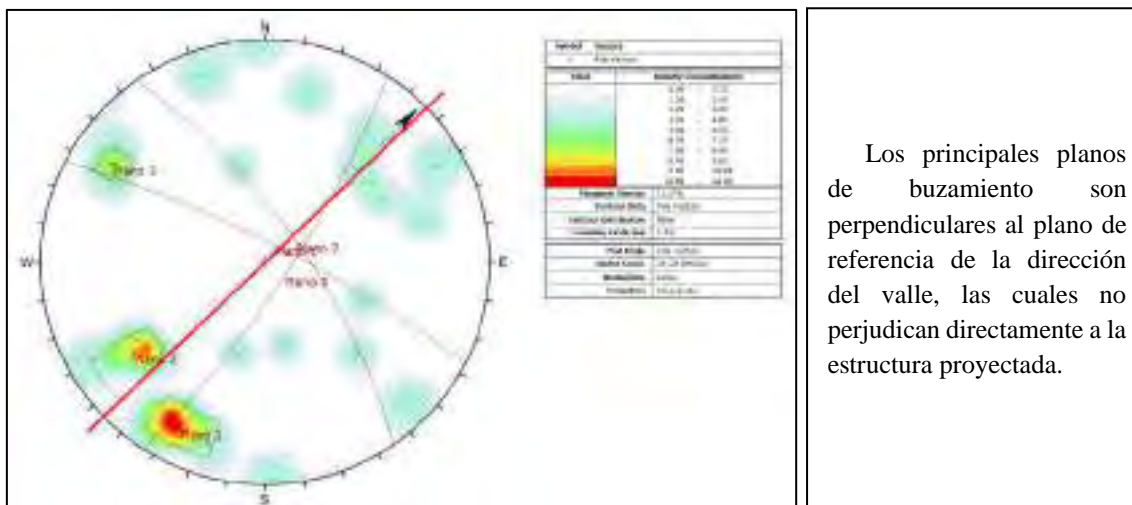


Imagen N° 4.3. Proyección estereográfica con sus respectivos planos.



Los principales planos de buzamiento son perpendiculares al plano de referencia de la dirección del valle, las cuales no perjudican directamente a la estructura proyectada.

Fuente: Elaborado por los tesisistas.



Foto N° 4.7 y 4.8. Medida de azimut, Buzamientos, dirección de buzamiento, abertura en el macizo rocoso de composición andesita a riolita en la parte alta de la margen derecha del río Husillo a la altura del dique de la presa.

ZONA 2

Esta zona está ubicada en la parte media del afloramiento del macizo rocoso en la margen derecha del eje de presa a la altura de la construcción del dique de la presa.

Tabla N° 4.2. Datos de buzamientos, direcciones de buzamientos y abertura, tomados en campo.

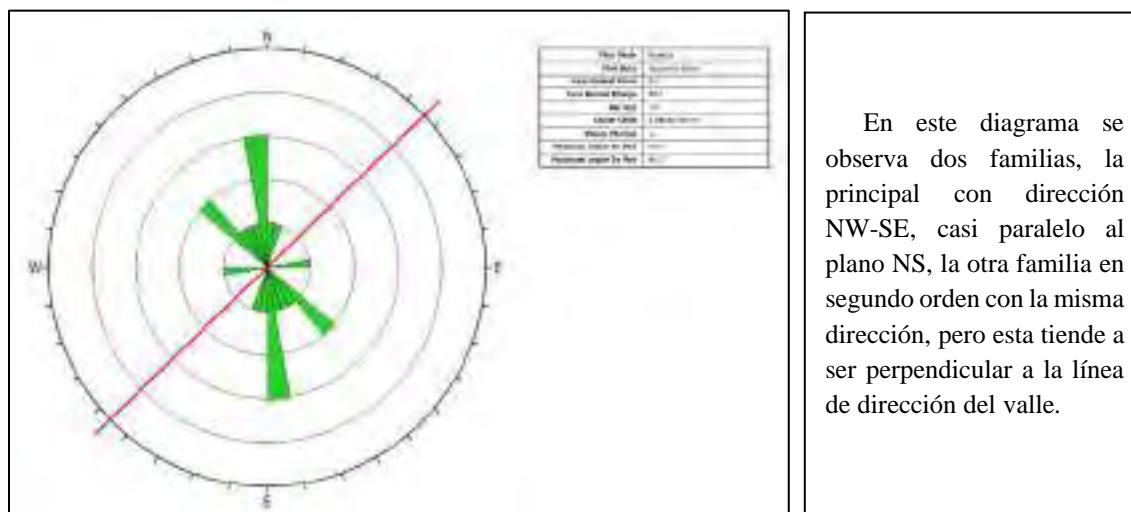
UBICACIÓN:		FORMACION GEOLOGICA:	
Lado Superior Derecho del dique de la Presa		FORMACION ALPABAMBA	
COORDENADAS UTM	ESTE: 801247	NORTE: 8368373	ALTURA: 4476

DIP	DIP DIRECTION	ABERTURA	DETALLE
76	85	0.5mm	Fractura
78	267	0mm	Fractura
78	86	0.5mm	Fractura
75	255	1mm	Fractura
85	171	0.3mm	Fractura
84	230	0mm	Fractura
84	270	0.2mm	Fractura
84	48	0mm	Fractura
84	225	0.2mm	Fractura
79	285	0mm	Fractura
88	64	0.5mm	Fractura

Fuente: Elaborado por los tesistas.

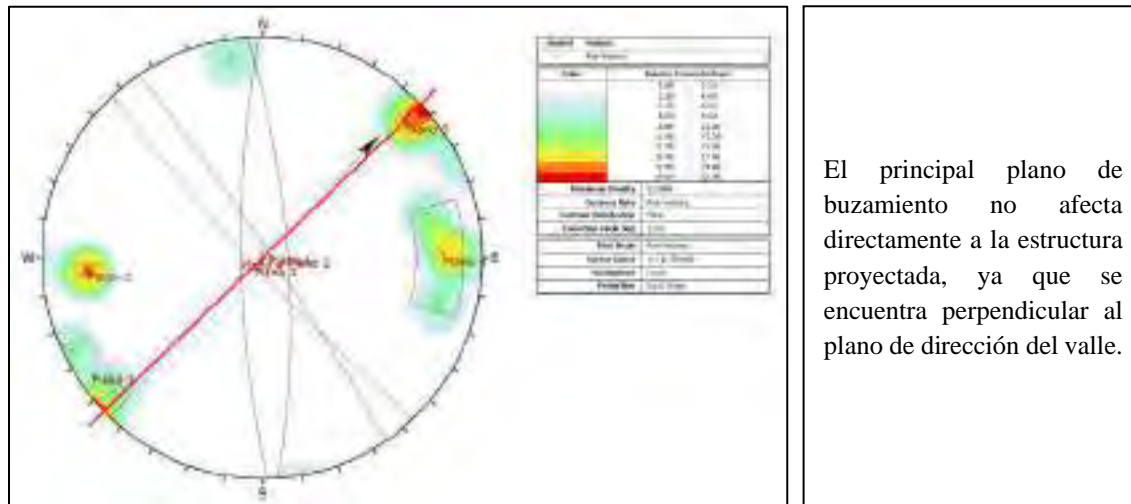
A partir del procesamiento de los datos del Tabla N° 4.2, se ha obtenido el siguiente diagrama de rosetas y su respectiva proyección estereográfica para la zona 2.

Imagen N°4.4. Diagrama de rosetas.



En este diagrama se observa dos familias, la principal con dirección NW-SE, casi paralelo al plano NS, la otra familia en segundo orden con la misma dirección, pero esta tiende a ser perpendicular a la línea de dirección del valle.

Imagen N° 4.5. Proyección estereográfica con sus respectivos planos.



El principal plano de buzamiento no afecta directamente a la estructura proyectada, ya que se encuentra perpendicular al plano de dirección del valle.

Fuente: Elaborado por los tesistas.



Foto N° 4.9 y 4.10. Medida de azimut, Buzamientos y dirección de buzamiento en el macizo rocoso de composición andesita a riolita en la parte alta de la margen derecha del rio Husillo a la altura del dique de la presa.

ZONA 3

Esta zona se ubica en la parte alta del afloramiento del macizo rocoso, en la margen izquierda del eje de presa a la altura de la construcción del dique de la presa.

Tabla N° 4.3. Datos de buzamientos, dirección de buzamiento y abertura, tomados en campo.

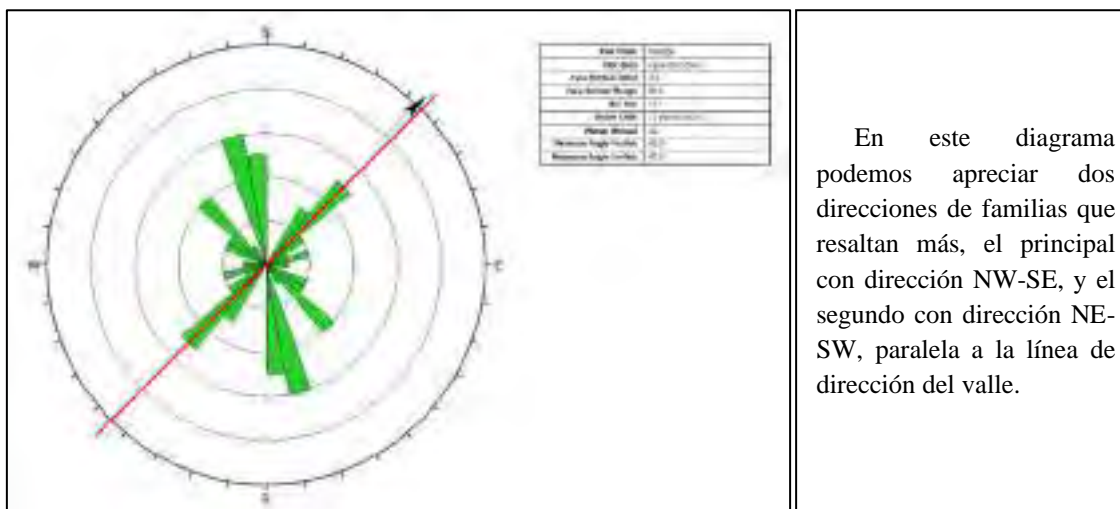
UBICACIÓN:		FORMACION GEOLOGICA:	
Lado Superior Izquierdo del dique de Presa		FORMACION ALPABAMBA	
COORDENADAS UTM	ESTE: 801183	NORTE: 8368510	ALTURA: 4474
DIP	DIP DIRECTION	ABERTURA	DETALLE
67°	355	0.5mm	Fractura
67°NW	168	0mm	Fractura
67°NW	163	0.5mm	Fractura
67°NW	153	0.2mm	Fractura
38°W	84	0mm	Fractura
38°W	100	0mm	Fractura
54°NE	365	0.5mm	Fractura
54°NE	135	0mm	Fractura
54°NE	138	0.5mm	Fractura
54°NE	122	0mm	Fractura
54°NE	139	0.2mm	Fractura
60°NE	73	0mm	Fractura
60°NE	134	0mm	Fractura
73°SW	48	0.5mm	Fractura
70°SW	57	0mm	Fractura

62°E	88	0mm	Fractura
66°SW	23	0mm	Fractura
66°SW	45	0mm	Fractura
66°SW	44	0.5mm	Fractura
66°SW	44	0mm	Fractura
66°SW	30	0mm	Fractura
66°SW	38	0.5mm	Fractura
66°SW	20	0.1mm	Fractura
75°NE	70	0mm	Fractura
46°NW	86	0.1mm	Fractura
72°NE	143	0mm	Fractura
82°E	78	0.1mm	Fractura
80°NE	85	0mm	Fractura
80°NE	84	0mm	Fractura
80°NE	74	0mm	Fractura
80°NE	73	0mm	Fractura
80°NE	81	0mm	Fractura
80°NE	72	0.2mm	Fractura
70°SE	142	0.1mm	Fractura
52°NW	124	0mm	Fractura
52°NW	135	0mm	Fractura
52°NW	128	0.1mm	Fractura

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

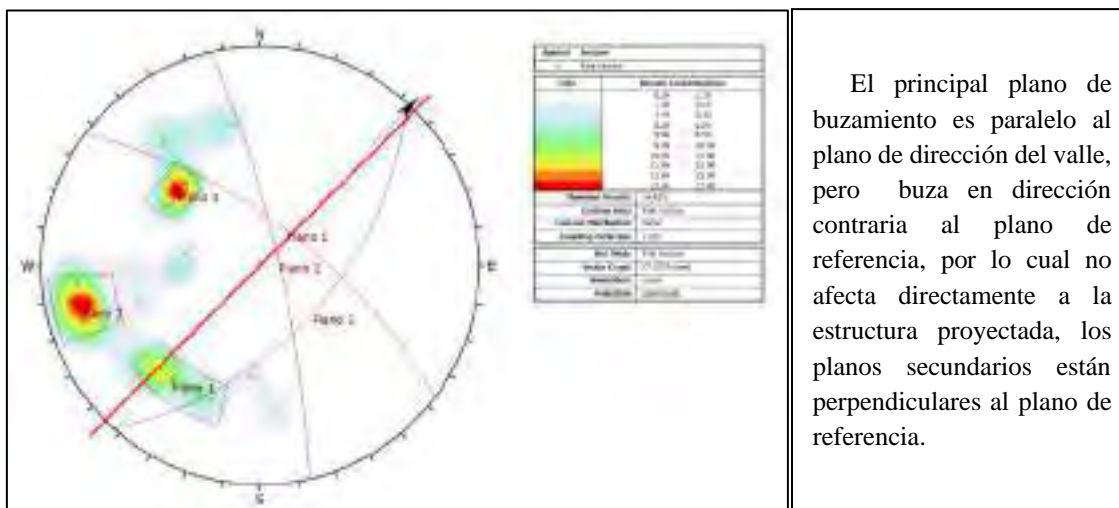
A partir del procesamiento de los datos del cuadro Tabla N° 4.3, se ha obtenido el siguiente diagrama de rosetas y su respectiva proyección estereográfica para la zona 3.

Imagen N° 4.6. Diagrama de rosetas.



En este diagrama podemos apreciar dos direcciones de familias que resaltan más, el principal con dirección NW-SE, y el segundo con dirección NE-SW, paralela a la línea de dirección del valle.

Imagen N° 4.7. Proyección estereográfica con sus respectivos planos.



El principal plano de buzamiento es paralelo al plano de dirección del valle, pero buza en dirección contraria al plano de referencia, por lo cual no afecta directamente a la estructura proyectada, los planos secundarios están perpendiculares al plano de referencia.

Fuente: Elaborado por los tesistas.

Imagen N° 4.8. Vista en planta del área de emplazamiento del dique de la presa, mostrando las zonas de trabajo y sus respectivos diagramas de rosa, con dos familias, el principal con dirección NW-SE, y el segundo con dirección NE-SW.



Fuente: Elaborado por los tesistas.

4.3.1.2 Fallas

Estos rasgos estructurales en el área de estudio, se ha observado fallas con dirección principalmente NW-SE, y otra dirección secundaria paralela N-S, también se observa fallas verticales en los afloramientos rocosos que generan el desprendimiento de rocas, dichas estructuras se ubican cercanas al eje de la presa y no muestran signos de actividad, se trata de fallas inactivas. En estas zonas se observa los espejos de falla como señal de la ocurrencia de fallas.

A continuación se detalla las fallas encontradas en el área de estudio.

Tabla N° 4.4. Datos de buzamientos, dirección de buzamiento de fallas locales, tomadas en campo.

N° DE FALLA	AZIMUT	BUZAMIENTO	TIPO DE FALLA
F1	330°	65° SW	Inversa
F2	110°	40° SW	Inversa
F3	247°	68° NW	Inversa

Fuente: Elaborado por los tesistas.



Foto N°4.11 y 4.12. Vista panorámica de la margen izquierda de río Huisillo mostrando los rasgos superficiales de las falla, F1, F2, F3 y también se puede ver las fallas inferidas.

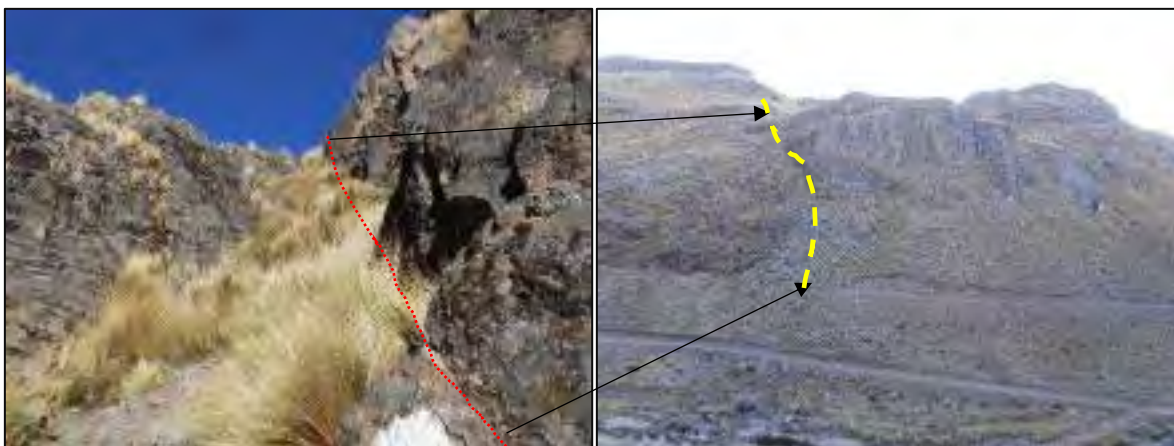


Foto N°4.13. Vista detallada de la posible proyección de la falla N°1(F1) en la parte alta de la margen derecha del rio Huisillo a la altura del eje de presa con una dirección NW – SE.

Foto N° 4.14. Vista panorámica de la proyección de la falla 1.



Foto N° 4.15. Vista más cercana de la falla F1, en la margen izquierda del rio Husillo.

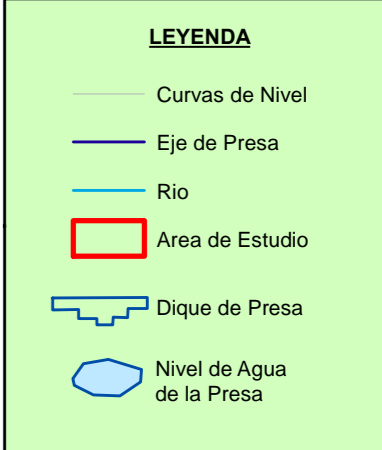
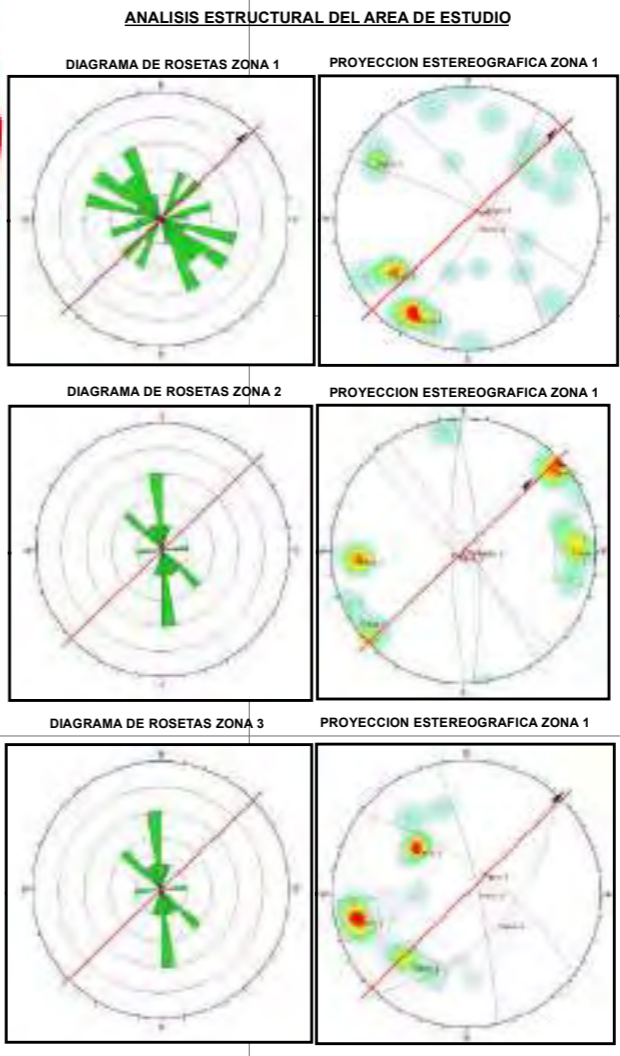
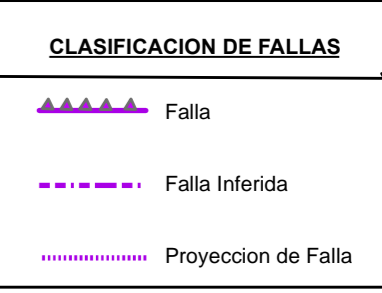
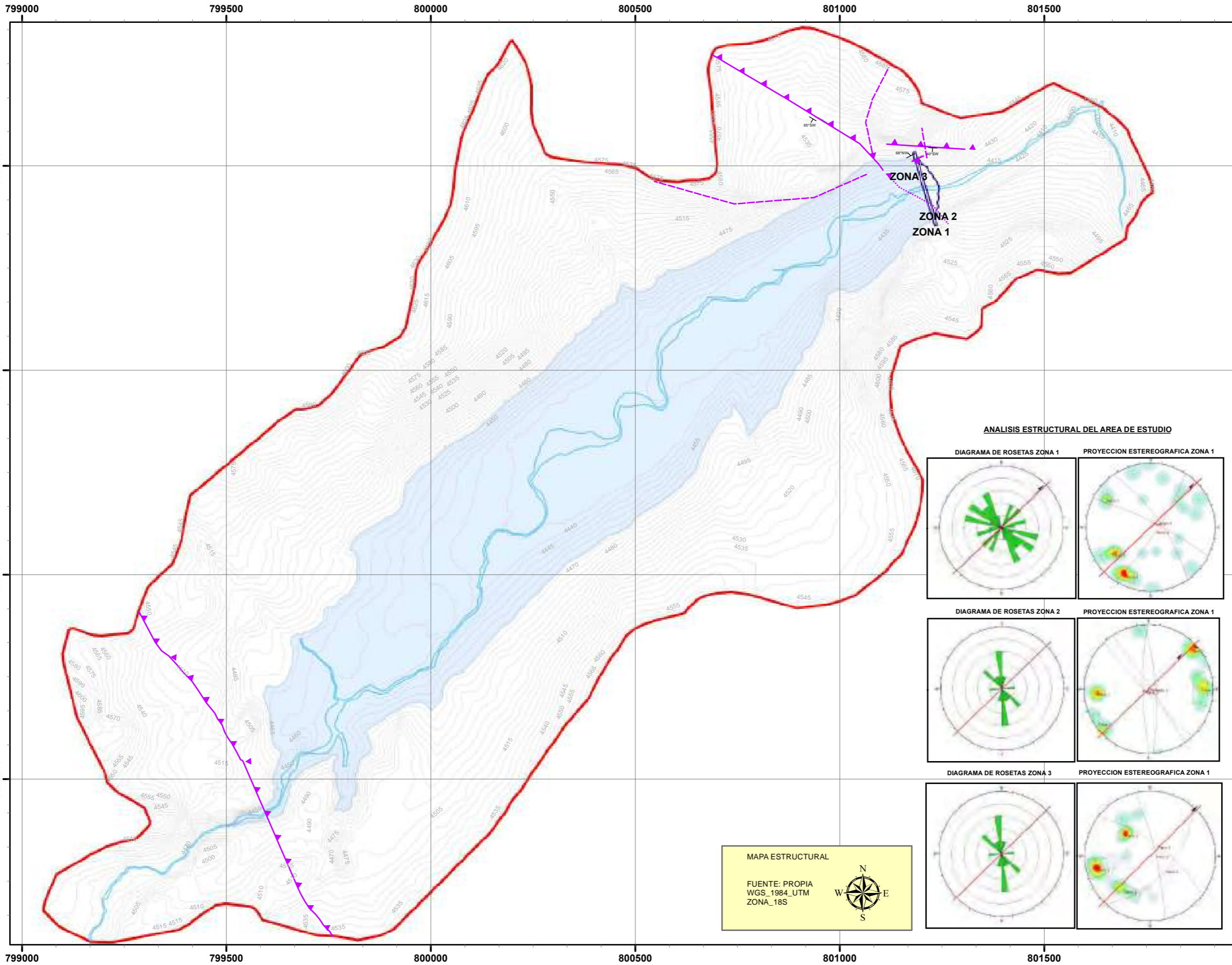


Foto N° 4.16. Vista más detallada de la falla F2, en la margen izquierda del rio Huisillo.



Foto N° 4.17. Vista más detallada de la falla inferida, en la margen izquierda del rio Husillo.

MAPA ESTRUCTURAL DE "ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL TERRENO DE FUNDACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA HUISILLOPUNKU - SANTO TOMAS"



MAPA ESTRUCTURAL
FUENTE: PROPIA
WGS_1984_UTM
ZONA_18S

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA

PRESENTADO POR:
BACH. EDWIN GUTIERREZ QUISEP
BACH. ROSMERY QUISEP LACUTA

ASESOR:
ING. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA

TESIS: "ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL TERRENO DE FUNDACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA HUISILLOPUNKU - SANTO TOMAS"

PLANO: MAPA ESTRUCTURAL

UBICACION POLITICA
DISTRITO: SANTO TOMAS
PROVINCIA: CHUMBIVILCAS
DEPART.: CUSCO

FECHA: Marzo 2022
FUENTE: Propia
ESCALA: 1:9.000

M - 6

CAPITULO V: HIDROLOGIA

5.1 ASPECTOS GENERALES

Para la zona de estudio como se ha visto, se ha categorizado la cuenca utilizando el Método Pfafstetter, tomando en cuenta el ANA, ALA, donde la cuenca está dentro de las siguientes categorías:

Se inicia a partir de la cuenca del río Amazonas de Código 4 y Nivel 1, seguida de la intercuenca de la Región Hidrográfica 49 de Código 49 y Nivel 2, le sigue la intercuenca del río Ucayali de Código 499 de Nivel 3, seguida de la unidad hidrográfica denominada Alto Ucayali de Código 4999 Nivel 4, seguida de la unidad hidrográfica de la cuenca del río Santo Tomás de Código 49996 de Nivel 5, seguida de la cuenca del río Senjahuayjo de Código 499968 Nivel 6, y dentro de esta cuenca, se ubica la cuenca colectora Huisillo.

5.2 PARÁMETROS HIDROMORFOMETRICOS

5.2.1 Número de Orden del sistema de drenaje

El drenaje de la cuenca de estudios es de cuarto orden, según el método de Schumm y Strahler.

Imagen N° 5.1: Representación gráfica de la ramificación de los ríos en la cuenca.



Fuente: Elaborado por los tesistas.

5.2.2 Densidad de Drenaje (Dd)

La densidad de drenaje resulta de la longitud total de los drenajes entre el área total de la cuenca.

$$Dd = \frac{\sum L}{A}$$

Tabla N°5.1: Clasificación de la red de drenaje de las cuencas

Rangos (km/km ²)	Clases
0.1 - 1.8	Baja
1.9 - 3.6	Media
3.7 - 5.6	Alta

Fuente: Junco (2004)

Según lo calculado, la cuenca de estudio es una cuenca con alta densidad de drenaje, tiene una densidad de 4.17 km/km², lo cual quiere decir que en una superficie de 1km² de cuenca, existe 4.17km de longitud de drenaje, por lo tanto, tiene un drenaje relativamente rápido, que refleja también la presencia de suelos fácilmente erosionables o relativamente impermeables, con escasa pendientes fuertes y escasa cobertura vegetal.

5.2.3 Pendiente del cauce principal

La pendiente del cauce principal resulta de dividir, el desnivel de los extremos del tramo, entre la longitud horizontal de dicho tramo.

$$P_{cp} = ((5215 - 4442)m / 11.41 \text{ km}) * 100 \%$$

$$P_{cp} = (773 \text{ m} / 11410 \text{ m}) * 100 \%$$

$$P_{cp} = (0.0677) * 100 \%$$

$$P_{cp} = 6.7 \%$$

Según el método de Pendiente uniforme, la pendiente del cauce principal es 6.7%.

5.3 HIDROLOGIA SUPERFICIAL

5.3.1 QUEBRADAS

La cuenca Del rio Huancarama, está dividido por dos importantes quebradas denominadas Anchapallja y Quebrada Palljahuayjo, cuya confluencia de sus drenajes constituyen el Rio Huancarama que atraviesa la estructura de la presa, proyectándose aguas debajo de la misma, hasta unirse con el rio Senjahuayjo.

Imagen N° 5.2: Representación gráfica de las dos quebradas importantes de los ríos en la cuenca.



Fuente: Elaborado por los tesistas.

5.3.2 LAGUNAS

Hacia la cabecera de la cuenca mayor Huisillo, ámbito de las Quebradas Anchapallja y Quebrada Palljahuayjo, se han identificado la existencia de 06 lagunas distribuidas como ve en la Tabla 5.2.

Tabla N° 5.2: Lagunas Existentes Dentro de la Cuenca de Estudio

CUENCA HUISILLO	LAGUNAS
Quebrada Anchapalja	1
Quebrada Palljahuayjo	5
Total lagunas	6

Fuente: Elaborado por los tesistas

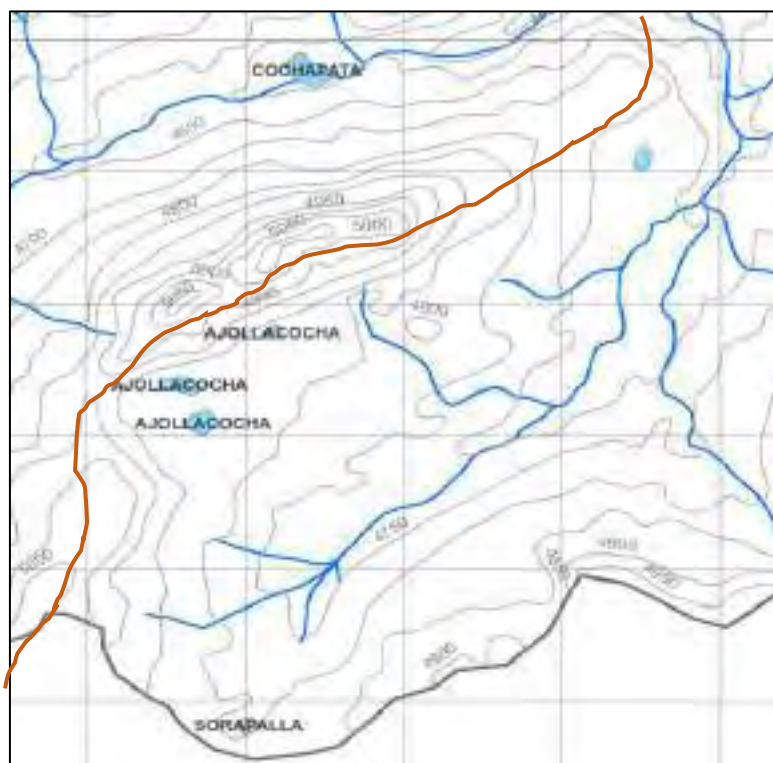
En la tabla siguiente, de la visita de campo y haciendo uso de la imagen satélite del SAS Planet, se tiene las características siguientes:

Tabla N° 5.3: Área de Lagunas

LAGUNAS	AREA DE ESPEJO DE AGUA (m2)	PROFUNDIDAD ESTIMADA (m)	VOLUMEN (m3)	REGIMEN
Cochapata	42964	4.5	193 338.0	PERMANENTE
Ajollacocha 1	7450	1.8	13 410.0	TEMPORAL
Ajollacocha 2	21637	2.8	60 583.6	PERMANENTE
Ajollacocha 3	24799	3.1	76 876.9	PERMANENTE
Sorapalla	11614	2.4	27 873.6	TEMPORAL
S/N	14834	2.8	41 535.2	PERMANENTE
TOTAL			413 617.3	

Fuente: Elaborado por los tesisistas

Imagen 5.3: Vista panorámica de ubicación de las lagunas parte alta de la cuenca Huisillo



Fuente: Elaborado por los tesisistas

5.3.3 RÍOS

En la cuenca mayor se han identificado entre los principales ríos: El Río Orjollahuayjo-Río Anchapallja, el cual confluye con el Río Palljahuayjo formando así el Río Huisillo. A continuación, se presenta la información histórica de caudales registrados para la época de estiaje, ver tabla 5.4.

Tabla N°5.4: Nombre de los principales ríos dentro de la cuenca, las coordenadas fueron tomados en los puntos de salida o aforo.

NOMBRE DEL RIO Y/O PUNTO DE AFORO	COORDENADAS UTM – WGS84	
	ESTE (m)	NORTE (m)
Río Orjollahuayjo – Anchapallja	799762	8367102
Río Palljahuayjo	799799	8367093
Río Huancarama (salida cuenca)	801286	8368455

Fuente: Elaborado por los tesistas

Imagen 5.4: Vista panorámica de ubicación de las lagunas parte alta de la cuenca Huisillo



Fuente: Elaborado por los tesistas

5.4 HIDROMETEOROLOGIA

5.4.1 TEMPERATURA

Para el análisis de este parámetro meteorológico, se emplearon los registros históricos de temperatura media mensual (°C), temperatura máxima media mensual (°C) y de temperatura mínima media mensual (°C), correspondientes a las estaciones: Santo Tomás, Yauri, La

Angostura, Caylloma, Tintaya y Acomayo operadas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI).

En la tabla 5.5, se observan los periodos de información de temperatura que se utilizaron en el presente estudio:

Tabla N° 5.5: Periodos de información de temperatura empleados en el estudio

TEMPERATURA			
ESTACIÓN	MEDIA MENSUAL	MÁXIMA MEDIA MENSUAL	MÍNIMA MEDIA MENSUAL
Santo Tomas	1964 - 1972, 1999 - 2018	1694-1972, 1999-2018	1694-1972, 1999-2018
Yauri	1964-1978, 1987-1988, 1991-2018	1964-1978, 1987-1988, 1991-20018	1964-1978, 1987-1988, 1991-20018
La Angostura	1961 - 2017	1961 - 2017	1961 - 2017
Caylloma	1961-1978, 2002-2018	1961-1978, 2002-2006, 2011-2018	1961-1978, 2002-2018
Tintaya	1977-1980,1983-1988,1997-2018	- - - - -	- - - - -
Acomayo	1965-1983, 1987-1989, 1992-20018	- - - - -	- - - - -

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

5.4.1.1 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN HISTÓRICA

Para determinar las condiciones climáticas por temperatura del ámbito de estudio, y habiendo ya contado con información primaria proporcionada por el SENANMHI, de temperatura media, máxima y mínima media mensual respectivamente, se ha procedido a regionalizar para nuestra zona de proyecto, por el método de regresión lineal tomando en cuenta la relación Temperatura – Altitud, procesada en hoja de cálculo, obteniéndose el resultado siguiente. (Ver Tablas 5.6, 5.7, 5.8 5.9)

Tabla N° 5.6: Regionalización de Temperatura Media Mensual (°C)

ALTURA MEDIA DE LA CUENCA HUISILLO =		4796		msnm		ALTURA MEDIA AREA DE LOS CULTIVOS =		3793		msnm				
NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD msnm	MESES												
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
		C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°
SANTO TOMAS	3658	13.3	13.0	13.2	12.7	11.3	9.8	9.6	10.8	12.4	13.7	14.4	13.8	12.3
YAURI	3927	9.7	9.5	9.3	8.4	6.2	4.6	4.5	5.4	7.1	8.8	9.6	9.7	7.7
LA ANGOSTURA	4256	7.3	7.3	7.2	6.6	5.0	3.5	3.1	4.1	5.6	6.9	7.6	7.6	6.0
CAYLLOMA	4299	7.0	7.0	6.9	6.6	5.3	4.2	3.9	4.9	6.0	7.2	7.9	7.4	6.2
TINTAYA	4005	9.9	9.7	9.6	8.8	7.1	5.4	4.7	6.3	7.8	10.1	10.1	10.0	8.3
ACOMAYO	3250	13.7	13.6	13.5	13.2	12.2	11.0	11.0	12.4	13.8	14.7	14.7	14.2	13.2
Coefic.	a	36.9603	36.2994	36.8816	36.8946	36.7996	35.9479	37.0361	39.6120	41.4121	41.3439	39.8849	38.0717	38.0953
Coefic.	B	-0.0069	-0.0067	-0.0069	-0.0071	-0.0074	-0.0076	-0.0079	-0.0083	-0.0084	-0.0080	-0.0075	-0.0071	-0.0075
Coefic.	R	-0.954	-0.960	-0.952	-0.955	-0.942	-0.939	-0.946	-0.949	-0.958	-0.953	-0.944	-0.953	-0.957
T. Media de la Cuenca		4.0	4.0	3.8	3.1	1.2	-0.4	-1.0	-0.1	1.3	3.1	4.0	4.1	2.2
T. Media Área Cultivos		10.9	10.7	10.7	10.1	8.6	7.2	7.0	8.2	9.7	11.1	11.5	11.2	9.7

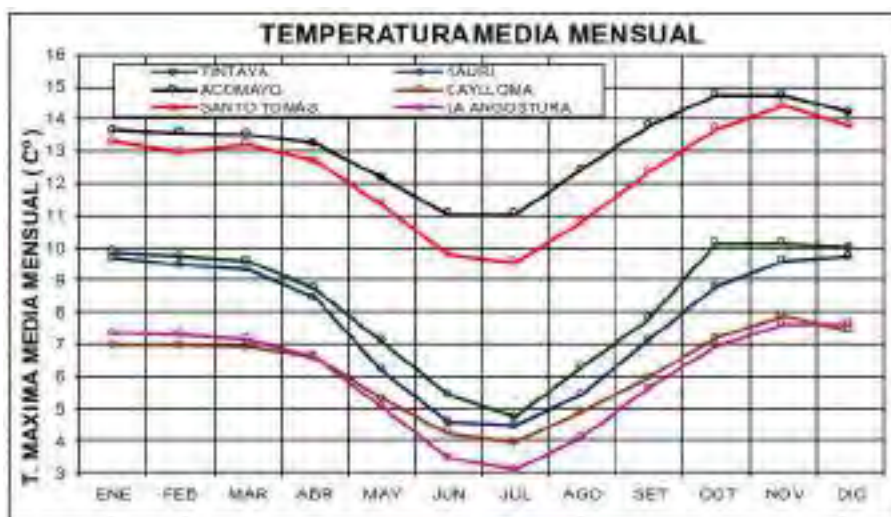
Fuente: SENANMHI, y procesado por los Tesistas.

De acuerdo a los resultados de regionalización, para la altura de presa Huisillo, se tiene una temperatura media anual de 2.2 °C, para los 4796 msnm; siendo el mes más frígido Julio con una temperatura media mensual de -1.0 °C; y el mes más caluroso se da en Diciembre con una temperatura media mensual de 4.1°C.

Mientras que a nivel de las áreas agrícolas (3793 msnm), se tiene una temperatura media anual de 9.7 °C, siendo el mes más caluroso Noviembre con una temperatura media mensual de 11.5°C; y el mes más frígido se da Julio con una temperatura media mensual de 7.0 °C.

En la imagen siguiente se expresa el comportamiento mensual de la temperatura a nivel regional.

Imagen N° 5.5: Regionalización de temperatura Media Mensual



Fuente: Procesado por los tesistas.

Tabla N° 5.7: Regionalización de temperatura Máxima media Mensual

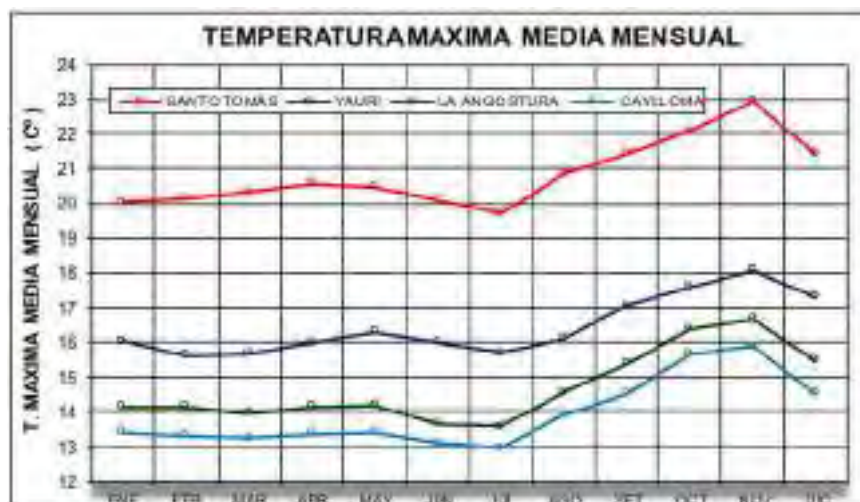
ALTURA MEDIA DE LA CUENCA HUISILLO =		4796		msnm		ALTURA MEDIA AREA DE LOS CULTIVOS =		3793		msnm		MESES		
NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD msnm	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
		C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°	C°
SANTO TOMAS	3658	20.1	20.2	20.3	20.6	20.5	20.1	19.7	20.8	21.4	22.1	22.9	21.4	20.8
YAURI	3927	16.0	15.6	15.7	16.0	16.3	16.0	15.7	16.1	17.1	17.6	18.1	17.3	16.4
LA ANGOSTURA	4256	14.2	14.2	14.0	14.1	14.2	13.6	13.6	14.5	15.4	16.4	16.7	15.5	14.7
CAYLLOMA	4299	13.4	13.3	13.2	13.3	13.4	13.1	12.9	13.9	14.5	15.7	15.9	14.5	13.9
Coefic.	A	54.7754	55.0922	56.9128	58.0380	57.6268	57.8266	55.7014	56.5718	57.0025	54.5920	58.7925	57.1413	56.6728
Coefic.	B	-0.0096	-0.0097	-0.0102	-0.0104	-0.0103	-0.0104	-0.0100	-0.0100	-0.0099	-0.0091	-0.0100	-0.0099	-0.0100
Coefic.	R	-0.975	-0.959	-0.964	-0.968	-0.979	-0.984	-0.980	-0.956	-0.967	-0.950	-0.953	-0.976	-0.969
T. Max. Media Cuenca		8.6	8.4	8.0	8.1	8.3	7.8	7.9	8.7	9.6	11.0	10.8	9.7	8.9
T. Max. Media A. Cultivos		18.2	18.2	18.3	18.5	18.6	18.2	17.9	18.7	19.5	20.1	20.8	19.6	18.9

Fuente: SENANMHI, y procesado por los Tesistas.

A nivel de nuestra zona de estudio, altura de represamiento (4796 msnm), se tiene una temperatura máxima media anual de 8.9 °C, siendo el mes más caluroso Octubre con una temperatura máxima media mensual de 10.8 °C; y el mes más frígido se da en Junio con una temperatura máxima media mensual de 7.8°C.

Mientras que a nivel de las áreas agrícolas (3793 msnm), se tiene una temperatura máxima media anual de 18.9 °C, siendo el mes más caluroso Noviembre con una temperatura máxima media mensual de 20.8°C; y el mes más frígido se da Julio con una temperatura máxima media mensual de 17.9 °C.

Imagen N° 5.6: Regionalización de temperatura máxima media mensual.



Fuente: Procesado por los Tesistas.

Tabla N° 5.8: Regionalización de temperatura Mínima media Mensual.

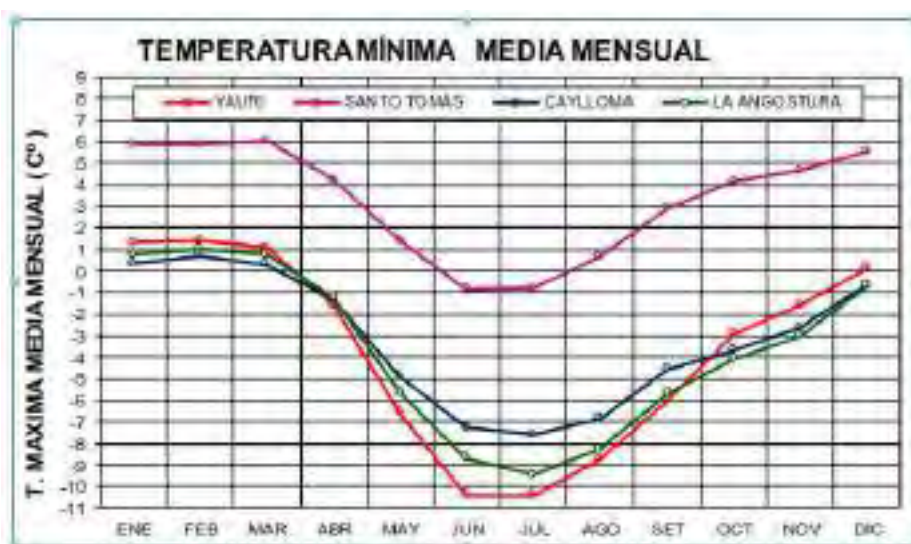
		ALTURA MEDIA DE LA CUENCA HUISILLO =			4796	msnm	ALTURA MEDIA AREA DE LOS CULTIVOS =			3793	msnm					
NOMBRE DE LA ESTACION	ALTITUD msnm	MESES														
		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA		
		°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
SANTO TOMAS	3658	5.9	5.9	6.0	4.2	1.4	-0.8	-0.8	0.7	2.9	4.2	4.6	5.6	3.3		
YAURI	3927	1.3	1.4	1.1	-1.6	-6.6	-10.4	-10.4	-8.7	-6.0	-3.0	-1.6	0.2	-3.7		
LA ANGOSTURA	4256	0.7	1.0	0.8	-1.2	-5.7	-8.7	-9.5	-8.3	-5.7	-4.1	-3.0	-0.7	-3.7		
CAYLLOMA	4299	0.4	0.7	0.3	-1.3	-4.9	-7.3	-7.6	-6.8	-4.6	-3.7	-2.7	-0.6	-3.2		
Coefic.	a	33.1424	31.2453	33.7447	30.2883	31.0521	28.9196	32.7422	37.8069	39.7103	44.5147	43.0703	37.0548	35.2743		
Coefic.	b	-0.0077	-0.0072	-0.0079	-0.0075	-0.0087	-0.0089	-0.0099	-0.0108	-0.0107	-0.0114	-0.0108	0.0089	-0.0092		
Coefic.	r	-0.905	-0.889	-0.885	-0.802	-0.721	-0.637	-0.683	-0.742	-0.764	-0.887	-0.909	-0.897	-0.809		
T. Min. Media Cuenca		-3.8	-3.2	-3.9	-5.7	-10.6	-13.6	-14.6	-14.0	-11.5	-10.3	-8.9	-5.7	-8.8		
T. Min. Media A. Cultivos		3.9	4.0	3.9	1.8	-1.9	-4.7	-4.7	-3.2	-0.8	1.1	2.0	3.3	0.4		

Fuente: SENANMHI, y procesado por los Tesistas.

A nivel de nuestra zona de estudio, altura de represamiento (4796 msnm), se tiene una temperatura mínima media anual de -8.8°C , siendo el mes más caluroso Febrero con una temperatura mínima media mensual de -3.2°C ; y el mes más frígido se da en Julio con una temperatura mínima media mensual de -14.6°C .

Mientras que a nivel de las áreas agrícolas (3793 msnm), se tiene una temperatura mínima media anual de 0.4°C , siendo el mes más caluroso Febrero con una temperatura mínima media mensual de 4.0°C ; y el mes más frígido se da Junio y Julio con una temperatura mínima media mensual de -4.7°C .

Imagen N° 5.7: Regionalización de temperatura mínima media mensual.

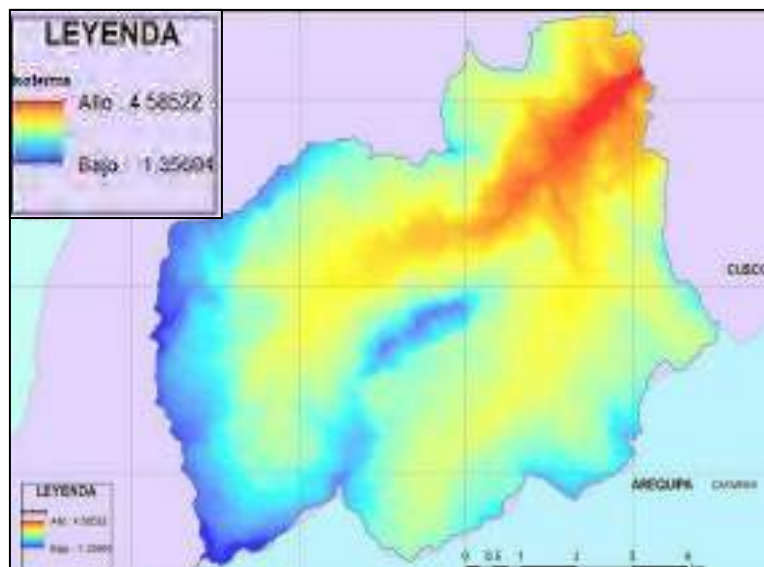


Fuente: Procesado por los Tesistas.

5.4.1.2.1. DISTRIBUCIÓN AREAL DE LA TEMPERATURA MEDIA MENSUAL

Utilizando la Ecuación de regresión, Precipitación - Altitud, se ha procedido a generar el mapa de isotermas, utilizando para ello el programa de ArcGis, en base a la distribución altitudinal, se ha integrado a ello los valores de temperatura, obteniendo el mapa en Raster de la variación de la temperatura según su altitud. (Ver imagen siguiente)

Imagen N° 5.8: Mapa de la Isotherma Promedio Anual de la Cuenca Huisillo



Fuente: Elaborado por los tesisistas.

5.4.2 EVAPOTRANSPIRACIÓN

Dentro de los muchos métodos para determinar este parámetro (tanque clase A, Evaporímetros, etc.), y teniendo en cuenta la no existencia de estación meteorológica en la cuenca de estudio, es que, vimos necesario el uso del método indirecto de Penman Monteith, (método recomendado por la FAO), y procesado en programa de Cropwat; para ello es necesario contar con información de Temperaturas máximas, medias y mínimas; humedad relativa, horas de sol, vientos y otros.

5.4.2.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN POTENCIAL

La evapotranspiración potencial producida en las áreas de cultivo, por el método de Penman Monteith, se presenta de forma resumida en la Tabla 5.10, para ello como se observa, necesita la introducción de los datos siguientes:

- ◆ Información de Temperatura Mínima y Máxima (°C) regionalizada para el área de cultivo en base a información de las estaciones Santo Tomás, Yauri, La Angostura y Caylloma.
- ◆ Humedad relativa (%), obtenida en función de las estaciones Santo Tomás, Yauri, La Angostura, Caylloma y Tintaya.
- ◆ Información de velocidad de viento (m/s) pertenecientes a la estación Santo Tomás y La Angostura.

- ◆ Información de Horas sol obtenida en base a series históricas de las estaciones Yauri, Acomayo y K'ayra.

Tabla N° 5.9: Evapotranspiración Potencial Media Mensual (ETo)

ÁREA DE CULTIVOS		Latitud: 14.51° S		Longitud: 72.11° W		Altitud: 3793.21	
MES	TEMPERATURA		HUMEDAD RELATIVA	VELOCIDAD VIENTO	INSOLACION	RADIACION	Eto
	MÍNIMA	MAXIMA					
	°C	°C					
		%	m/s	horas/día	MJm ² /día	mm/mes	
ENE	3.92	18.02	72.47	2.82	4.69	17.6	108.22
FEB	3.91	18.05	72.57	2.82	5.28	18.3	99.28
MAR	3.88	18.13	71.87	2.55	5.44	17.7	105.7
ABR	1.84	18.49	68.18	2.76	6.89	18.1	104.25
MAY	-1.93	18.56	61.76	3.07	8.18	17.8	109.22
JUN	-4.65	18.36	60.27	3.78	8.18	16.6	105.37
JUL	-4.96	17.98	57.96	3.27	8.16	17.1	107.05
AGO	-3.37	18.69	56.04	3.96	8.2	19	123.53
SET	-0.79	19.4	55.8	3.99	7.13	19.5	128.81
OCT	1.26	20	55.65	3.77	6.86	20.4	140.57
NOV	2.12	20.7	55.77	3.63	6.92	21	133.36
DIC	3.43	19.61	64.84	3.23	5.29	18.6	126.4
MEDIA	0.39	18.83	62.77	3.3	6.77	18.5	115.98
						Total	1391.76

Fuente: SENAMHI y Procesado por los tesisistas.

La evapotranspiración de referencia ETo, anual para el ámbito de ubicación de las áreas agrícolas, llega a 1391.76 mm/año, siendo el mes de octubre, el mes de mayor demanda con 140.57 mm/mes. A comparación de la precipitación también para ese mes que solo llega a 37.8 mm/mes, habiendo un déficit de 102.77 mm de humedad para ese mes. Es por ello que este tipo de proyectos de represamiento permitirá suplir esta deficiencia hídrica.

Así mismo en la gráfica siguiente, se aprecia el comportamiento de distribución mensual de la evapotranspiración potencial para la zona baja de la cuenca.

Imagen N° 5.9: Evapotranspiración potencial – áreas de cultivo Huisillo



Fuente: Procesado por los Tesistas.

5.4.3 ANÁLISIS Y TRATAMIENTO DE LA PLUVIOMETRIA

5.4.3.1. RED DE ESTACIONES DE MEDICIÓN - INFORMACIÓN HISTÓRICA

La información pluviométrica empleada corresponde a 05 estaciones meteorológicas, las cuales fueron seleccionadas teniendo en consideración la elevación y proximidad geográfica a la zona de estudio (represa) y área de interés, siendo éstas estaciones: Santo Tomás, Yauri, La Angostura, Caylloma y Visuyo.

Dichas estaciones son administradas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), las mismas que cuentan con periodos variables de observación entre los años 1964 – 2018.

En la tabla 5.10, se presenta las estaciones utilizadas para el análisis de precipitación, con su respectiva ubicación, coordenadas geográficas y UTM así como la altitud correspondiente.

Tabla N° 5.10: Ubicación de Estaciones Meteorológicas para el estudio hidrológico

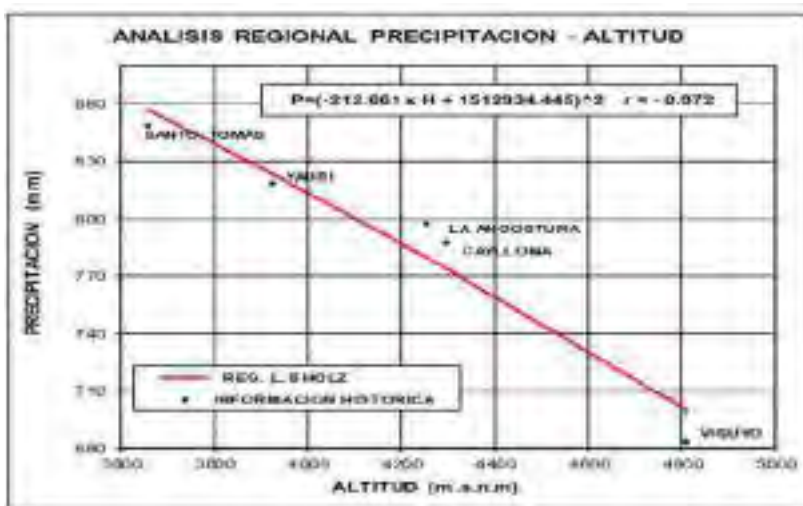
N°	ESTACION	TIPO	COORDENADAS GEOGRAFICAS						COORDENADAS UTM		ALTITUD msnm.	ZONA	DIST.	PROV.	REGION
			LATITUD			LONGITUD			Datum 186 WGS 1984	Y (m)					
			°	'	"	°	'	"	X (m)						
1	SANTO TOMAS	CO - 752	14	26	44.9	72	5	38.7	813316	8400986	3658	18S	Llusco	Chumbivilcas	Cusco
2	YAURI	CO - 757	14	49	1	71	25	1	839873.1723	8360516.923	3927	19S	Yauri	Espinar	Cusco
3	LA ANGOSTURA	CO - 754	15	10	47	71	38	58	815316.0891	8320071.385	4256	19S	Caylloma	Caylloma	Arequipa
4	CAYLLOMA	CO - 753	15	11	1	71	46	1	802687.765	8319484.331	4299	19S	Caylloma	Caylloma	Arequipa
5	VISUYO	PLU - 157319	15	24	1	71	44	1	806573.9394	8295540.856	4814	19S	Chivay	Caylloma	Arequipa

D= SUM Y^2	3.11E+06	J = H/G	-2.13E+02	r ²	0.94
E= SUM X*Y^2	1.29E+10	K = (D-J*A)/n	1.51E+06		
F= SUM Y^4	1.97E+12				

Fuente: Elaborado por los tesistas.

Así mismo se puede observar que regionalmente el comportamiento de la precipitación es inversamente proporcional es decir a mayor altitud menos precipitación.

Imagen N° 5.10: Regresión lineal Altitud - Precipitación



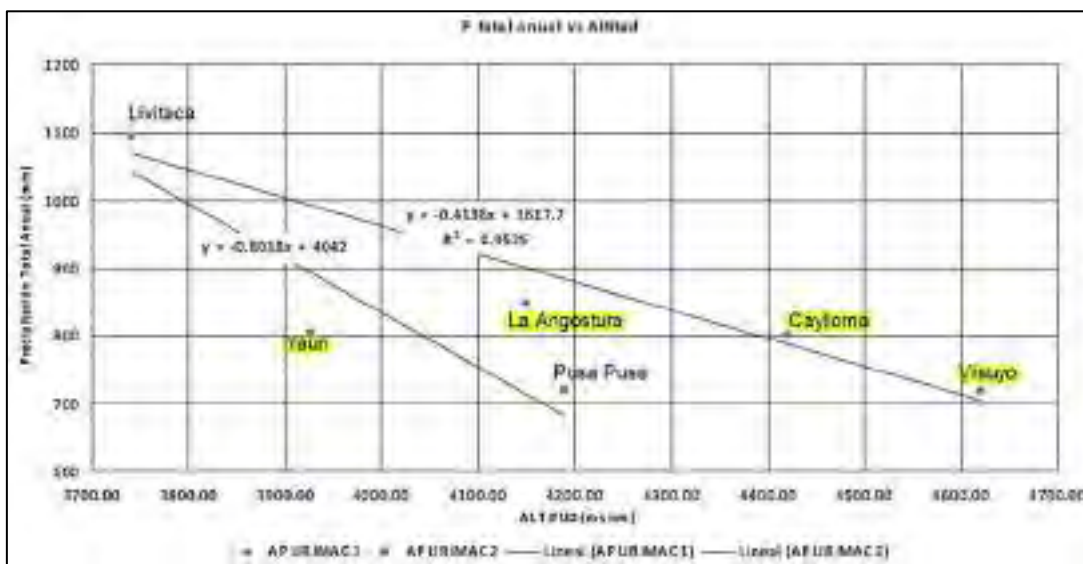
Fuente: Elaborado por los tesistas.

Del análisis regional entre la altitud y la precipitación mediante la regresión lineal, se obtuvo un coeficiente de determinación $r^2 = 0.945$ y un coeficiente de regresión $r = -0.972$, que determina que existe una buena correlación entre las altitudes y las precipitaciones de las estaciones que intervienen en dicho análisis.

Así mismo, en su comportamiento se observa un gradiente negativo el cual muestra que, en la zona de estudio, a mayor altura se presenta menor precipitación, contradiciendo lo que existe en la realidad. Este efecto suele presentarse en zonas de montaña, pero en ámbitos locales, Según el Mgt. Ing. Pedro Rau Lavado, tesis intitulada "Análisis espacio temporal de la precipitación y la temperatura en las principales zonas de montañas del Perú" año 2009, valida y contempla los resultados obtenidos en nuestro análisis.

En la imagen 5.11, se representa gráficamente este análisis con 6 estaciones (Livitaca, Yauri, Angostura, Pusa Pusa, Caylloma y Visuyo.), cuyas ecuaciones y sus coeficientes de determinación se muestran en la misma Imagen.

Imagen N° 5.11: comportamiento de la precipitación Vs. Altitud en dos Regiones de la Cuenca de Apurímac.



Fuente: Tornado de tesis de Pedro Rau Lavado, 2009.

5.4.3.3. ANÁLISIS PARA LA PRECIPITACIÓN MEDIA DE LA CUENCA

Con la finalidad de determinar la precipitación media mensual de la zona de estudio, se realizó un análisis regional entre la Latitud de cada estación Vs Precipitación, cuyos resultados de dicho análisis se representa de manera muy adecuada a través de la ecuación de regresión siguiente:

$$P^{0.5} = \frac{(a + c * L)}{(1 + b * L)}$$

Dónde: P = Precipitación estimada (mm)
a, b, c = Coeficientes de la ecuación de regresión
L = Latitud,

Los resultados de dicho análisis nos dan un coeficiente de determinación $r^2 = 0.985$ y un coeficiente de correlación $r: 0.99$ (coeficiente óptimo). Esta metodología empleada en la regionalización entre la Latitud y la Precipitación es representativa para ser utilizada en el área de estudio, puesto que se obtiene resultados más reales acordes a lo que sucede realmente en la cuenca

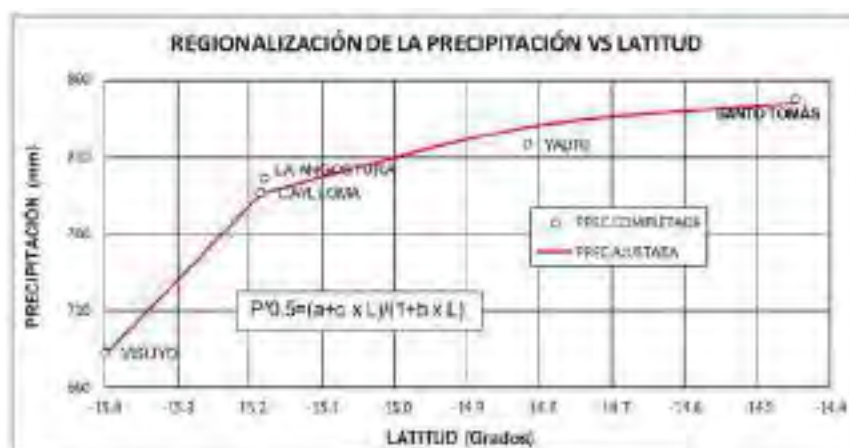
en estudio. Por lo tanto; aplicaremos esta metodología para hallar la precipitación media y anual a la altura media de la cuenca y su correspondiente, para la altura media del área de cultivos en estudio. La Tabla 5.13 e Imagen 5.12, se muestra el análisis entre la precipitación y la Latitud para la altura media de la cuenca y la altura media del área de los cultivos.

Tabla N° 5.13. Regionalización de Precipitación Vs. Latitud

NOMBRE DE ESTACION	ALTITUD (msnm)	LATITU (Grados)	PRECIPITACION HISTORICA (mm)	PRECIPITACION COMPLETA (mm)	PRECIPITACION EN FUNCION DE AJUSTE (mm)	VARIACION
SANTO TOMAS	3658	-14.45	829.1	848.3	844.6	2%
YAURI	3927	-14.82	793.9	818	829.1	3%
LA ANGOSTURA	4256	-15.18	796.2	796.7	786.8	0%
CAYLLOMA	4299	-15.18	789.3	787	786.8	0%
VISUYO	4814	-15.4	656.6	682.6	681	4%
P. Cuenca Huisillo	4796	-14.76			832.5	
P. Área Cultivos	3793	-14.51			842.8	
Ecuación de regionalización			Constantes			
$P^{0.5} = \frac{(a + c * L)}{(1 + bL)}$			a =	29.570658	b =	0.064203
			C =	1.901078	$r^2 = 0.985$	

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Imagen N° 5.12: Regionalización de Precipitación Vs. Latitud Cuenca Huisillo y Área Cultivos.



Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Tras haberse determinado los factores de influencia de cada una de las estaciones, se construyó el registro de precipitación media mensual para la altura media de la cuenca, así como para las

áreas de cultivo que comprende el proyecto, los cuales se presentan en la Tabla 5.16 precipitación a la altura media de la cuenca.

Tabla N° 5.14: Precipitación Media Mensual de la Cuenca Huisillo.

CUENCA DE ESTUDIO														
LATITUD:	9° 48' 33.88" S											DIFED:	CURCO	
LONGITUD:	72° 14' 54.83" W											PROVINCIA:	CHIMBORAZO	
ALTITUD:	4786 (2) m s.n.m.											DISTRITO:	SAN TOmas	
PARAMETRO: PRECIPITACION MEDIA MENSUAL (mm)														
Mes	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1	1996	85.6	157.7	105.6	56.3	61.4	0.0	-0.0	6.4	0.0	14.1	30.0	109.7	645.6
2	1996	70.4	182.8	98.3	84.7	0.0	0.1	4.0	0.9	37.8	16.8	74.8	138.5	693.4
3	1996	111.3	167.0	61.0	7.0	44.4	0.0	0.0	0.0	0.0	71.8	170.0	27.0	697.6
4	1997	138.9	209.1	232.7	26.3	32.7	0.1	21.1	11.3	71.9	40.0	26.1	84.0	829.2
5	1996	247.8	99.0	188.7	11.9	217.7	10.4	13.6	13.1	17.8	88.1	99.8	88.7	1008.8
6	1996	89.0	209.1	105.8	80.7	0.1	0.4	0.0	7.0	17.0	16.2	10.0	124.0	737.7
7	1997	249.3	250.4	182.8	31.9	24.3	0.0	11.0	4.4	21.9	42.7	18.4	137.4	1047.0
8	1977	128.5	108.8	194.9	80.0	12.3	0.1	0.0	0.0	1.1	20.1	21.4	120.4	788.7
9	1977	209.2	201.9	274.8	57.0	11.0	0.0	0.7	0.4	50.0	70.5	31.7	80.7	1167.4
10	1977	281.3	210.9	187.8	109.0	3.0	0.7	1.2	0.0	85.8	17.1	79.3	132.1	1141.0
11	1978	393.0	393.0	307.0	110.0	1.0	11.3	0.6	100.1	0.0	0.0	16.7	177.0	1409.7
12	1978	161.2	204.0	188.0	36.4	38.8	0.0	-0.0	0.0	29.0	60.6	7.0	109.4	882.4
13	1978	209.7	141.1	144.2	14.4	14.1	0.0	-2.0	40.7	18.0	11.0	4.1	34.0	743.0
14	1977	81.1	842.0	189.6	28.6	58.4	0.0	0.1	0.0	30.3	50.8	78.3	30.0	822.4
15	1978	242.0	23.2	88.0	74.7	0.1	2.4	-0.0	0.0	0.0	40.8	40.8	74.4	643.0
16	1978	329.7	61.7	186.1	11.0	0.0	0.1	24.4	30.8	4.7	34.0	79.2	152.1	769.1
17	1980	81.0	71.1	174.4	18.0	0.1	0.7	10.4	10.0	36.8	30.0	15.0	21.4	475.1
18	1987	209.9	210.0	79.0	78.4	0.0	0.0	0.0	69.0	0.2	120.1	112.4	107.4	832.2
19	1982	150.9	78.0	168.0	10.2	0.0	0.1	0.0	0.0	41.9	31.8	275.0	40.8	1077.1
20	1980	84.0	89.1	86.0	90.1	13.8	1.8	0.0	0.0	43.0	42.7	0.0	178.2	688.6
21	1994	202.9	203.7	222.4	20.0	9.0	0.0	-0.0	10.0	0.1	210.7	150.0	114.0	1178.7
22	1980	27.0	201.4	101.0	84.7	10.8	30.0	0.0	0.0	48.6	0.7	78.0	170.0	739.6
23	1986	179.0	191.0	179.0	120.7	0.0	10.1	7.9	76.0	4.7	110.1	32.7	162.7	884.1
24	1987	209.1	141.7	20.1	76.2	0.7	10.4	20.0	50.9	0.0	41.2	12.7	70.1	680.1
25	1988	329.1	129.4	205.3	56.7	0.0	0.0	0.4	0.2	0.0	31.8	4.0	33.8	885.8
26	1989	189.6	169.7	253.2	18.3	32.8	0.0	0.0	0.0	12.1	12.1	19.7	83.7	838.8
27	1981	177.2	71.0	187.5	60.1	1.0	11.0	-0.0	20.0	18.9	41.8	36.0	120.0	885.1
28	1971	113.7	143.0	189.8	70.7	18.6	84.0	39.0	0.0	72.1	30.8	60.1	82.0	640.6
29	1960	83.0	71.0	83.4	6.7	12.7	0.0	-0.0	28.4	18.8	17.8	28.0	176.4	482.7
30	1970	80.8	47.7	216.1	157.0	0.0	0.0	0.0	7.7	6.7	86.3	71.0	129.2	1120.7
31	1994	209.2	150.8	127.4	86.8	21.4	0.1	11.0	0.0	0.0	6.4	39.8	29.8	1189.0
32	1966	97.8	109.0	311.7	46.1	0.0	0.0	0.1	0.4	48.0	19.0	37.8	170.2	789.0
33	1974	209.0	184.0	10.0	12.0	0.0	0.4	0.0	0.0	14.1	16.0	20.0	20.0	789.2
34	1987	209.7	168.3	714.8	40.0	29.7	0.0	0.0	29.1	38.6	0.4	30.0	30.2	870.1
35	1968	209.8	101.9	189.8	79.9	0.4	10.7	0.0	0.0	0.0	1.0	40.4	112.0	678.8
36	1966	141.0	325.9	140.1	26.3	22.8	0.0	-0.0	0.0	50.0	41.7	12.6	108.0	677.6
37	1980	209.3	268.0	185.4	29.8	66.1	0.3	0.2	4.7	18.3	38.8	21.0	120.0	1189.2
38	1979	470.0	289.9	254.8	107.0	14.0	0.0	59.5	0.0	40.9	12.7	0.0	80.0	1201.9
39	2010	114.0	110.0	120.0	47.1	10.0	14.0	57.0	0.0	27.0	20.1	96.7	34.0	672.1
40	2010	137.0	114.2	185.8	763.2	8.4	8.1	0.0	0.0	18.0	80.8	26.0	81.8	736.7
41	2006	209.2	131.4	171.8	20.1	0.0	1.0	12.0	16.0	17.7	17.0	12.8	71.0	788.1
42	2006	71.4	77.8	181.8	20.2	7.8	0.0	0.0	0.0	16.0	20.7	40.0	168.0	738.6
43	1988	209.9	150.4	324.3	207.8	0.0	0.0	0.0	0.0	20.8	20.8	39.4	0.0	1171.0
44	2000	106.8	153.2	146.2	17.7	0.0	0.0	0.0	0.0	1.2	86.3	60.2	82.4	648.0
45	1988	220.1	113.4	28.0	4.7	2.7	0.0	7.0	0.0	1.1	54.4	18.7	180.0	681.7
46	1980	37.0	187.1	10.0	71.3	0.0	0.0	39.0	0.0	0.0	34.0	45.1	33.1	684.0
47	1980	209.3	81.7	81.7	84.0	0.1	10.1	0.7	1.1	0.0	47.0	16.0	127.0	638.2
48	2011	209.1	248.7	84.0	126.8	0.0	0.0	10.7	28.3	104.7	16.2	18.0	180.0	1007.8
49	1972	209.0	271.4	210.8	281.0	0.0	0.0	0.4	0.1	18.7	78.8	39.0	181.1	1714.8
50	2013	148.0	179.1	113.7	15.0	1.8	0.0	0.0	0.0	1.0	50.2	41.8	160.8	748.1
51	2012	188.0	79.0	140.0	27.0	0.0	0.0	38.0	28.0	100.0	50.0	31.0	81.0	717.1
52	1980	80.0	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0	81.0
53	1996	181.73	166.25	152.08	59.79	15.20	6.04	9.43	10.18	25.96	37.79	49.47	105.40	832.55
54	1996	96.173	68.725	72.618	51.247	19.198	12.267	23.491	17.147	29.135	33.826	44.625	32.11	214.105
55	1996	198.100	158.070	100.048	20.021	0.200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Fuente: Elaborado por los testistas.

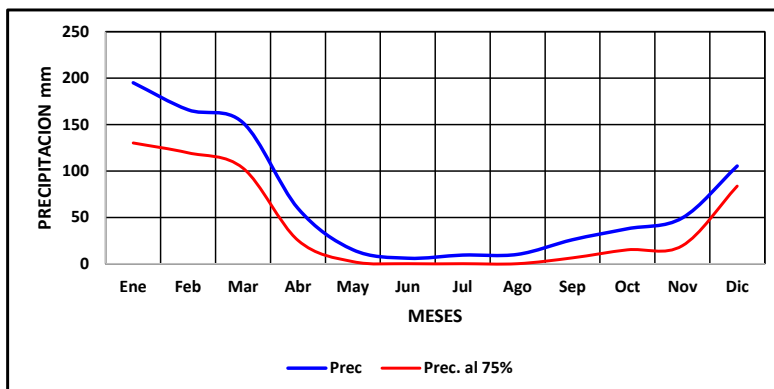
Tabla 5.15: Resumen de precipitación mensual, y Precipitación al 75 % de persistencia

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	TOTAL
Prec	195.19	166.03	152.08	59.79	15.2	6.04	9.43	10.18	25.96	37.79	49.47	105.4	832.55
SD	96.173	68.725	72.618	51.247	19.198	12.267	23.491	17.147	29.135	33.826	44.625	32.11	214.105

Prec. al 75%	130.32	119.68	103.10	25.22	2.25	0.00	0.00	0.00	6.31	14.97	19.37	83.74	504.97
--------------	--------	--------	--------	-------	------	------	------	------	------	-------	-------	-------	--------

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Imagen 5.13: Comportamiento mensual de la precipitación en la cuenca Huisillo



Fuente: Elaborado por los tesisistas.

De la imagen 5.13 y tabla 5.15, se tiene que la cuenca Huisillo tiene una precipitación anual de 832.55 mm/año, siendo el mes más húmedo Enero con 195.19 mm/mes y el mes más seco se da en Junio con solo 6.0. Mm/mes de lluvia. En cuanto a la precipitación efectiva el 75 % de persistencia, indica una reducción del 39% aproximadamente de la precipitación anual.

5.4.3.4. PRECIPITACIÓN EFECTIVA Y PRECIPITACIÓN EFECTIVA AL 75%

DE PERSISTENCIA

Teniendo el registro de precipitación mensual regionalizada para nuestra zona del proyecto, (tabla 5.16), determinamos la precipitación efectiva al 75 % de persistencia, para ello utilizaremos el Método USDA propuesto por el Servicio de Conservación de Suelos (S.C.S), conocido también como Método FAO. El cual propone la siguiente relación matemática:

$$PE = (P * (125 - 0.2 * P)) / 125 \quad \text{para } P \leq 250 \text{ mm}$$

$$PE = 125 + 0.1 * P \quad \text{para } P > 250 \text{ mm}$$

Tenemos que tener en cuenta que, se dice precipitación efectiva (PE), aquella precipitación que genera el escurrimiento superficial; como resultado de aplicar la esta metodología, se puede ver en la Tabla 5.16, donde, la máxima precipitación efectiva del año se presenta en Enero con 134.2 mm y la mínima en junio con 6.0 mm, totalizando 659.1 mm durante el año. Los resultados se muestran en la Tabla 5.16.

Tabla N° 5.16: Precipitación Efectiva de la Cuenca (mm)

MES	PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL CUENCA (mm)	PRECIPITACIÓN EFECTIVA(PE) CUENCA(mm)
ENE	195.2	134.2
FEB	166.0	122.1
MAR	152.1	115.0
ABR	59.8	54.0
MAY	15.2	14.7
JUN	6.0	6.0
JUL	9.4	9.3
AGO	10.2	10.0
SET	26.0	24.8
OCT	37.8	35.5
NOV	49.5	45.7
DIC	105.4	87.8
TOTALL	832.5	659.1

Fuente: Elaborado por los tesistas.

De acuerdo a ello, del total anual de precipitación 832.55 mm/año, 659.1 mm/año se llega a ir de la cuenca en forma de escurrimiento superficial, y solo 173.45 mm/año, es retenido en la cuenca en forma de infiltración e interceptación por la cobertura vegetal. Es decir que esta cuenca, tiene un coeficiente de escorrentía aproximadamente del orden de $C_e = 0.79$.

5.4.4 ANALISIS Y TRATAMIENTO DE LA ESCORRENTIA

5.4.4.1. GENERACIÓN DE CAUDALES MEDIOS MENSUALES

Como ya lo hemos comprobado, nuestra cuenca Huisillo, al igual que la mayoría de las pequeñas cuencas alto andinas presentan carencia o nula información de registros hidrométricos continuos; sin embargo, ante esta carencia, existen alternativas de solución, mediante la aplicación de modelos estocásticos, calibrados estos con algo de información de aforos de algunos años puntuales, con lo cual nos permitió generar caudales medios mensuales sintético a partir de las características físicas de la cuenca y algunos aforos.

En la actualidad se cuenta con una variedad de métodos para la generación de caudales medios mensuales sintéticos, entre ellos se tienen los modelos estocásticos, determinísticos, precipitación

escurrimiento y otros; sin embargo, para la Sierra Peruana, caso nuestro, se ha utilizado la metodología de Thomas Fiering que genera y extiende caudales medios mensuales a partir de caudales aforados en una cuenca de estudio. A continuación, se describe dicho modelo.

5.4.4.2. DESCRIPCIÓN DEL MODELO TIPO ESTOCÁSTICO THOMAS - FIERING

El modelo matemático de tipo estocástico de Thomas y Fiering, se caracteriza porque es un modelo auto-regresivo lineal de primer orden, el cual permite generar y extender caudales medios mensuales y anuales. Debido a que los caudales, son una variable que cambia durante un intervalo de tiempo en varias ocasiones, debido a la falta de estacionalidad de las lluvias durante un día, un mes o periodos de tiempos más largos.

El modelo de Harold A. Thomas y Myron B. Fiering, es un modelo estocástico de tipo Markoviano; es Estocástico porque sus resultados se basan en probabilidades que cambian en el tiempo, como es el caso de los caudales medios mensuales y es Markoviano porque la probabilidad de que ocurra un evento depende del evento inmediato anterior. Este modelo forma parte del programa Water Program System de la Universidad de Harvard que es muy bien aplicado en los Estados Unidos y Canadá.

Este modelo matemático de Thomas y Fiering, está basado en la teoría de auto regresión y auto correlación de series históricas de tiempo, la herramienta probabilística tradicional para el análisis de una serie hidrológica. Este modelo está diseñado para extender series de datos de duración moderada a periodos más largos, caso de nuestros ríos con escasa información histórica, el modelo está dado por la siguiente ecuación:

$$q_{ij} = \bar{x}_j + \frac{p_{i,j-1} S_j}{s_{j-1}} (q_{i,j-1} - \bar{x}_{j-1}) + Z_{i,j} S_j \sqrt{1 - (p_{j,j-1})^2}$$

Dónde:

\bar{x}_j = media de los caudales históricos para el mes j bajo consideración

\bar{x}_{j-1} = media de los caudales históricos del mes j-1 bajo consideración

$p_{j,j-1}$ = coeficiente de correlación serial de primer orden entre valores mensuales $p5, 4$ (meses de mayo y abril).

S_j = desviación estándar de los caudales históricos para el mes $j-1$ bajo consideración

s_{j-1} = desviación estándar de los caudales históricos para el mes $j-1$ del mes en consideración

q_{ij} = caudal en el mes j del año i de la secuencia de los caudales generados

$q_{i,j-1}$ = caudal en el mes $j-1$ del año i de la secuencia de caudales generados

$Z_{i,j}$ = variable aleatoria normalmente distribuida con media igual a cero y desviación estándar igual a uno, aplicada al mes j del año i de la secuencia de caudales generados.

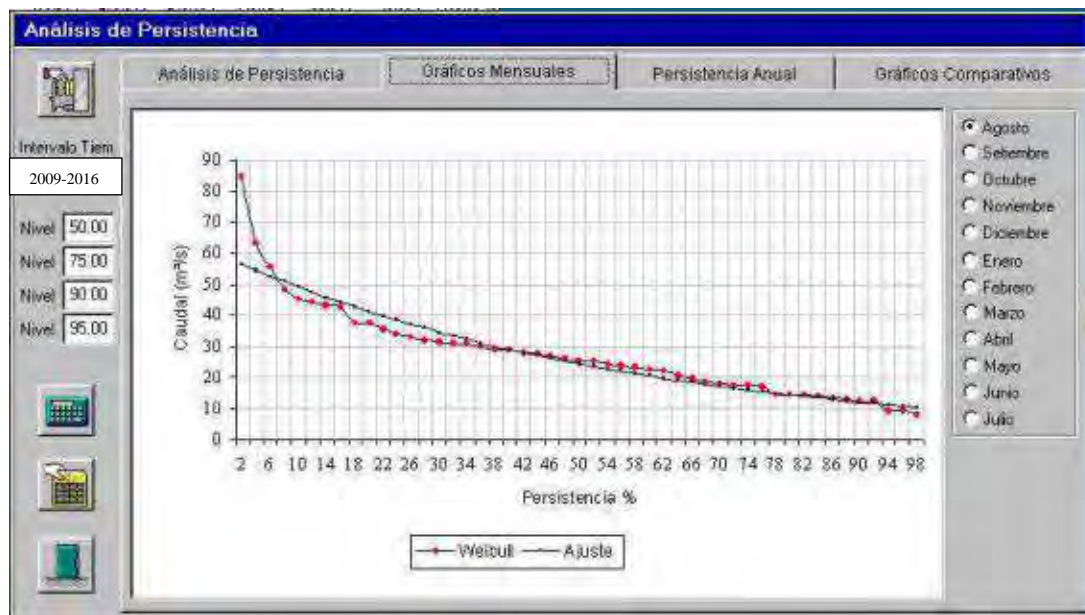
5.4.4.3. ANÁLISIS DE LOS CAUDALES MEDIOS MENSUALES UTILIZANDO EL MODELO DE THOMAS - FIERING

Este Modelo Tipo Estocástico, es aplicado a través del software SIH (Sistema de Información Hidrológica), El Sistema de Información Hidrológica “SIH”, es un software de almacenamiento, gestión, análisis y modelación de información relacionada con los recursos hídricos.

Imagen 5.14. Captura procesamiento programa SIH.

Imagen 5.15. Captura procesamiento programa SIH.

Análisis de Persistencia														
Análisis de Persistencia		Gráficos Mensuales				Persistencia Anual				Gráficos Comparativos				
Código	200201			Estación	PTE CARRETERA			Río	TUMBES					
Intervalo Tiem. 1940 - 1998														
Ajuste Weibull														
Nivel	50.00%	25.31	19.30	16.64	14.30	21.50	31.45	105.65	276.50	220.75	134.16	67.82	40.73	1115.23
Nivel	75.00%	12.20	14.56	13.90	10.85	13.87	50.80	141.06	171.80	167.97	87.77	40.80	24.58	756.27
Nivel	90.00%	12.59	10.03	8.90	9.33	10.48	32.85	90.31	111.84	102.81	85.84	24.90	14.55	494.50
Nivel	95.00%	8.44	9.01	8.13	7.19	7.90	30.51	90.79	86.15	77.44	36.74	19.87	11.05	354.03
Ajuste Ley Exponencial $f(x) = \frac{1}{b} e^{-x/b}$														
a	4.07011	3.89931	3.96280	3.82451	4.08600	5.57851	6.46300	8.79583	6.69169	5.88221	5.20370	4.63820		
b	-0.01780	-0.01810	-0.01430	-0.02080	-0.02800	-0.02980	-0.03280	-0.02390	-0.02060	-0.02070	-0.02140	-0.02050		
r	0.95	0.76	0.92	0.88	0.75	0.94	0.90	0.97	0.95	0.90	0.91	0.94		
Caudal (m³/s)														
P	50.00%	24.31	16.91	17.28	16.18	25.66	36.95	304.61	371.25	247.31	127.24	62.36	37.04	94.50
P	75.00%	15.50	12.01	13.10	9.82	12.48	42.22	115.00	149.42	137.02	75.77	36.51	22.17	53.06
P	90.00%	12.03	9.62	9.77	7.04	8.10	27.00	82.07	104.48	96.14	55.52	26.48	16.30	37.61
P	95.00%	11.02	8.79	9.09	6.34	7.02	23.20	73.21	92.73	85.43	50.85	23.79	14.71	33.54
Volumen (Millones de m³)														
P	50.00%	66.11	51.35	40.28	41.94	65.73	238.24	499.41	726.52	641.03	340.80	161.64	99.21	2980.25
P	75.00%	41.94	32.59	32.41	24.94	33.46	113.08	282.16	406.21	355.16	202.94	94.63	59.38	1672.98
P	90.00%	32.22	24.94	26.17	18.25	21.70	72.82	179.04	279.64	249.15	148.20	68.64	42.65	1185.92



Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Finalizando el procesamiento del programa SIH, En la tabla 5.17, se presenta de forma resumida, los caudales medios mensuales generados y ajustados con la información de caudales aforados en los periodos 2009, 2010, 2011 y 2016 en m³/s.

Tabla N° 5.17: Registros Aforados en el eje de la presa Huisillo (m³/s)

ITEM	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
1	2009	1.683	2.013	1.606	0.853	0.453	0.245	0.149	0.168	0.182	0.165	0.263	0.684	8.464	0.705
2	2010	1.912	1.87	1.663	0.865	0.361	0.295	0.247	0.176	0.111	0.113	0.14	0.436	8.189	0.682
3	2011	1.472	3.484	2.45	1.597	0.433	0.384	0.186	0.138	0.132	0.119	0.172	0.375	10.942	0.912
8	2016	2.296	2.543	1.998	0.689	0.413	0.075	0.058	0.042	0.024	0.056	0.039	0.077	8.31	0.693
Nro. Datos		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
MEDIA		1.841	2.478	1.929	1.001	0.415	0.25	0.16	0.131	0.112	0.113	0.154	0.393	8.976	0.748
DESV. STD.		0.353	0.731	0.388	0.405	0.04	0.13	0.079	0.062	0.066	0.045	0.092	0.249	1.315	0.11
C.V.		0.192	0.295	0.201	0.405	0.095	0.52	0.494	0.47	0.587	0.395	0.602	0.635	0.147	0.147
Q. MAXIMA		2.296	3.484	2.45	1.597	0.453	0.384	0.247	0.176	0.182	0.165	0.263	0.684	3.484	0.912
Q. MINIMA		1.472	1.87	1.606	0.689	0.361	0.075	0.058	0.042	0.024	0.056	0.039	0.077	0.024	0.682

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

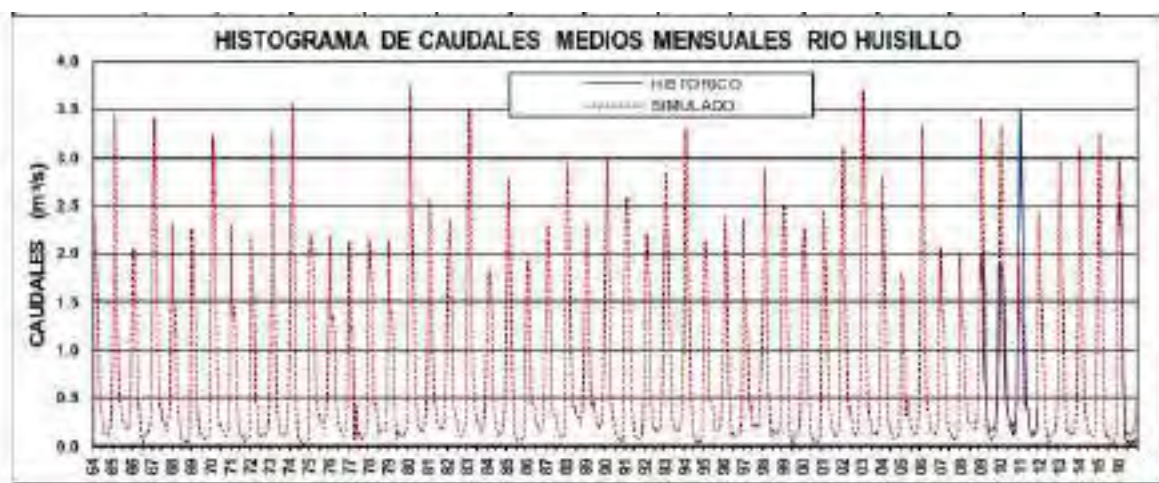
De la tabla anterior se deduce que la cuenca Huisillo con 57.47 km², tiene un caudal total anual de 8.98 m³/s, y una media anual de 0.75 m³/s. siendo el mes de Febrero el mes que genera un caudal medio mensual de 2.48 m³/s y el mes con menos aporte hídrico se da en Setiembre con un caudal medio mensual de 0.113 m³/s, que vendría a ser el caudal base para época de estío.

En la tabla 5.18 e imagen 5.16, se presenta los caudales medios mensuales a diversos niveles de probabilidad 50% y 75%.

Tabla N° 5.18: caudales medios mensuales de la cuenca del río Huisillo (m³/s)

ITEM	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL	MEDIA
Nro. DATOS	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
MEDIA	1.841	2.477	1.929	1.001	0.415	0.25	0.162	0.131	0.115	0.113	0.158	0.407	9.001	0.75
DESV. STD.	0.349	0.738	0.396	0.399	0.038	0.129	0.071	0.057	0.06	0.044	0.082	0.235	1.547	0.129
C.V.	0.19	0.298	0.205	0.399	0.092	0.516	0.437	0.434	0.519	0.386	0.518	0.578	0.172	0.172
Q. MAXIMA	2.39	3.748	2.618	1.767	0.507	0.457	0.319	0.275	0.269	0.222	0.372	1.072	12.13	0.01
Q. MINIMA	1.112	1.186	1.247	0.078	0.343	0.054	0.018	0.013	0.012	0.015	0.036	0.037	5.869	0.489
Q. 50%	1.841	2.477	1.929	1.001	0.415	0.25	0.162	0.131	0.115	0.113	0.158	0.407	9.001	1.385
Q. 75%	1.605	1.98	1.662	0.732	0.389	0.163	0.115	0.093	0.075	0.084	0.103	0.248	7.248	0.604

Imagen 5.16: Histograma de caudales medios mensuales para la cuenca Huisillo



Fuente: Elaboración Propio.

5.5.3.5. DISPONIBILIDAD HÍDRICA

Los caudales medios mensuales disponibles, generados por el río Huisillo, para poder ser represados a niveles de persistencia del 50% y 75%, tanto en m³/s como en su proyección a millones de metros cúbicos (MMC) se muestran en la siguiente tabla.

Tabla N° 5.19: Caudales Disponibles al 50% y 75% de Persistencia del Río Huisillo

Q	CAUDALES DISPONIBLES CUENCA DEL RÍO HUISILLO (m ³ /s)												PROM.
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
Q. al 50%	1.841	2.477	1.929	1.001	0.415	0.25	0.162	0.131	0.115	0.113	0.158	0.407	0.75

Q. al 75%	1.605	1.98	1.662	0.732	0.389	0.163	0.115	0.093	0.075	0.084	0.103	0.248	0.604
V	V O L U M E N (M M C)												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROM.
V. al 50%	4.931	6.047	5.167	2.595	1.112	0.648	0.435	0.351	0.298	0.304	0.41	1.09	1.971
V. al 75%	4.3	4.832	4.452	1.897	1.042	0.422	0.307	0.248	0.193	0.225	0.267	0.665	1.587

$\Sigma = 18.850$ MMC de volumen disponible para represar.

Donde se puede apreciar que el volumen generado a nivel anual, llega a 18.850 MMC/año, que es el volumen disponible que genera la cuenca, que está por encima del volumen de demanda de agua.

DISPONIBILIDAD HIDRICA DE LA CUENCA:

Haciendo uso de la fórmula de continuidad de MANIG, se tiene el volumen de agua que puede generar una cuenca en función a relación Precipitación – Escorrentía, para ello se tiene la fórmula matemática siguiente:

$$V_c = 1000 * C_e * A_c * P_e$$

Donde:

V_c : Volumen generado por la cuenca m³

1000 : Cte. de conversión a m³.

C_e : Coeficiente de escorrentía : $C_e = 0.60$ (hidrograma triangular)

A_c : Área de la cuenca . $A_c = 57.458$ km².

P_e : Precipitación efectiva meses lluviosos (Dic, Ene, Feb, Mar, Abr). $P_p = 513.1$ mm

Reemplazando valores, se tiene que la cuenca puede generar un volumen de escorrentía de 17'689,019 m³ equivalente a 17.69 MMC. Que permitiría llenar la presa.

5.4.5 CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO DE LA PRESA HUISILLO

Se entiende por capacidad de almacenamiento en una presa, a la acumulación de agua en forma artificial en un reservorio durante la época lluviosa, para ser distribuirla durante la estación seca donde se presenta la máxima demanda.

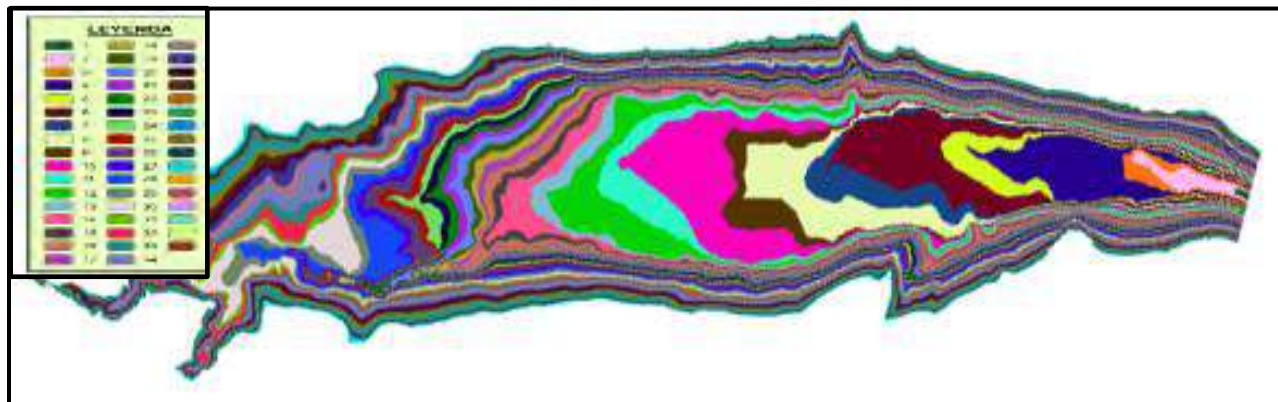
Para efectuar el análisis de la capacidad de almacenamiento, parte del mapa de levantamiento topográfico de detalle del área de almacenamiento hasta por lo menos 70 m de altura; haciendo uso del método de trapecios inversos, hemos calculado el volumen acumulado para cada 5 m de altura, hasta llegar a comparar con la disponibilidad hidrológica de la cuenca,

Según los resultados se puede decir que esta presa presenta un NAMO o capacidad de almacenamiento topográfico de 15'000,000 m³/a; para una altitud de estructura de 50 m.

Imagen: plano topográfico de área de almacenamiento



Foto N° 5.1: donde se muestra el cálculo de área entre cotas de 1m de altura.



Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Tabla 5.20: Determinación de la relación Altura-Volumen, de almacenamiento topográfico de la represa

COTA INICIAL	COTA FINAL	GRIDCODE	AREA (M2)	AREA ACUMULADO (M2)	VOLUMEN (M3)	VOLUMEN ACUMULADO (M3)	VOLUMEN (MMC)
--------------	------------	----------	-----------	---------------------	--------------	------------------------	---------------

4418	4419	1	302.723608	302.723608	0	0	0
4419	4420	2	4600.93715	4903.660758	2603.192183	2603.192183	0.002603192
4420	4421	3	4675.79307	9579.453824	7241.557291	9844.749474	0.009844749
4421	4422	4	24818.2981	34397.75194	21988.60288	31833.35235	0.031833352
4422	4423	5	12393.9163	46791.66819	40594.71006	72428.06242	0.072428062
4423	4424	6	33611.3233	80402.99145	63597.32982	136025.3922	0.136025392
4424	4425	7	18280.6959	98683.68731	89543.33938	225568.7316	0.225568732
4425	4426	8	29599.6418	128283.3291	113483.5082	339052.2398	0.33905224
4426	4427	9	18881.4613	147164.7904	137724.0597	476776.2996	0.4767763
4427	4428	10	45059.2906	192224.081	169694.4357	646470.7352	0.646470735
4428	4429	11	22701.3648	214925.4458	203574.7634	850045.4986	0.850045499
4429	4430	12	31671.9692	246597.415	230761.4304	1080806.929	1.080806929
4430	4431	13	16012.5781	262609.9931	254603.704	1335410.633	1.335410633
4431	4432	14	20757.537	283367.5301	272988.7616	1608399.395	1.608399395
4432	4433	15	13428.1092	296795.6393	290081.5847	1898480.979	1.898480979
4433	4434	16	14710.5773	311506.2166	304150.9279	2202631.907	2.202631907
4434	4435	17	11747.6721	323253.8887	317380.0527	2520011.96	2.52001196
4435	4436	18	12659.0559	335912.9446	329583.4167	2849595.377	2.849595377
4436	4437	19	11628.7286	347541.6732	341727.3089	3191322.686	3.191322686
4437	4438	20	13484.5718	361026.245	354283.9591	3545606.645	3.545606645
4438	4439	21	12166.5355	373192.7805	367109.5128	3912716.157	3.912716157
4439	4440	22	13246.7861	386439.5667	379816.1736	4292532.331	4.292532331
4440	4441	23	12076.5077	398516.0744	392477.8205	4685010.152	4.685010152
4441	4442	24	13902.4718	412418.5462	405467.3103	5090477.462	5.090477462
4442	4443	25	13064.9133	425483.4595	418951.0028	5509428.465	5.509428465
4443	4444	26	16737.5082	442220.9677	433852.2136	5943280.678	5.943280678
4444	4445	27	13771.0103	455991.978	449106.4729	6392387.151	6.392387151
4445	4446	28	20820.595	476812.573	466402.2755	6858789.426	6.858789426
4446	4447	29	17769.9126	494582.4855	485697.5292	7344486.956	7.344486956
4447	4448	30	24036.1536	518618.6392	506600.5623	7851087.518	7.851087518
4448	4449	31	14935.5587	533554.1978	526086.4185	8377173.937	8.377173937
4449	4450	32	17918.8947	551473.0925	542513.6452	8919687.582	8.919687582
4450	4451	33	15065.6488	566538.7413	559005.9169	9478693.499	9.478693499
4451	4452	34	19089.3391	585628.0804	576083.4109	10054776.91	10.05477691
4452	4453	35	15518.4383	601146.5187	593387.2996	10648164.21	10.64816421
4453	4454	36	16552.9231	617699.4418	609422.9802	11257587.19	11.25758719
4454	4455	37	14834.8633	632534.3051	625116.8734	11882704.06	11.88270406
4455	4456	38	16535.7758	649070.0809	640802.193	12523506.26	12.52350626
4456	4457	39	14197.1812	663267.2621	656168.6715	13179674.93	13.17967493
4457	4458	40	15194.6197	678461.8818	670864.572	13850539.5	13.8505395

4458	4459	41	13490.8574	691952.7392	685207.3105	14535746.81	14.53574681
4459	4460	42	14302.5765	706255.3157	699104.0275	15234850.84	15.23485084
4460	4461	43	13728.3411	719983.6568	713119.4863	15947970.32	15.94797032
4461	4462	44	13818.2239	733801.8807	726892.7688	16674863.09	16.67486309
4462	4463	45	121.102259	733922.9829	733862.4318	17408725.52	17.40872552
4463	4464	46	101.72342	734024.7064	733973.8447	18142699.37	18.14269937
4464	4465	47	98.910177	734123.6165	734074.1615	18876773.53	18.87677353
4465	4466	48	93.255491	734216.872	734170.2443	19610943.77	19.61094377
4466	4467	49	73.195582	734290.0676	734253.4698	20345197.24	20.34519724
4467	4468	50	60.929881	734350.9975	734320.5326	21079517.78	21.07951778

Fuente: Elaborado por los tesistas.

De acuerdo a la tabla anterior, se concluye que para satisfacer la demanda hídrica que requerida por las actividades Agrícola, Consumo humano, y pecuario.

5.4.6 ANALISIS DE EVENTOS EXTREMOS

5.3.5.1. CAUDALES MÁXIMOS

Para el análisis de los caudales máximos, se ha empleado metodologías indirectas, utilizando para ello, el registro de precipitación máxima en 24 horas de las estaciones de Yauri, Santo Tomás, Chincayllapa, Caylloma y Angostura; también se ha utilizado la precipitación media mensual a la altura media de la cuenca Huisillo. Las precipitaciones máximas en 24 horas y la precipitación máxima mensual en la cuenca, al ser sometidas a técnicas estadísticas hidrológicas han sido transformadas inicialmente a precipitaciones máximas para diferentes intervalos de retorno y posteriormente a intensidades máximas para diferentes periodos de retorno, mediante el uso de las distribuciones de Gumbel y Log Pearson Tipo III. De la misma forma, se analizaron las intensidades de lluvia para las diferentes duraciones y periodos de retorno.

Para el análisis y cálculo de los caudales máximos para la cuenca del río Huisillo, se ha hecho uso del Hidrograma Unitario Triangular - SCS, el cual hace uso de las características geomorfológicas de la cuenca, como, por ejemplo, pendiente del río, longitud del curso principal, superficie de la cuenca y el tiempo de concentración (tc). Asimismo, dicho método considera, el tiempo de concentración igual al tiempo de duración de la tormenta máxima, debido a que la cuenca en estudio no posee registros de duración de tormentas. De igual forma, se ha calculado el coeficiente de escorrentía superficial mediante el empleo de diferentes metodologías; finalmente,

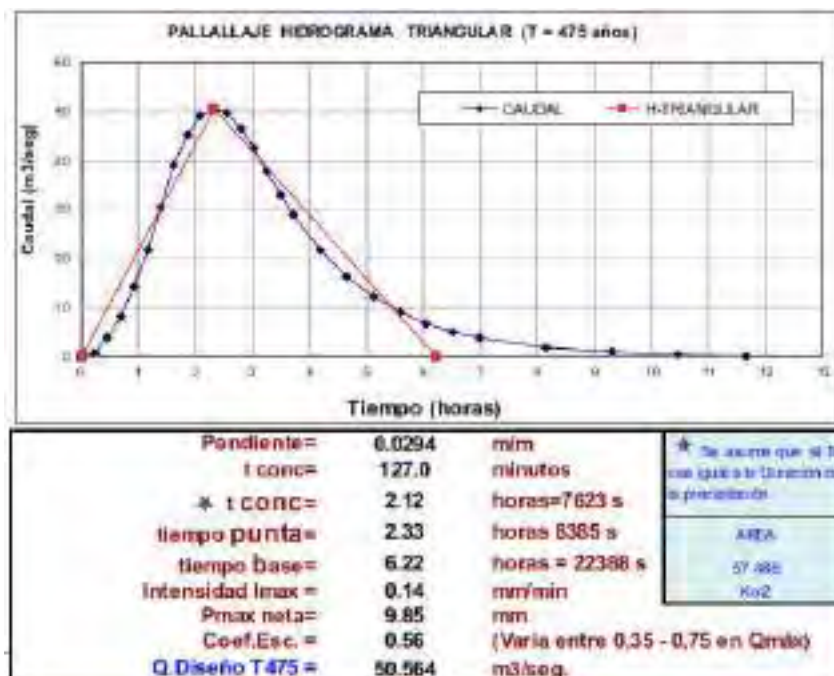
con la información y parámetros generados de la cuenca se hizo uso del Hidrograma Triangular–SCS y las distribuciones de extremos de Gumbel y Log Pearson Tipo III, los que dan como resultado al caudal máximo de la cuenca del río Huisillo, obteniéndose para distintos periodos de retorno ($t = 500$ años), los mismos que se pueden apreciar en la Tabla 5.21 E imagen 5.18.

Tabla N° 5.21: Registro de caudales máximos de ingreso a la presa Huisillo

N°	t/tp	Q/Qp	t	Q
1	0.0	0.000	0.00	0.000
2	0.1	0.015	0.23	0.758
3	0.2	0.075	0.47	3.792
4	0.3	0.160	0.70	8.090
5	0.4	0.280	0.93	14.158
6	0.5	0.430	1.16	21.742
7	0.6	0.600	1.40	30.338
8	0.7	0.770	1.63	38.934
9	0.8	0.890	1.86	45.002
10	0.9	0.970	2.10	49.047
11	1.0	1.000	2.33	50.564
12	1.1	0.980	2.56	49.553
13	1.2	0.920	2.80	46.519
14	1.3	0.840	3.03	42.474
15	1.4	0.750	3.26	37.923
16	1.5	0.650	3.49	32.867
17	1.6	0.570	3.73	28.821
18	1.8	0.430	4.19	21.742
19	2.0	0.320	4.66	16.180
20	2.2	0.240	5.12	12.135
21	2.4	0.180	5.59	9.102
22	2.6	0.130	6.06	6.573
23	2.8	0.098	6.52	4.955
24	3.0	0.075	6.99	3.792
25	3.5	0.036	8.15	1.820
26	4.0	0.018	9.32	0.910
27	4.5	0.009	10.48	0.455
28	5.0	0.004	11.65	0.202
29	5.0	0.000	11.65	0.000
30	5.0	0.000	11.65	0.000
31	5.0	0.000	11.65	0.000
32	5.0	0.000	11.65	0.000
33	5.0	0.000	11.65	0.000
34	5.0	0.000	11.65	0.000
35	5.0	0.000	11.65	0.000
36	5.0	0.000	11.65	0.000

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Imagen N° 5.18: Hidrograma de entrada con el caudal máximo de diseño del río Huisillo



Fuente: Elaborado por los testistas.

En la tabla 5.22 siguiente se tiene en resumen los caudales generados para diversos periodos de retorno, siendo recomendado para presas de esta envergadura utilizar periodos de retorno por encima de 500 años. Para nuestro caso se ha tomado este criterio.

Tabla N° 5.22: Caudales Máximos para Diferentes Periodos de Retorno Cuenca del rio Huisillo

CAUDALES MAXIMOS CUENCA DEL RIO HUSILLO				
T Años	Ir mm/min	Pr mm	Qt m3/S	METODO HIDROGRAMA UNITARIO TRIANGULAR S.C.S PARA DISTINTOS PERIODOS DE RETORNO
1.01	0.074	9.415	27.057	
2	0.093	11.804	33.924	
5	0.103	13.092	37.627	
10	0.109	13.884	39.901	
25	0.117	14.834	42.632	
50	0.122	15.513	44.582	
100	0.127	16.169	46.47	
500	0.139	17.64	50.696	
1000	0.144	18.257	52.47	
5000	0.155	19.665	56.516	
10000	0.159	20.263	58.234	

$\ln | 100 = - 0.4926 \times \ln t - 0.3250,$
 $Pr = I \times t = 16.17 \text{ mm},$
 $C = 0.56; t = 2.12 \text{ h},$
 $\text{Área} = 57.468 \text{ km}^2$

Fuente: Elaborado por los testistas.

5.3.5.2 CAUDALES DE DISEÑO

Uno de los requisitos indispensables de un diseñador de obras hidráulicas, es conocer el caudal de diseño, y para diseñar para infraestructuras que presenten menor riesgo en su construcción como por ejemplo bocatomas, sifones, obras de arte estándar entre otras, se está adoptando periodo de retorno de $T=105$ años. Con esta premisa, se está considerando una vida útil de 30 años y un riesgo de falla del $R = 25 \%$ para infraestructuras de menor riesgo o costo; sin embargo, para diseñar infraestructuras que presenten mayor riesgo en su construcción como por ejemplo represas y/o presas, se está adoptando periodo de retorno de $T=475$ años, la misma que considera una vida útil de 50 años y un riesgo de falla del $R = 10 \%$ para infraestructuras de mayor riesgo o costo. Del análisis realizado para los caudales máximos de diseño de la cuenca del río Huisillo para infraestructuras de menor y mayor riesgo se muestran en la Tabla N° 5.23 y Tabla N° 5.24, donde se puede apreciar que la columna 2 representa la vida esperada y/o vida útil del proyecto, en la columna 3 se muestra el riesgo de falla en porcentaje, en la columna 4 se muestra el tiempo de retorno en años para cada vida útil y riesgo de falla; y en la columna 5 se muestran los caudales de diseño para cada vida útil (en años), riesgo de falla (%) y para cada tiempo de retorno (años) del proyecto.

Tabla N° 5.23: Caudales Máximos de Diseño para un Periodo de Retorno de 105 Años cuenca del Rio Huisillo.

ITEM	VIDA ESPERADA DEL PROYECTO y/o VIDA UTIL (AÑOS)	RIESRGO DE FALLA (%)	TIEMPO DE RETORNO (T) (AÑOS)	PROBABILIDAD (P) ($P=1/T$) (%)	CAUDAL DE DISEÑO (M3/S)
1	20	25	70	0.0142857	45.505
2	25	25	87	0.0114943	46.095
3	30	25	105	0.0095238	46.601
4	40	25	140	0.0071429	47.369
5	50	25	174	0.0057471	47.945
	CAUDAL DE DISEÑO PROPUESTO				

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Tabla N° 5.24: Caudales Máximos de Diseño para un Periodo de Retorno de 475 Años cuenca del Rio Huisillo.

ITEM	VIDA ESPERADA DEL PROYECTO y/o VIDA UTIL (AÑOS)	RIESRGO DE FALLA (%)	TIEMPO DE RETORNO (T) (AÑOS)	PROBABILIDAD (P) ($P=1/T$) (%)	CAUDAL DE DISEÑO (M3/S)
1	20	10	190	0.00526	48.177

2	25	10	238	0.00420	48.769
3	30	10	285	0.00351	49.24
4	40	10	380	0.00263	49.987
5	50	10	475	0.00211	50.564
CAUDAL DE DISEÑO PROPUESTO					

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

BALENCE HIDRICO.

Pare ello se ha hecho una comparación entre Oferta de agua (capacidad de almacenamiento) VS la Demanda de agua total (agrícola, Poblacional y otros).

5.5 DEMANDA DE AGUA

5.5.1 DEMANDA AGRÍCOLA

Es la actividad que mayor demanda genera de la disponibilidad; hacia la parte baja de la cuenca, existen dos áreas beneficiarias de mayor interés sector Allhuacchuyo con 502 ha y el sector Asanta - Santo Tomás con 1929 ha. Para estas áreas agrícolas se ha estimado el Kc o cedula de cultivo tomando como referencia al Dr. Walter Olarte Urtado, (principios de irrigación), que para un riego tecnificado, eficiencia del 75%, Tiempo de riego de 18 horas, un módulo de riego máximo para el sector de Allhuacchuyo es de 0.49 l/s/ha (Agosto) y un módulo de riego máximo para el sector Asanta Santo Tomás de 0.46 l/s/ha (Agosto). En conjunto, toda el área con potencial para irrigar llega a 2431.0 ha netas.

Tabla 5.25: Demanda agrícola cuenca Huisillo

MES	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL
DEMANDA l/s	1,117	1,134	1,083	1,063	890	221	0	0	0	458	988	1,050	
DEMANDA MMC	2.17	2.28	2.11	2.14	1.73	0.44	0.00	0.00	0.00	0.89	1.98	2.11	15.85

Fuente: MINAGRI.

5.5.2 DEMANDA PECUARIA

De acuerdo al Reglamento Nacional de Construcciones (RNC), las dotaciones para animales de cría (ganado vacuno, caballerizas, porquerizas, granjas y similares) está dado por:

Tabla N° 5.26: Dotación de Agua para animales en el Proyecto

ALOJAMIENTO ANIMAL	DOTACIÓN (l/s)
Ganado Lechero	120 l/día por animal
Bovino y Equinos	40 l/día por animal
Ovino y Porcinos	10 l/día por animal
Aves	20 l/día por cada 100 aves

Fuente: RNC.

Según la Oficina de Desarrollo Económico de la municipalidad de Chumbivilcas, A nivel de la Cuenca de las comunidades beneficiarias dentro del proyecto, para ganado vacuno, se tiene la cantidad de cabezas y su requerimiento de agua según tabla 5.27.

Tabla N° 5.27: Dotación Pecuaria en el Proyecto

GANADO	CANTIDAD ACTUAL (Cabezas)	POBLACION FUTURA (2031)	DOTACIÓN (l/día por Animal)	REQUERIMIENTO (l/s)
Vacuno	1515	3145	120	4.37
TOTAL	1515	3145	120	4.37

FUENTE: Oficina de Desarrollo Económico Municipalidad Provincial de Chumbivilcas.

Tabla 5.28: Demanda Pecuaria cuenca Huisillo

MES	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	TOTAL
DEMAND A l/s	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	4.37	
DEMAND A m3/mes	8491.39	8774.44	8491.39	8774.44	8491.39	8774.44	8774.44	7925.30	8774.44	8491.39	8774.44	8774.44	103311.94

5.5.3 DEMANDA POBLACIONAL

El crecimiento poblacional de la ciudad de Santo Tomás según el censo del año 2007 tiene una población actual de 15,026 habitantes. Para efectuar los cálculos para el año 2031 como una

proyección futura del 1.032% de tasa de crecimiento se ha calculado una población de 24,101 habitantes. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) utiliza la siguiente expresión para hallar la población futura.

$$P_f = P_a \left(\frac{100 + P}{100} \right)^N$$

Dónde:

Pf: Población Final

Pa: Población actual

P: Porcentaje de aumento anual

N: Número de años

Grandes ciudades 2,7% Pequeñas ciudades 3,0% Pueblos y aldeas 2,2%

Con la población proyectada para el año 2031 a partir del año 2016 (vida útil 16 años), la población proyectada será de 24,101 habitantes y considerando la dotación diaria de 100 l/persona/día, el caudal requerido será 20 l/s. Por lo tanto, la demanda poblacional se puede apreciar en la Tabla siguiente:

Tabla N° 5.29: Dotación Poblacional del Proyecto.

N°	Población actual	Población futura (2031)	Dotación (l/habitante/día)	Requerimiento (l/s)
Habitantes	15026	24101	100	17.39
Sub total	-	-	-	-
Otros (15%)	-	-	-	2.61
TOTAL	15026	24101	100	20

FUENTE: Elaboración Propia.

La OMS considera que la cantidad media óptima de agua para consumo doméstico humano es de 100 litros por habitante y por día.

Finalmente en la siguiente tabla se presenta de manera resumida, la demanda de agua para la actividad agrícola, pecuaria y poblacional.

Tabla N° 5.30: Resumen de la demanda.

DEMANDA	REQUERIMIENTO	UNIDAD
AGRICOLA	3350.19	m3/ Mes
GANADOS	4.37	l/s
POBLACIONAL	20	l/s

Fuente: Elaboración Propio.

5.6. BALANCE HIDRICO

5.6.1 BALANCE HÍDRICO DEL PROYECTO

Al observar la Tabla siguiente y la Figura, la oferta hídrica proviene de la regulación mensual de la presa Huisillo como oferta hídrica y la demanda hídrica considera el gasto mensual en el uso agrícola, poblacional, en la pérdida por infiltración y pérdida por evaporación, la misma que satisface plenamente las demandas del proyecto; sin embargo, existe un superávit del recurso hídrico en los meses de máxima demanda.

Tabla N° 5.31: Balance Hídrico en Base al Reglamento de la Presa Huisillo.

Meses	OFERTA HIDRICA (l/s)				DEMANDA HIDRICA (l/s)											Superávit y/o Déficit
	Presa Regulada (MMC)	Presa Regulada (l/s)	Total (l/s)	oferta	Agrícola	Agrícola	Poblacional (l/s)	Población	Pecuario	Pecuario	Infiltración (l/s)	Infiltración	Evaporación (l/s)	Evaporación	TOTAL DEMANDA	
					(l/s)	m3/mes		l/s	m3/mes	m3/mes		m3/mes		m3/mes	m3/mes	
JUL	10,786,313.27	4,027	4,027	8,089,735	1,117	2,243,830	20	53568	4.37	11704.608	3	8035.2	16	42854.4	2,359,992	8,426,321
AGO	8,386,815.06	3,131	3,003	6,032,426	1,134	2,277,979	20	53568	4.37	11704.608	3	8035.2	18	48211.2	2,399,498	5,987,317
SET	6,163,864.02	2,378	2,325	4,519,800	1,083	2,105,352	20	51840	4.37	11327.04	3	7776	18	46656	2,222,951	3,940,913
OCT	3,906,990.61	1,459	1,548	3,109,622	1,063	2,135,354	20	53568	4.37	11704.608	3	8035.2	18	48211.2	2,256,873	1,650,117
NOV	2,059,231.57	794	945	1,837,080	890	1,730,160	20	51840	4.37	11327.04	3	7776	18	46656	1,847,759	211,473
DIC	1,512,516.56	565	1,005	2,018,844	221	443,945	20	53568	4.37	11704.608	3	8035.2	11	29462.4	546,715	965,802
ENE	1,417,781.56	529	2,648	5,319,302	0	0	20	53568	4.37	11704.608	3	8035.2	8	21427.2	94,735	1,323,047
FEB	1,327,376.05	549	4,482	8,132,141	0	0	20	48384	4.37	10571.904	3	7257.6	10	24192	90,406	1,236,971
MAR	17408725.52	6,500	5,787	11,624,926	0	0	20	53568	4.37	11704.608	3	8035.2	13	34819.2	0	17,408,726
ABR	17,408,725.52	6,716	5,787	11,249,928	458	890,352	20	51840	4.37	11327.04	3	7776	19	49248	0	17,408,726
MAY	15,302,512.12	5,713	5,382	10,811,362	988	1,984,694	20	53568	4.37	11704.608	3	8035.2	18	48211.2	2,106,213	13,196,299
JUN	13,146,305.08	5,072	4,717	9,169,848	1,050	2,041,200	20	51840	4.37	11327.04	3	7776	17	44064	2,156,207	10,990,098

El balance hídrico considera la oferta hídrica regulada, y la demanda hídrica considera la agrícola, poblacional, infiltración y Evaporación.

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Imagen N° 5.19: Variación de niveles Mensuales de Operación de la Presa Huisillo



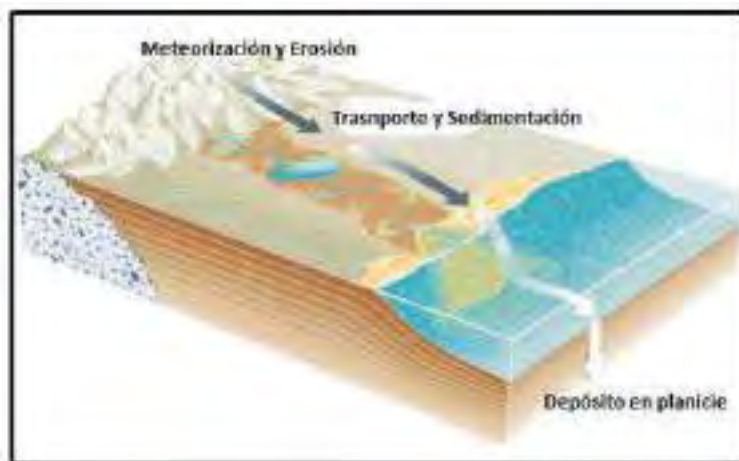
Fuente: Elaborado por los tesistas.

El balance hídrico de la presa Huisillo en función a su volumen de regulación, expresado en la gráfica y tabla anterior, indican que el volumen de almacenamiento requerido para satisfacer las necesidades de demanda hídrica a nivel de todo el año es de 17'408,725.52 m³, disponibilidad que se da para los meses de Marzo y Abril (presa llena), a partir de allí, el volumen de almacenamiento comienza a disminuir continuamente satisfaciendo las necesidades consuntivas hasta el mes de Noviembre donde finalmente la presa llega a su nivel más bajo de 211 473 m³, para nuevamente recibir las primeras lluvias de Diciembre recuperando su volumen de almacenamiento. Finalmente con la construcción de la Husillo, permitirá que la oferta hídrica satisfaga positivamente la demanda planteada durante todo el año.

5.7 TRANSPORTE DE SEDIMENTOS:

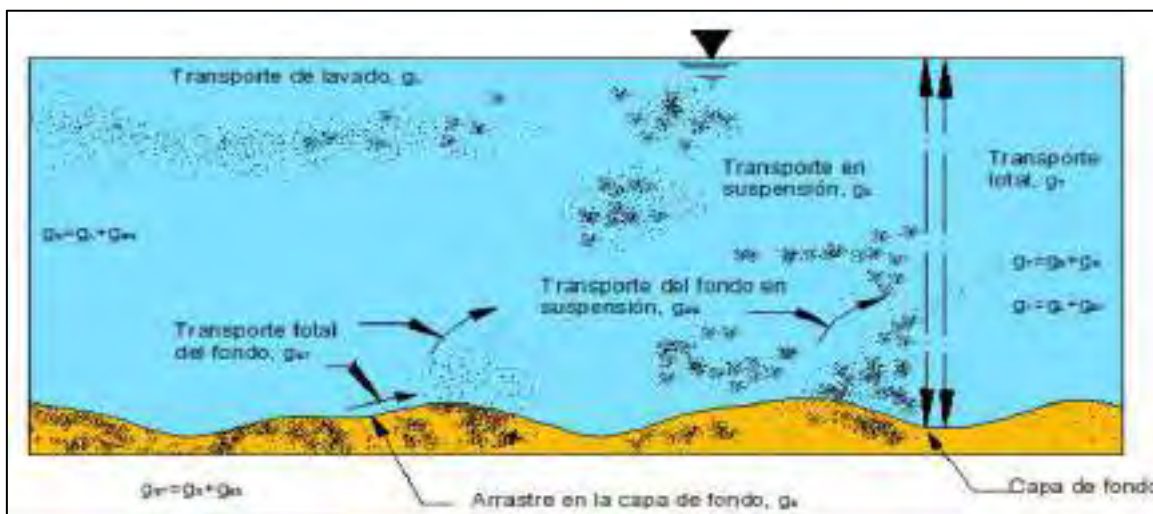
El transporte de sedimento es un fenómeno complejo, el cual indica la cantidad, naturaleza, y propiedades de los materiales disponibles para el transporte, y la otra la capacidad del sistema hidráulico para hacerlo, para lo cual se realiza cálculos de arrastre de sedimentos, con lo cual podremos deducir el grado de riesgo de colmatación y recomendar algunos obras civiles de disipación y sedimentadores ubicados aguas arriba de nuestro vaso de almacenamiento, para nuestra cuenca de estudio usamos el método de Schoklitsh.

Imagen N° 5.20: Descripción del transporte de sedimentos, adaptado.



Fuente: Eder Cuellar, 2012.

Imagen N° 5.21: Tipos de transporte de sedimentos, adaptado.



Fuente: Maza.1996

5.7.1 Método de Schoklitsch

En el año 1914 propuso una primera fórmula para evaluar el arrastre de fondo, la que modificó reiteradas veces hasta que en 1950 fue puesto a conocer en su versión final:

Para $D_{40\%} \geq 0.003 \text{ m}$

$$g_B = 2500 * S^{2/3} * (v S^{7/6} - 19.05 r_{vc}^{3/4} \Delta^{5/3} D^{3/2})$$

Donde:

g_B = Transporte unitario de sedimentos expresado en peso seco (Kg/s.m).

D = Diámetro de las partículas (m).

S = Pendiente del fondo del canal.

q = Caudal unitario ($m^3/s.m$)

τ_{*c} = Parámetro adimensional de Shields.

Δ = Densidad relativa de la partícula.

Tabla 5.32: procedimiento para transporte de sedimento

$g_B =$	31.9327269	kg.f/s.m		GB	629.69 kg.f/s
constante	2500			Realizando la conversión a m^3/s	
S	0.0294	m/m		GB	0.29 m^3/s
q	2.538	$m^3/s/m$		El cual realizamos la conversión para un año de arrastre de finos.	
constante	0.26			El volumen de arrastre de sedimentos para la cuenca de estudio es:	
$\Delta =$	1.17			1755.87 $m^3/año$	
$D_i = D40\%$	0.0035	m			
GB= $g_b \cdot B$					
GB	629.69	Kg.f/s			
$g_B =$	31.933	kg.f/s.m			
B	19.7	m			
B: ancho medio					

Fuente: Elaborado por los tesistas.

Interpretación:

Viendo los resultados obtenidos a través del método de Schoklitsch, se puede decir que la cuenca Huisillo tiene una capacidad de arrastre de sedimentos de fondo $G_b = 629.69 \text{ kg.f/s}$; convirtiendo este valor a m^3/s , en base al peso específico del material, nos da un valor de $0.29 \text{ m}^3/s$, finalmente, de acuerdo al estudio hidrológico se infiere que en los periodos de lluvia (enero, febrero y marzo) existan 15 frecuencias de lluvias de intensidad máxima 8.40 mm/h , equivalente a un caudal pico máximo de diseño de $50 \text{ m}^3/s$; generando el volumen de arrastre de 1755.87 que ingresa al año.

5.8 HIDROGEOLOGIA

La hidrología subterránea caracteriza el subsuelo según el grado de infiltración, con el cual se determina el tipo de acuíferos constituyentes dentro del área de estudio, cuya recarga obedece

a las condiciones de precipitación y permeabilidad del suelo y basamento rocoso y fundamentalmente las características estructurales.

En las cuales caracterizaremos los acuíferos, acuitardo y acuífugos, según al tipo de material en base a la geología local y los ensayos de permeabilidad distribuidos en el vaso y eje de la presa.

5.8.1 HIDROQUIMICA

DIAGRAMAS HIDROQUÍMICOS

Los datos hidroquímicos pueden analizarse mediante diferentes tipos de representaciones, ya sean de uso general, como los gráficos de barras o tortas, o específico, como los (diagramas o mapas hidroquímicos). Para el caso nuestro se ha utilizado los diagramas de Stiff, Piper Hil, y Relación de Absorción de Sodio “RAS”.

Facies Hidroquímica

Teniendo como resultado de la muestra de agua del río Huisillo, se ha evaluado las concentraciones de los componentes iónicos mayoritarios en el agua, como los cationes (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+) y aniones Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} y CaCO_3^- . Los resultados de análisis físico químico, fueron procesados en el programa EASY- QUIM. V5.0 (Autor: Enric Vázquez Suñé, 2012) en número de 01 muestras más representativas del ámbito de estudio.

Imagen 5.22: Presentación del programa Easy Quim v5.0, para la construcción de los diagramas de hidrogeoquímicos.



La finalidad de estos análisis, es dar una mejor interpretación de su posible origen o procedencia del agua subterránea (interacción agua roca), así como su calidad para posibles usos.

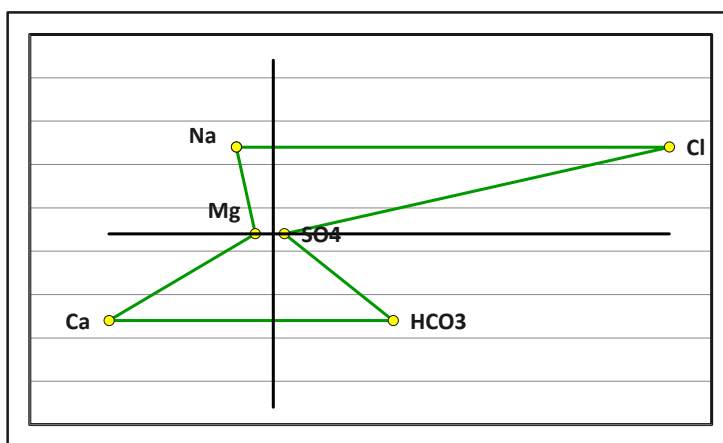
Diagrama de Stiff:

Es una representación gráfica, que muestran sintéticamente las características químicas principales del agua, facilitando su clasificación. En la imagen 5.23, se observa el diagrama de Stiff para esta fuente analizada, que tiene origen a manantes ubicados en todo el curso del río Huisillo

Interpretaciones

Las aguas subterráneas de la del ámbito del distrito, son principalmente del tipo clorurada cálcica. Estos valores indican que se encuentren dentro del grupo con valores iguales a meq/l. Son por lo general, aguas jóvenes de recorrido local, con valores de conductividad eléctrica que va 324.50 μ S/cm, que indica aguas jóvenes de corto tiempo de contacto con los suelos y rocas del área de estudio. La presencia de calcio, indica origen; origen volcánico por la presencia de plagioclasas, el cual en su alteración y descomposición aportan Ca y Na, la presencia de cloro, indica un origen meteórico, producto también de la descomposición de cobertura vegetal de humedal.

Imagen N° 5.23, Diagramas de Stiff para origen de aguas subterráneas río Huisillo, altura del eje de la presa



Fuente: elaborado por los tesisistas.

Cuadro 5.34: clasificación de las aguas por iones dominantes

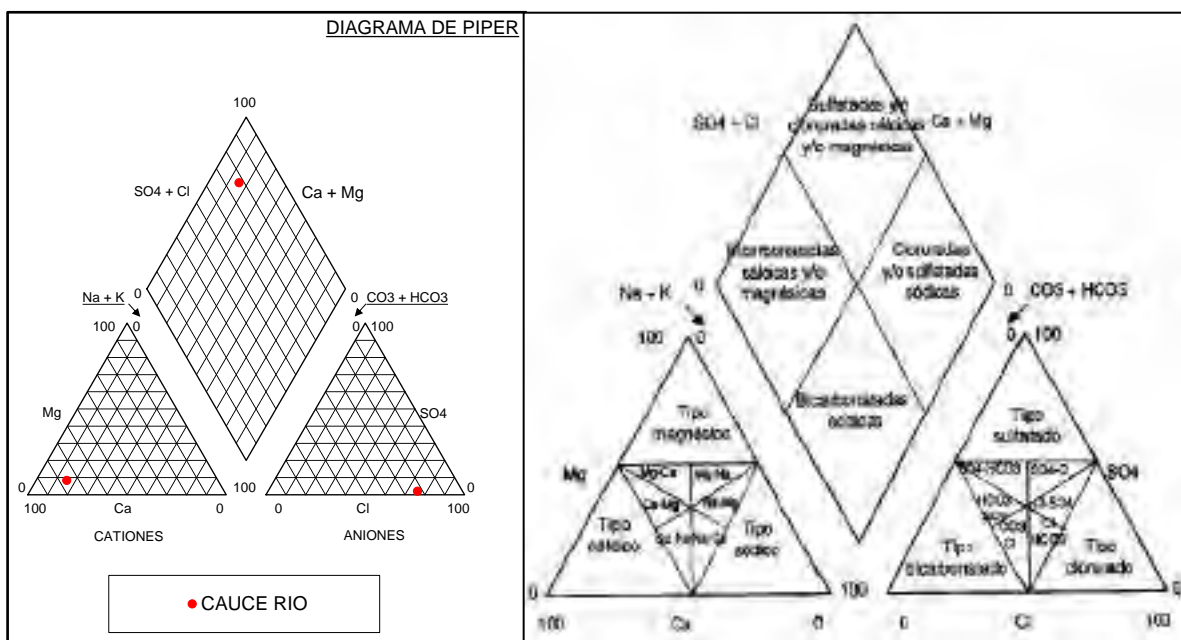
Rio	CatiónAnión	Tipo de agua
M - 1	$\text{Ca}^{++} > \text{Na}^+ > \text{Mg}^{++} > \text{K}^+ \dots\dots \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^- > \text{SO}_4^-$	Clorurada cálcica

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Diagrama de Piper Hil:

De acuerdo al diagrama triangular de Piper, la calidad deL AGUA del rio Huisillo, es aguas de naturaleza Clorurada cálcica.

Imagen N° 5.24: Diagrama de Piper Hil de origen de agua



Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Interpretación

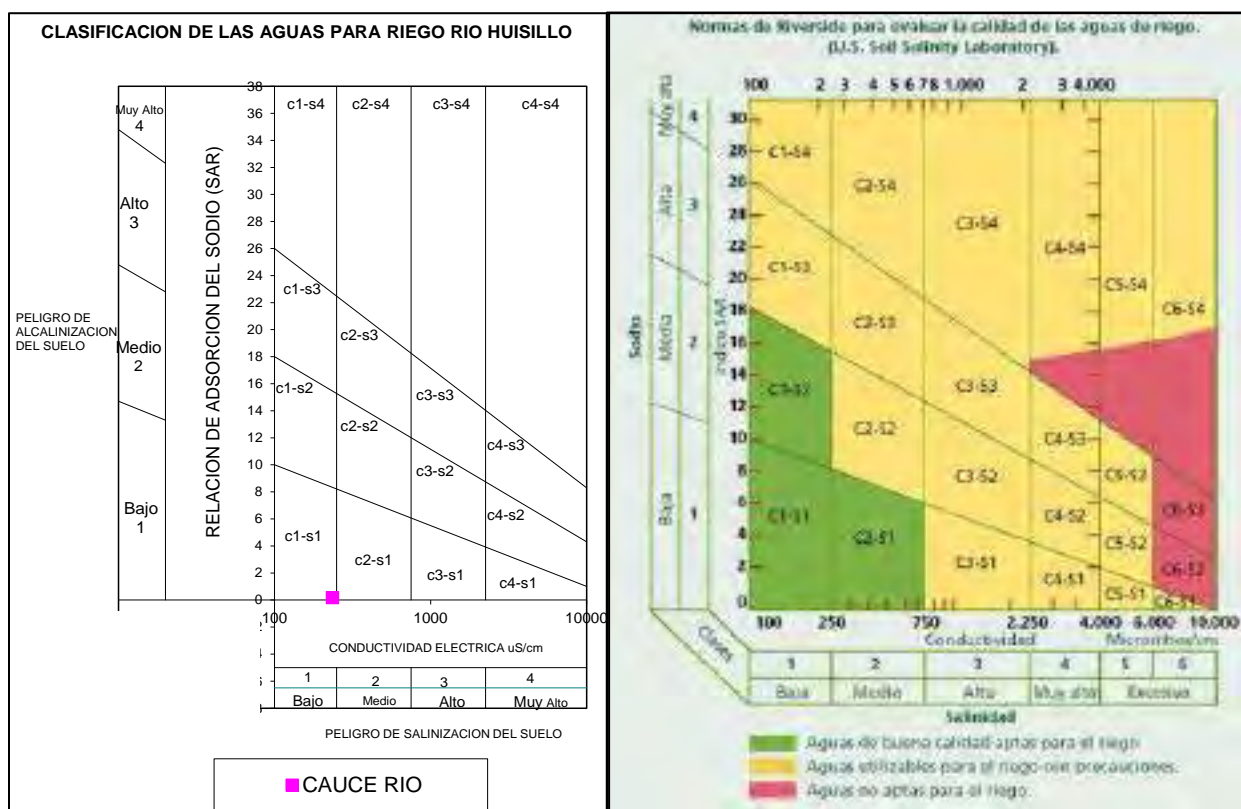
Considerando que las predominancias químicas de cationes y aniones dominantes, a través del diagrama de Piper. Nos indica que las aguas de origen natural, en las que hay un predominio de cloro, que son aguas de origen meteórico de corto recorrido a nivel de acuíferos superficiales, así como las fuentes de cálcica que también indican un corto recorrido, debido a la presencia de componentes iónicos bajos de las aguas del lugar.

1. Interpretación De Los Resultados Aptitud De Riego RAS.

A partir de los datos de CE y RAS se establece una clasificación del agua según las Normas De Riverside para evaluar la calidad de aguas de riego (U.S. Soil Salinity Laboratory), que es un método fundamental para evaluar la calidad de las aguas de riego, se tiene los resultados siguientes.

Imagen 5.25: Diagrama de Relación De Absorción de Sodio RAS

Imagen 5.26: Diagrama de Relación De Absorción de Sodio RAS



Fuente: Elaborado por los testistas.

Interpretación:

Las aguas del Río Huisillo, pertenecen a la clase C1-S1, es un agua con baja salinidad, apta para el riego en todos los casos. Pueden existir problemas solamente en suelos de muy baja permeabilidad; así mismo, es un agua con bajo contenido en sodio, apta para el riego en la mayoría de los casos. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio.

5.8.2 IDENTIFICACION DE UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

Geológicamente la zona de emplazamiento de eje de represa, como el vaso de almacenamiento, presentan como basamento rocoso, roca volcánica de la formación Allpabamba, de naturaleza Riolita y andesita; sobre ello se tienen depósitos inconsolidados de diverso origen, entre los que destacan las Morrenas, palustres, coluviales, aluviales y fluviales. En ese marco, para determinar sus condiciones de acuífero o no se han realizado pruebas de infiltración superficiales (Lefranc) de carga variable, como profundas (Lugeón) carga constante.



Foto N°5.2 y 5.3: Pruebas de infiltración profundas, método de Lugeón en eje de la presa



Foto N°5.4 y 5.5: Pruebas de infiltración superficial, método de Carga Constante a bordes de zona de inundación

5.8.2.1 PRUEBAS DE INFILTRACIÓN:

Si bien en los acápite de geotecnia descritos más adelante, se describe ampliamente este trabajo, para el presente acápite se presenta la tabla resumen de estos ensayos de tipo superficial como profundas, así como su calificativo producto de la comparación de valores con la tabla

convencional de permeabilidad de Benítez 1993 y Custodio Llamas 1996), para denominarlas Acuíferos, Acuitardos o Acuícludo.

Tabla 5.33: Clasificación de terrenos por la permeabilidad

Valores (m/día)	Permeabilidad										
	10 ⁻⁸	10 ⁻⁵	10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	1	10	10 ²	10 ³	10 ⁴
Calificación	Impermeable		Poco permeable		Algo permeable		Permeable		Muy permeable		
	Acuícludo		Acuitardo		Acuífero pobre		Acuífero medio a bueno		Acuífero		
Tipo de Materiales	Arcilla compacta Granito		Limo arenoso Limo Arcilla Limosa		Arena fina Arena limosa Caliza fracturada		Arena limpia Grava Arena fina		Grava limpia		

Fuente: Hidrología subterránea. 2da. Edición (E. Custodio. M. R. Llamas 1983) pag 473.

Materiales:

Para la realización de estos ensayos, de Carga Variable se ha utilizado los materiales siguientes: Gps. tubo PVC 1.00 m / 2 plg., diámetro, comba y cincel, cronometro, balde, cinta métrica, ficha de anotes y cartel de ubicación.

Para la realización de la prueba de Lugeon, se ha utilizado el equipo de perforadora marca Ingetrol, con tubería HQ.



Foto N° 5.6: donde muestra el sistema del equipo, registrando los datos del ensayo de lugeon



Foto N° 5.7: donde muestra el sistema del equipo, registrando los datos del ensayo de lugeon

Resultados:

Tabla N° 5.34: Resultados de permeabilidad en suelos distribuidos en el área de estudio.

ENSAYO	CALICATA	PROF. m	COEFICIENTE PERMEABILIDAD K =	CALIFICACION	LITOLOGIA	DEPOSITO ORIGEN PARENTAL	ACUIFERO
P-1	V-1	0.2	1.29 E-02	Poco permeable	Arena limosa	Aluvial	Aurífero pobre
P-2	V-1	1.5	1.55 E-01	Altamente permeable	Lente Arenoso	Aluvial	Acuífero
P-3	V-2	1.5	3.83 E-03	Poco permeable	Arena limosa	Aluvial	Acuitardo
P-4	VASO	0.4	3.08 E-05	Impermeable	Capa edáfica	Palustre	Acuícludo
P-5	V-3	0.5	2.74 E-04	Poco permeable	Grava arcillosa	Aluvial	Acuitardo
P-6	V-3	2.7	1.41E-01	Altamente permeable	Grava limosa	Aluvial	Acuífero
P-7	V-4	0.3	4.70 E-05	Impermeable	Limo	Palustre	Acuícludo
P-8	VASO	0.3	3.36 E-05	Impermeable	Capa edáfica	Palustre	Acuícludo
P-9	V-5	2	4.00 E-04	Poco permeable	Grava limosa	Aluvial	Acuitardos
P-10	V-6	0.3	3.69 E-05	Impermeable	Limoso	Palustre	Acuícludo
P-11	V-8	2.5	1.35 E-04	Poco permeable	Grava limo arcillosa	Coluvio	Acuitardo
P-12	V-10	2	1.84 E-03	Semi permeable	Grava limosa	Aluvial	Acuitardo
P-13	C-4	0.3	3.47 E-01	Altamente permeable	Grava limosa	Coluvial	Acuífero
P-14	C-3	0.3	3.47 E-01	Altamente permeable	Grava limosa	Coluvial	Acuífero

Fuente: Elaborado por los testistas.

Tabla N° 5.35: Resultados de permeabilidad en Macizo rocoso distribuidos en el área de estudio.

ENSAYO	PROF. DESD E A	COEFICIENTE PERMEABILIDAD K =	CALIFICACION	LITOLOGIA	FORMACION	ACUIFERO
S-01	12.45 a 22.20 m	7.67E-03 -	Semi permeable	Andesita y Riolita	Volc. Alpacabamba	Acuitardos
S-02	13.30 – 50.0 m	1.62E-5 a 7.76E-05	Impermeable	Andesita y Riolita	Volc. Alpacabamba	Acuícludo
S-03	19.00 a 50.55m	1.76E-04 a 4.38E-05	Impermeable	Andesita y Riolita	Volc. Alpacabamba	Acuícludo

Fuente: elaborado por los tesisistas.

Interpretación de resultados.

Para Depósitos Cuaternarios

De los ensayos de permeabilidad realizados se concluye que los depósitos Coluvio aluviales constituidos por horizontes arenosos, arenas limosas, gravas areno arcillo limosas, presentan permeabilidades de $1.55 \text{ E-}01 \text{ cm/s}$ (Altamente permeables) a $1.35 \text{ E-}04 \text{ cm/s}$ (Poco permeable). Los depósitos Palustres, constituidos por horizontes limosos, presentan permeabilidades del orden de $3.08 \text{ E-}05$ a $4.70 \text{ E-}05$ (en todos los casos Impermeables); los depósitos Coluviales, constituidos por horizontes gravo limosos, presenta una permeabilidad de $3.47 \text{ E-}01$ (Altamente permeables); mientras que los depósitos Aluviales, constituido por gravas limosas, tienen una permeabilidad de $1.84 \text{ E-}03$ (Semi permeables).

Para Afloramientos Rocosos.

A nivel del macizo rocoso de la formación Alpacabamba, constituido por Andesitas y riolitas, sus rangos de permeabilidad, por el método de Lugeón, indican que esta unidad son de tipo Impermeable a profundidades desde los 12.45 a más, con rangos que van de $1.62 \text{ E-}03 \text{ cm/s}$ a $7.76 \text{ E-}05 \text{ cm/s}$.

5.8.2.2. DESCRIPCION DE UNIDADES HIDROGEOLOGICAS.

5.8.2.2.1 ACUIFEROS

Las principales unidades geológicas de la zona de estudio de la presa Huisillopunku proyectada, manifiestan condiciones hidrogeológicas apropiadas, para ser considerados como acuíferos, encontramos los siguientes.

Acuíferos porosos no consolidados, dentro esta clasificación se encuentran los depósitos Aluviales, Fluviales, Morrenas. Abarca una extensión de 150.70 ha dentro del área de estudio.

5.8.2.2.1.1. Acuífero de Depósito Fluvial

Estos depósitos inconsolidados presentan alta permeabilidad con valores mayores a $3.47E-01$ cm/s, ubicados en el lecho del río Huisillo, constituido por arenas, gravas y bolonería limpias.

5.8.2.2.1.2. Acuífero pobre Morrénico.

Son acuíferos pobres locales, de baja productividad, permeables, con rangos de permeabilidad que van de 10^{-1} a 10^{-2} cm/s, ubicados en la margen derecha media del vaso de almacenamiento.

5.8.2.2.1.2. Acuífero pobre Aluvial.

Son acuíferos pobres locales, de baja productividad, poco permeables, con rangos de permeabilidad que llega a $1.29 E-02$ cm/s, como el que se observa en el V-1 ubicados en zonas de terrazas bajas, a ambos márgenes del cauce del río.

5.8.2.2.2. ACUITARDOS

Dentro del área de estudio abarca una extensión de 45.6 ha dentro del área de estudio

5.8.2.2.2.1. Acuitardos de Deposito Eluvio-coluvial

El acuífero eluvio-coluvial, se presenta a la margen izquierdo del vaso, litológicamente presenta arena arcillosa con grava de forma angulosos, con rangos de permeabilidad que van de 10^{-3} a 10^{-4} , son de carácter superficial, que se desarrollan sobre basamento rocoso de la formación Alpbamba. Ocupan un área de 45.60 ha.

5.8.2.2.3. ACUICLUDOS.

Abarca una extensión de 94.54 ha dentro del área de estudio, se divide en:

Depósitos inconsolidados y consolidados

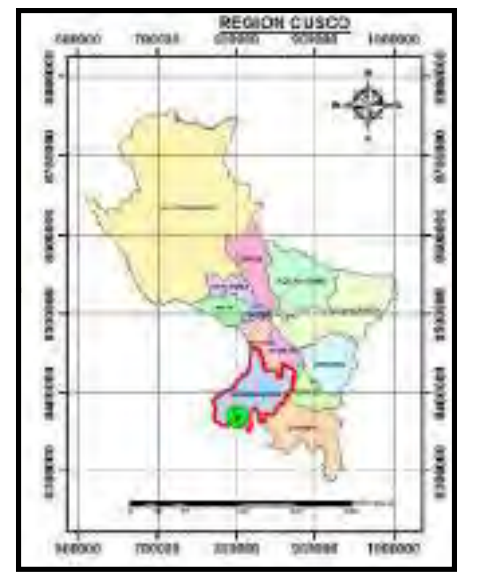
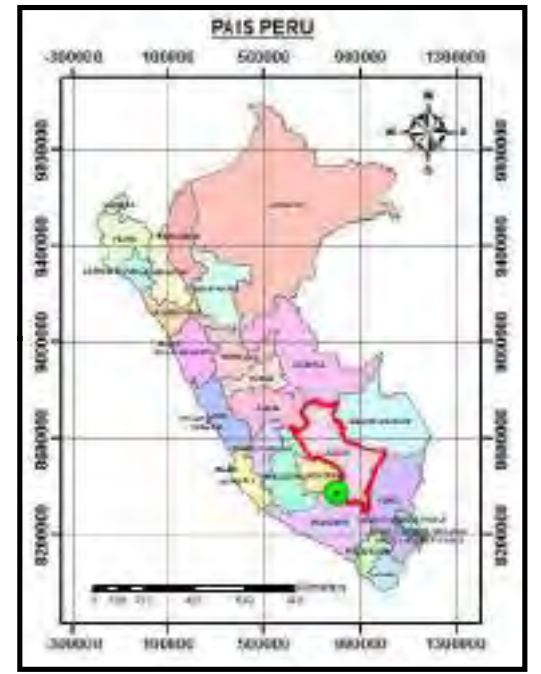
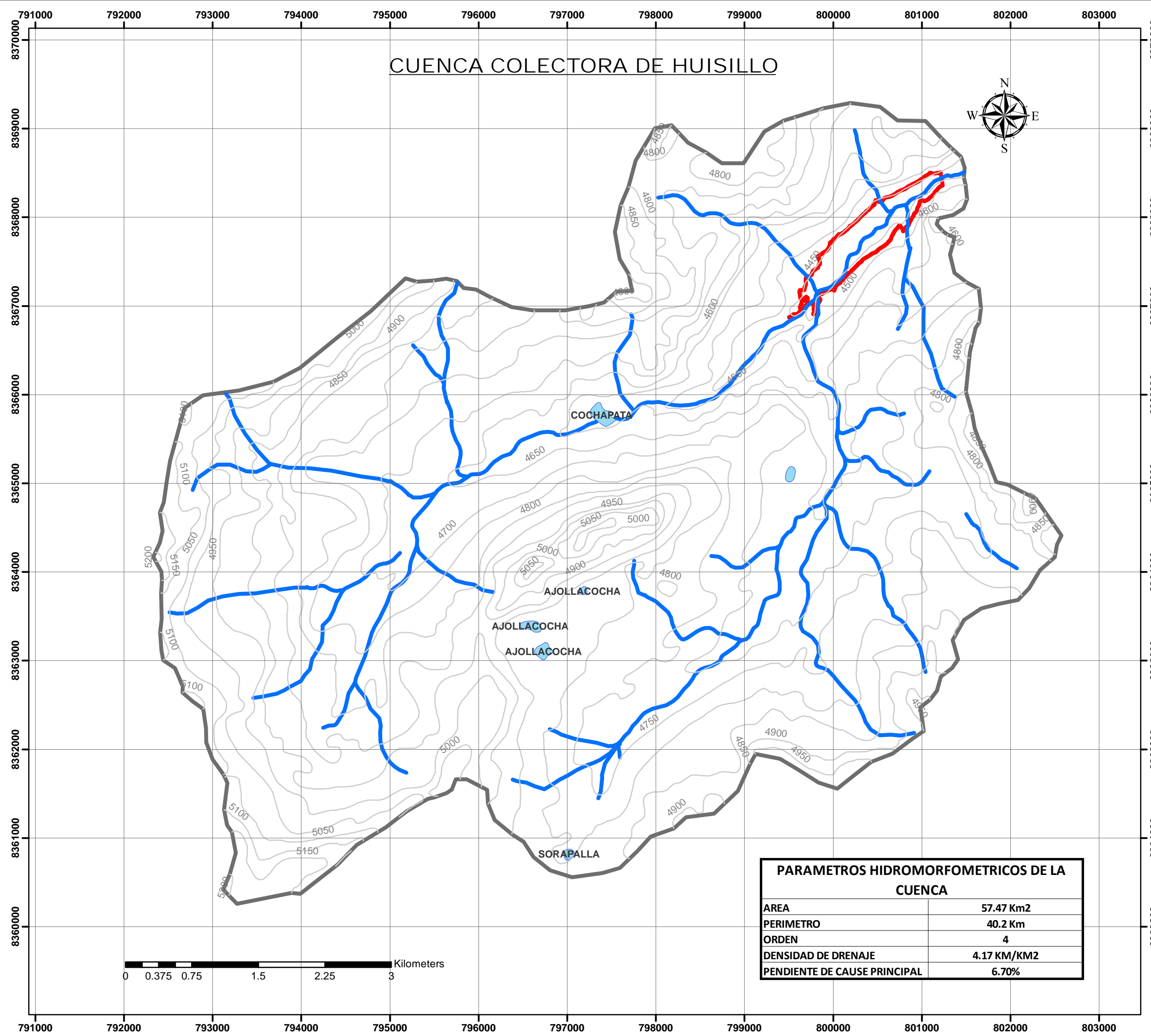
5.8.2.2.3.1. Acuícludo palustre:

Están constituidos por suelos limosos orgánicos, de color gris parduscos, con tasas de permeabilidad de $3.08E-05$ cm/s a $4.70 E-05$ cm/s, son materiales impermeables, muy locales y superficiales, que se encuentran en fondo de valle, en especial en el vaso de almacenamiento. Ocupan un área de 13.06 ha.

5.8.2.2.3.2. Acuícludo Alpbamba

El Acuícludo de Alpbamba, está conformado por rocas volcánicas de composición andesíticas y riolíticas, con presencia de fracturas argilizadas, rellenas con arcillas producto de la alteración de la plagioclasas, así mismo se ha observado presencia de relleno de fracturas con óxidos de hierro, producto de la alteración de los minerales ferromagnesianos. Esta unidad de macizo rocoso, presenta una permeabilidad del orden de $1.62E-05$ cm/s a $7.76E-05$ cm/s que alcanza a profundidades mayores a los 12.00m. (Ver tabla 5.35), ocupan una área de 81.48 ha.



CUENCA COLECTORA DE HUISILLO



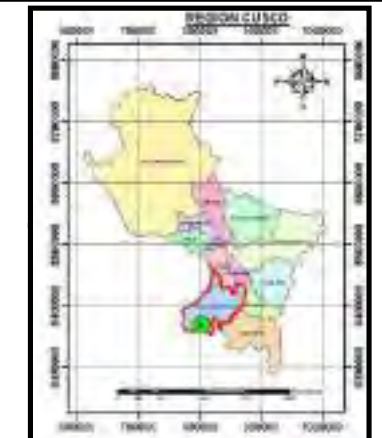
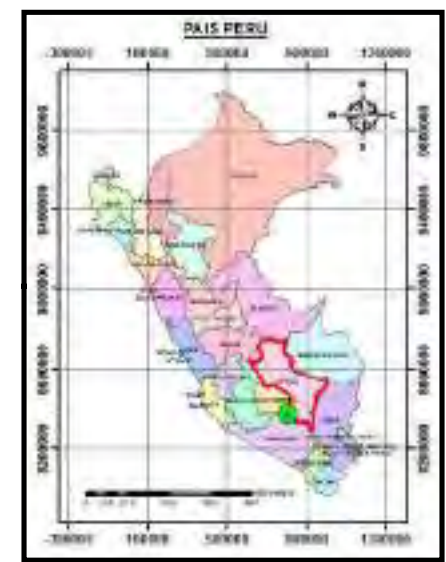
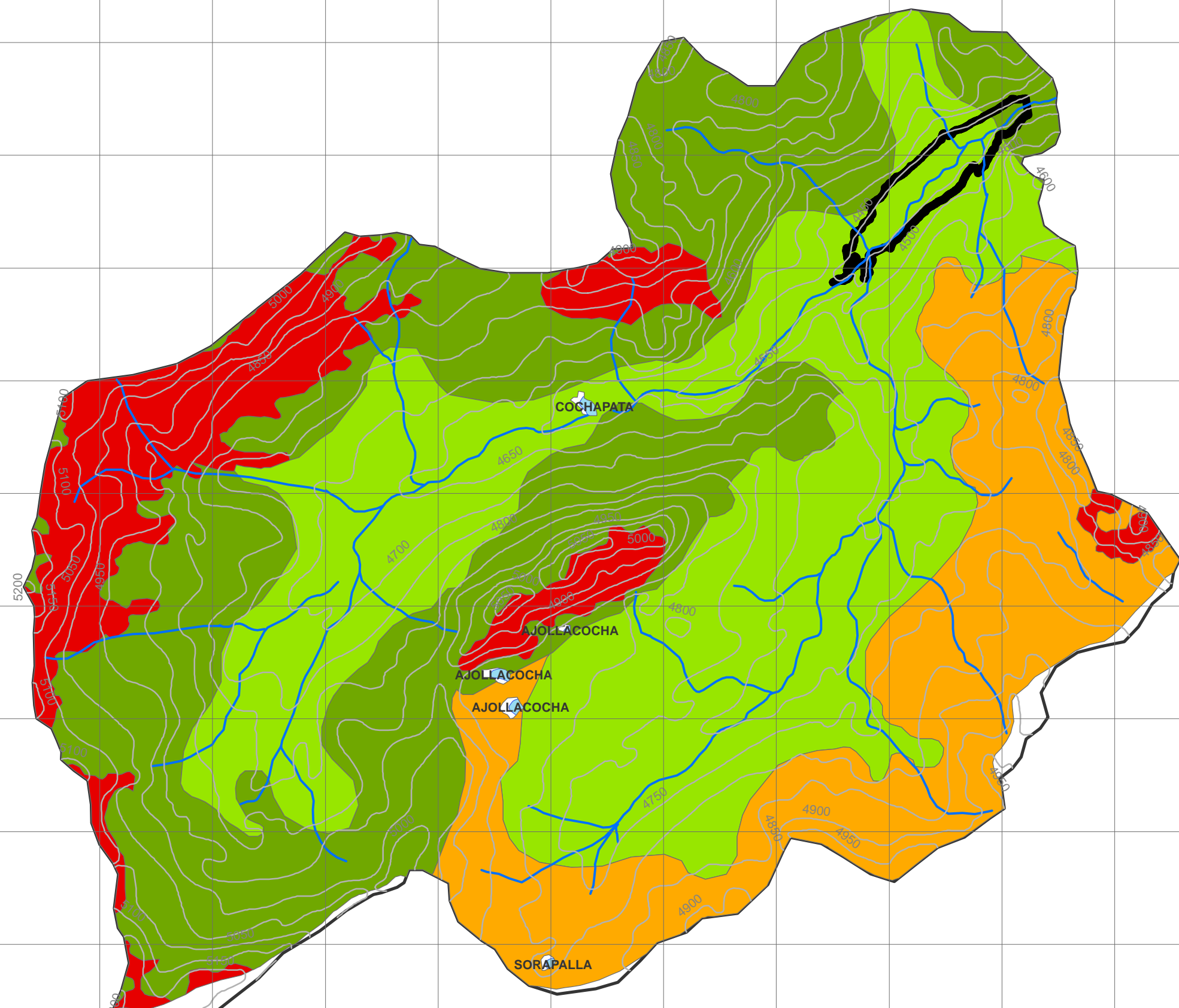
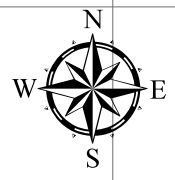
LEYENDA

- CURVAS DE NIVEL
- RIOS
- EMBALCE
- CUENCA

PARAMETROS HIDROMORFOMETRICOS DE LA CUENCA	
AREA	57.47 Km ²
PERIMETRO	40.2 Km
ORDEN	4
DENSIDAD DE DRENAJE	4.17 KM/KM ²
PENDIENTE DE CAUSE PRINCIPAL	6.70%

 UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
TEMA: "ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HUISILLOPUNKU - SANTO TOMAS"		
MAPA: "HIDROLOGICO"		
BACHILLERES: EDWIN GUTIERREZ QUISPE ROSMERY QUISPE LACUTA		ASESOR : ING. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA
UBICACION: LOC : HUISILLO DIST : SANTO TOMAS PROV: CHUMBIVILCAS DEP : CUSCO	ESCALA: 1:40,137 PROYECCION: UTM, WGS84 ZONA 18S	FECHA: AGOSTO-2022 FUENTE: PROPIO
M - 07		

MAPA DE USO DE SUELOS



SIMBOLOGIA

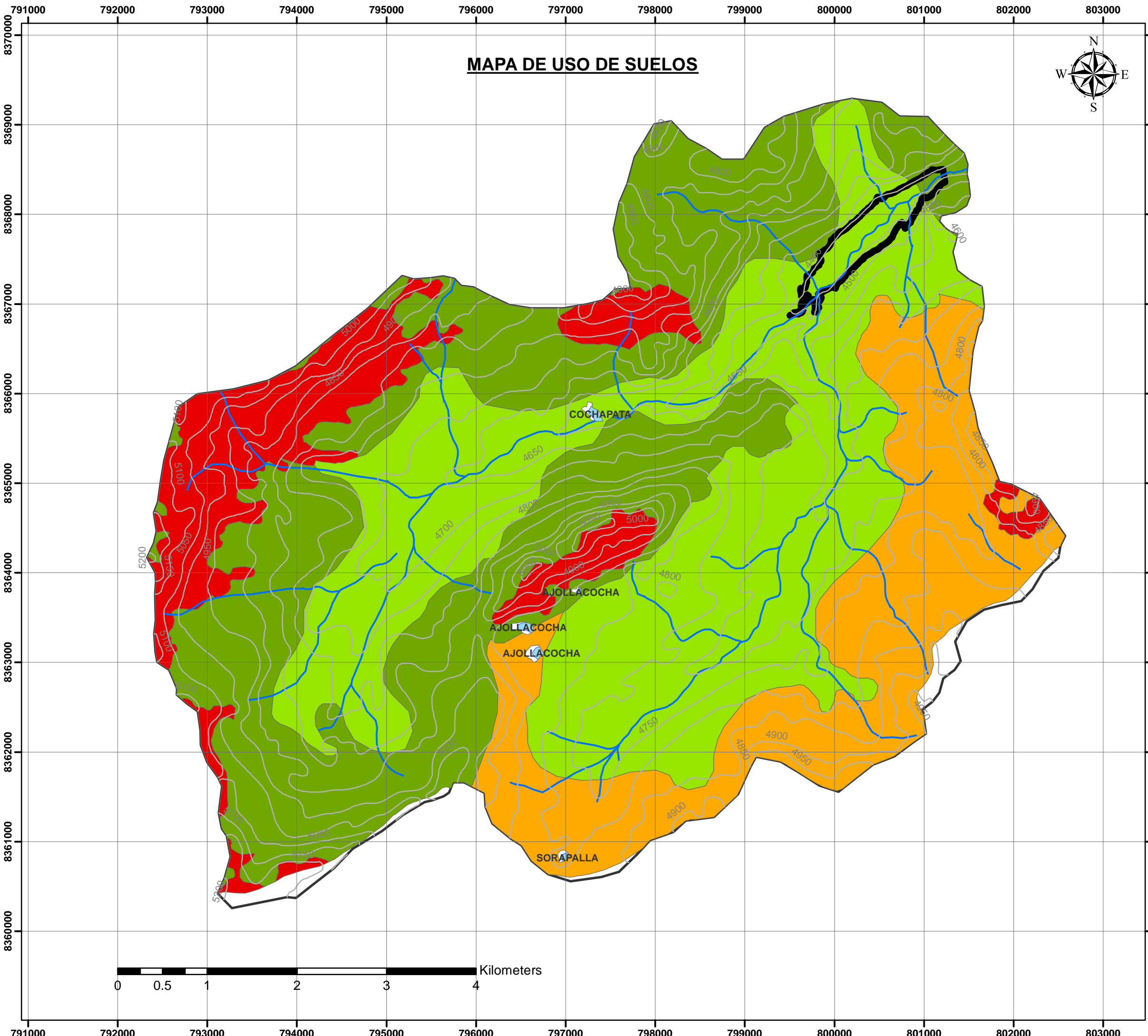
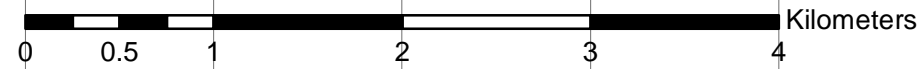
- CURVAS DE NIVEL
- RIOS
- EMBALCE
- CUENCA

LEYENDA

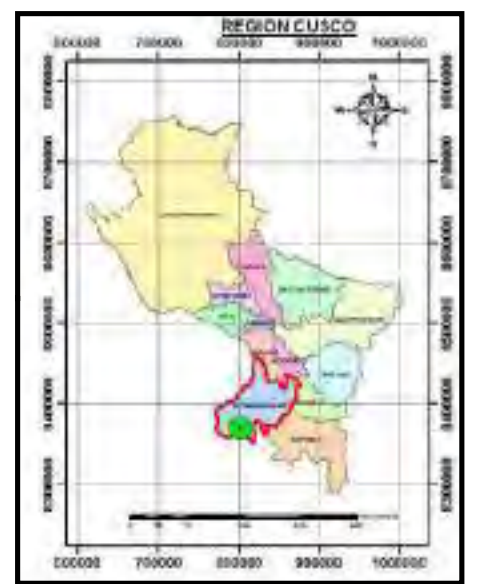
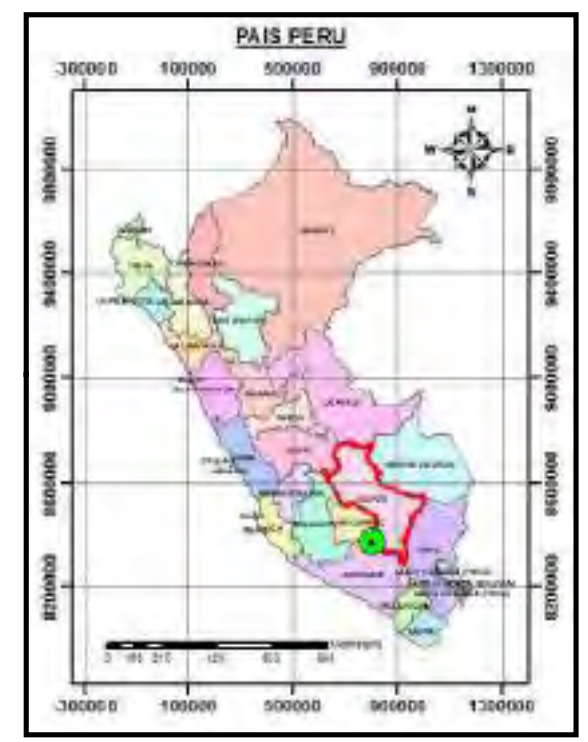
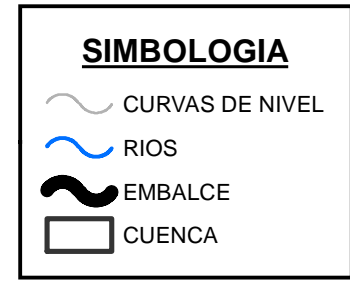
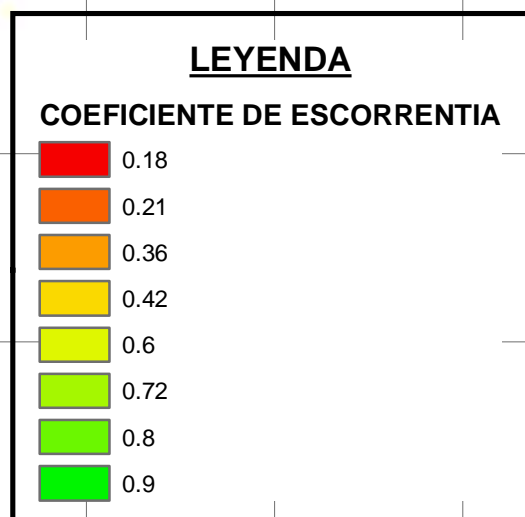
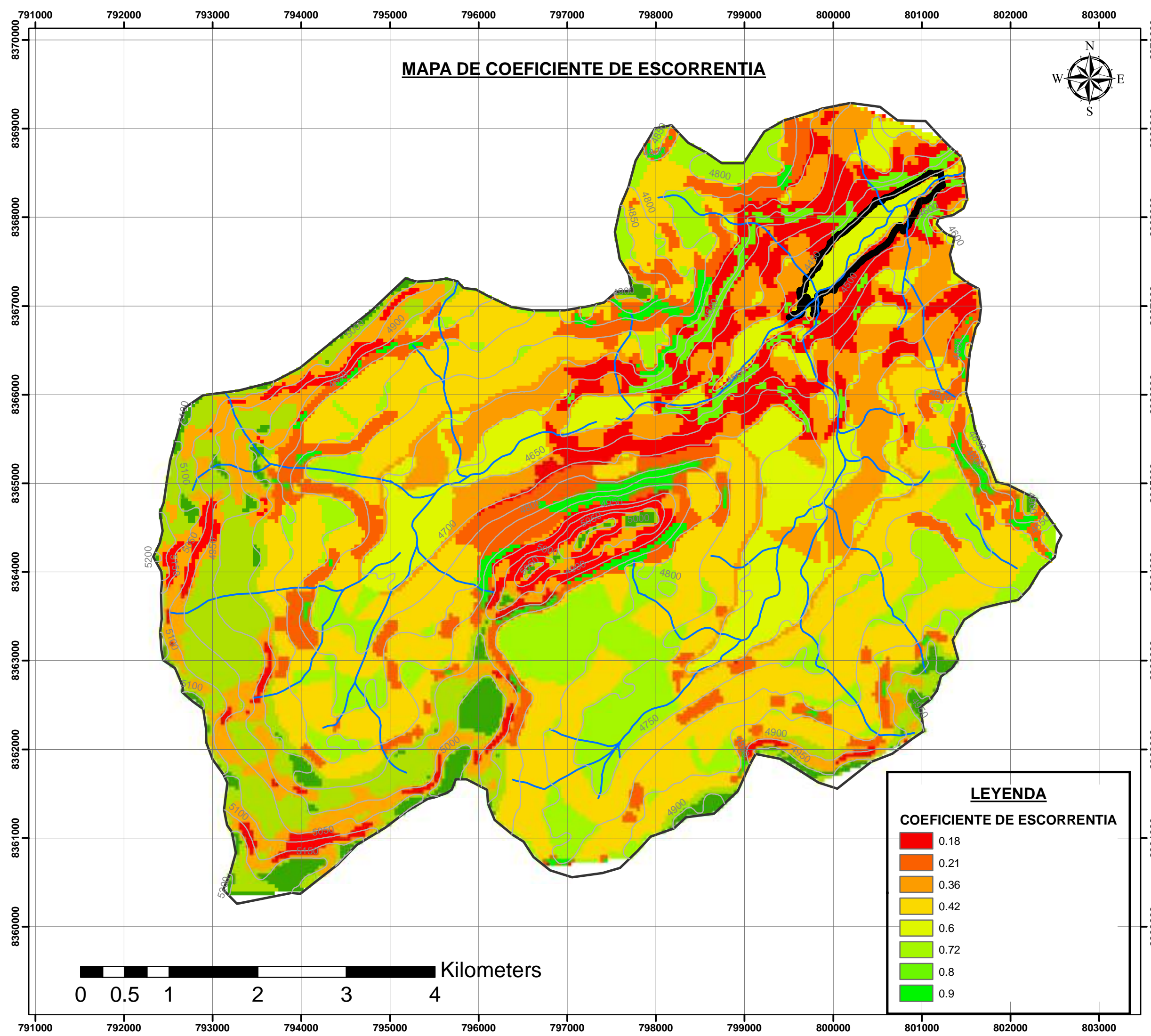
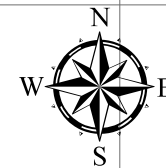
COVERTURA_SUELOS

- Areas desnudas o con escasa vegetación
- Humedales andinos
- Nevados
- Pastizal y Césped de puna

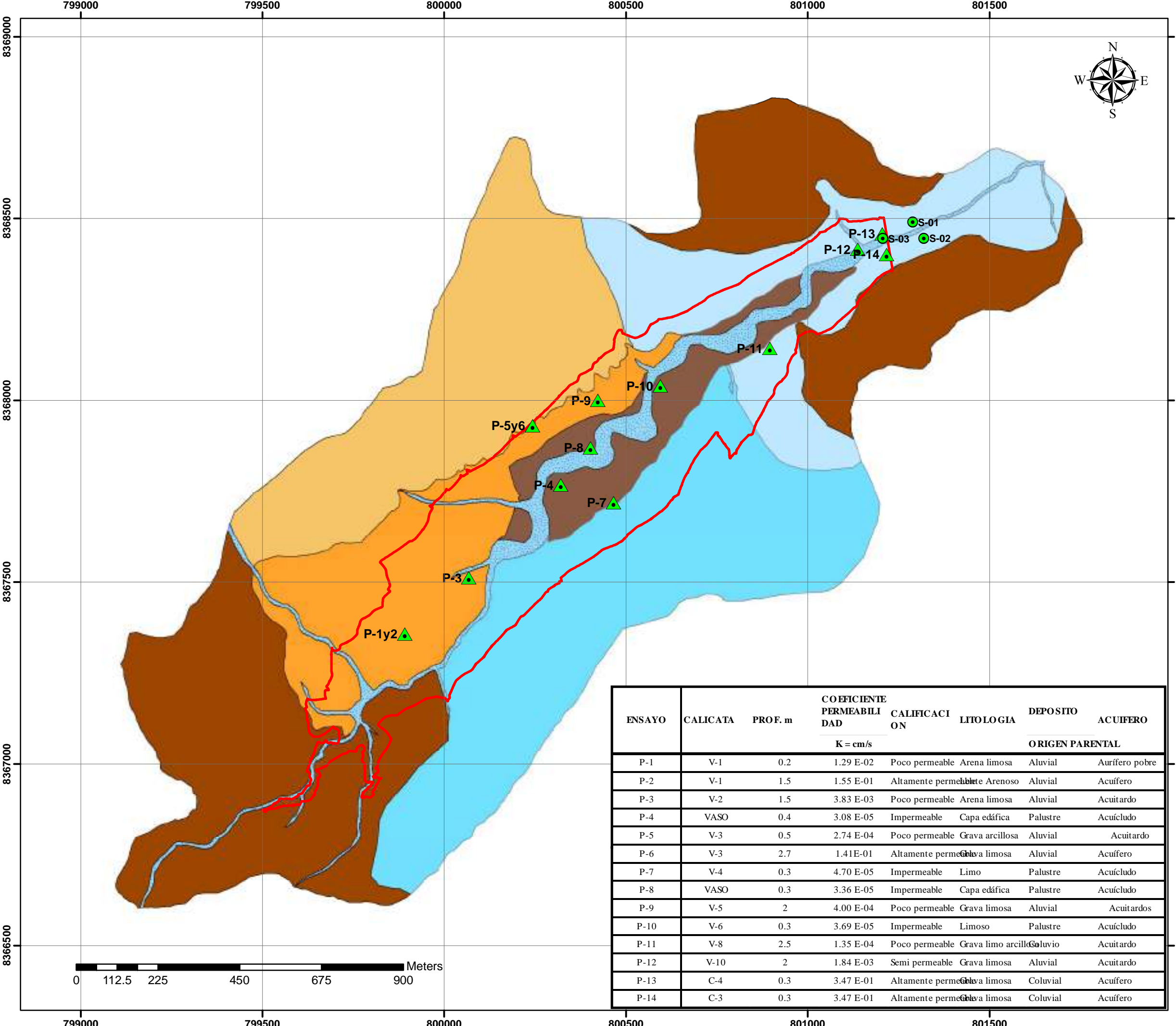
 UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA		
TEMA: "ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HUISILLOPUNKU - SANTO TOMAS"		
MAPA: "USO DE SUELOS"		
BACHILLERES: EDWIN GUTIERREZ QUISPE ROSMERY QUISPE LACUTA		ASESOR : ING. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA
UBICACION: LOC : HUISILLO DIST : SANTO TOMAS PROV: CHUMBIVILCAS DEP : CUSCO	ESCALA: 1:40,137 PROYECCION: UTM,WGS84 ZONA 18S	FECHA: AGOSTO - 2022 FUENTE: PROPIO
M - 08		



MAPA DE COEFICIENTE DE ESCORRENTIA



<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</p>		<p>TEMA: "ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HUISILLOPUNKU - SANTO TOMAS"</p>	
			<p>MAPA: "COEFICIENTE DE ESCORRENCIENTE"</p>
<p>BACHILLERES: EDWIN GUTIERREZ QUISPE ROSMERY QUISPE LACUTA</p>	<p>ASESOR : ING. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA</p>	<p>FECHA: AGOSTO - 2022</p>	
<p>UBICACION: LOC : HUISILLO DIST : SANTO TOMAS PROV: CHUMBIVILCAS DEP : CUSCO</p>	<p>ESCALA: 1:40,137</p> <p>PROYECCION: UTM,WGS84 ZONA 18S</p>		<p>FUENTE: PROPIO</p>
			M - 09



LEYENDA

	ACUIFERO COLUVIAL
	ACUIFERO FLUVIAL
	ACUIFERO POBRE MORRENICO
	ACUITARDO ALUVIAL
	ACUITARDO ELUVIO COLUVIAL
	ACLUICUDO ALPABAMBA
	ACLUICUDO PALUSTRE

SIMBOLOGIA

	SONDEOS
	PUNTOS DE PERMEABILIDADES
	Embalse

ENSAYO	CALICATA	PROF. m	COEFICIENTE PERMEABILIDAD	CALIFICACION	LITOLOGIA	DEPOSITO	ACUIFERO
			K = cm/s				
P-1	V-1	0.2	1.29 E-02	Poco permeable	Arena limosa	Aluvial	Acuífero pobre
P-2	V-1	1.5	1.55 E-01	Altamente permeable	hule Arenoso	Aluvial	Acuífero
P-3	V-2	1.5	3.83 E-03	Poco permeable	Arena limosa	Aluvial	Acuitardo
P-4	VASO	0.4	3.08 E-05	Impermeable	Capa edáfica	Palustre	Acuícludo
P-5	V-3	0.5	2.74 E-04	Poco permeable	Grava arcillosa	Aluvial	Acuitardo
P-6	V-3	2.7	1.41E-01	Altamente permeable	Grava limosa	Aluvial	Acuífero
P-7	V-4	0.3	4.70 E-05	Impermeable	Limo	Palustre	Acuícludo
P-8	VASO	0.3	3.36 E-05	Impermeable	Capa edáfica	Palustre	Acuícludo
P-9	V-5	2	4.00 E-04	Poco permeable	Grava limosa	Aluvial	Acuitardos
P-10	V-6	0.3	3.69 E-05	Impermeable	Limoso	Palustre	Acuícludo
P-11	V-8	2.5	1.35 E-04	Poco permeable	Grava limo arcilloso	Coluvial	Acuitardo
P-12	V-10	2	1.84 E-03	Semi permeable	Grava limosa	Aluvial	Acuitardo
P-13	C-4	0.3	3.47 E-01	Altamente permeable	Grava limosa	Coluvial	Acuífero
P-14	C-3	0.3	3.47 E-01	Altamente permeable	Grava limosa	Coluvial	Acuífero

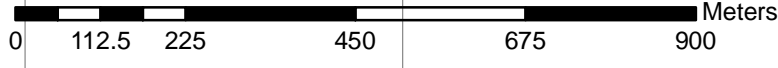
UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

TEMA: "ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HUISILLOPUNKU - SANTO TOMAS"

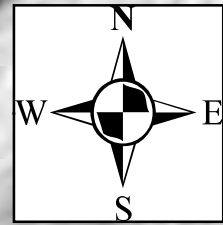
MAPA: "HIDROGEOLOGICO"

BACHILLERES: EDWIN GUTIERREZ QUISPE ROSMERY QUISPE LACUTA	ASESOR : ING. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA	
UBICACION: LOC : HUISILLO DIST : SANTO TOMAS PROV: CHUMBIVILCAS DEP : CUSCO	ESCALA: 1:10,000 PROYECCION: UTM, WGS84 ZONA 18S	FECHA: AGOSTO-2022 FUENTE: PROPIO

M - 10



794000 796000 798000 800000 802000



BALANCE_HIDRICO

8368000

8366000

8364000

8362000

8368000

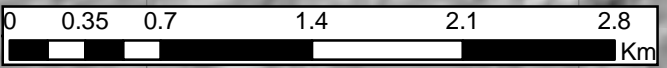
8366000

8364000

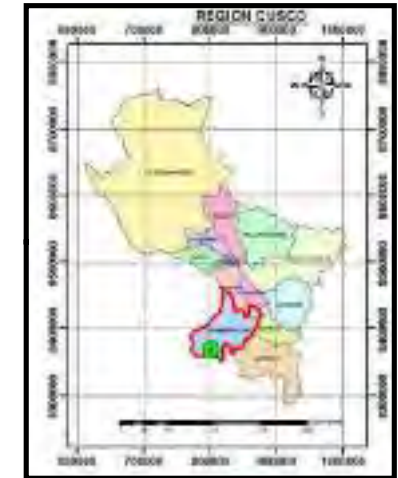
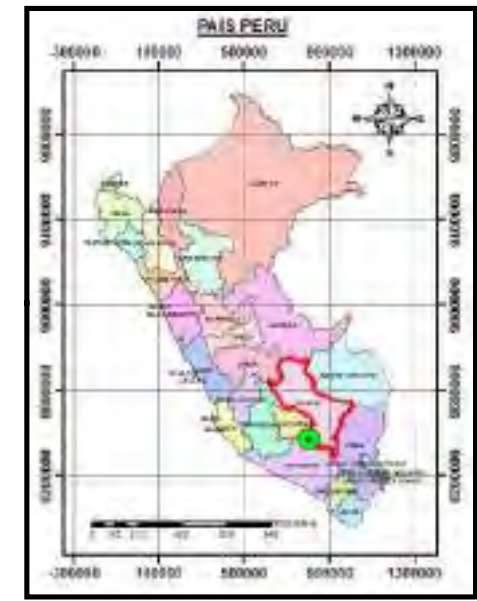
8362000

SANTO TOMAS

CAYARANI



794000 796000 798000 800000 802000



Simbologia

- Rio
- CUENCA

LEYENDA

- area_embalce
- EXESO HIDRICO : 899.82
- DEFISIT HIDRICO: 556.605

<p>UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA</p>		
<p>TEMA: "ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HUISILLOPUNKU - SANTO TOMAS"</p>		
<p>MAPA: "BALANCE HIDRICO"</p>		
<p>BACHILLERES: EDWIN GUTIERREZ QUISPE ROSMERY QUISPE LACUTA</p>		<p>ASESOR : ING. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA</p>
<p>UBICACION: LOC : HUISILLO DIST : SANTO TOMAS PROV: CHUMBIVILCAS DEP : CUSCO</p>	<p>ESCALA: 1:35,000 PROYECCION: UTM, WGS84 ZONA 18S</p>	<p>FECHA: AGOSTO-2022 FUENTE: PROPIO</p>
		M - 11

CAPITULO VI: GEODINAMICA

6.1 GENERALIDADES

El Perú por su ubicación geográfica frente a la subducción de la Placa de Nazca debajo de la de Sudamérica la que es causante de la actividad sísmica y volcánica, lo cual determina que nuestro país esté sujeto a procesos geodinámicos como deslizamientos, derrumbes, huaycos, aluviones, inundaciones, sismos y actividad volcánica etc.

El factor clima en sus diferentes variaciones de precipitación, temperatura, humedad y altitud, influye en el drenaje superficial generando flujos de lodo y huaycos; por intenso intemperismo físico y químico generan inestabilidades en masas rocosas y en los depósitos inconsolidados. Se acentúan en los meses de Enero a Marzo coincidiendo con las altas precipitaciones pluviales.

Asimismo nuestro territorio está sujeto a los efectos del denominado fenómeno “El Niño” que al producir un calentamiento de las aguas frente a nuestra costa, origina fuertes lluvias que erosiona la superficie terrestre, produce inundaciones, desborde de ríos y deslizamientos de terrenos, cárcavas.

Las características litológicas del substrato rocoso tienen diferentes comportamientos frente a los agentes erosivos que generan la desestabilización de los taludes originando los desprendimientos de rocas (caída de bloques), remociones masivas, derrumbes, reptación de suelos. Mientras los factores estructurales como la frecuencia, densidad y orientación geométrica de las discontinuidades como fracturas, fallas y estratificación, cuyos rumbos y buzamientos condicionan la formación de cuñas y bloques inestables los que causan los desprendimientos de rocas (caída de bloques) y derrumbes.

El presente capítulo permite señalar la necesidad de considerar los procesos geodinámicos que pueden provocar daños y sus posibles soluciones y recomendaciones para la construcción de la presa.

6.2 GEODINAMICA INTERNA

A nivel regional, nuestra zona de se encuentra ubicada en la Cordillera Occidental, con presencia de estructuras regionales de tipo fallas inversas, sismogénicamente estas son activas, producto del cual regionalmente

De acuerdo al estudio de sismicidad y sismotectónica del Perú de Hernando Tavera y Elisa Buforn, el borde occidental de América del Sur se caracteriza por ser una de las regiones sísmicamente más activas en el mundo. El Perú forma parte de esta región y su actividad sísmica más importante está asociada al proceso de subducción de la Placa Oceánica de Nazca bajo la Placa Continental Sudamericana a lo largo de la Costa del Perú, la cual produce reajustes corticales generando terremotos de magnitud elevada con relativa frecuencia. Un segundo tipo de actividad sísmica está producida por las deformaciones corticales presentes a lo largo de la Cordillera Andina, con terremotos menores en magnitud y frecuencia, sin embargo son también generadores de sismos locales de intensidad alta.

La región Cusco se encuentra en una zona considerada de alta sismicidad, Zona II a nivel Nacional y ha registrado 02 terremotos devastadores en su historia.

Las condiciones geológicas locales en el ámbito de estudio, son juegan un papel importante para atenuar o incrementar las aceleraciones sísmicas, en consecuencia, los efectos sobre la obra de construcción de la represa, y obras de arte.

6.2.1 Sismicidad Histórica.

De acuerdo a la monografía, Geodinámica, Sismicidad y Energía Sísmica en Perú de Isabel Bernal Hernando Tabera, publicado en el año 2002, ofrece una descripción histórica de los sismos, el cual se detalla a continuación:

En la imagen N° 6.1, se muestra la localización y los parámetros hipocentrales de los sismos históricos ocurridos en Perú entre 1500 y 1959 ($M_s \geq 6.0$), los mismos que han generado intensidades mayores a VII en la escala Mercalli Modificada (Silgado, 1978; Dorbath et al 1990). En esta figura se observa que los sismos históricos se distribuyen principalmente entre la línea de fosa y la costa, localizándose en mayor número en la región Centro y Sur de Perú debido probablemente a que estas regiones eran las más pobladas y donde se constituyeron las ciudades más importantes después del siglo XVI. La mayoría de estos sismos produjeron tsunamis con olas de diferentes alturas. Según la imagen N° 6.1, en el interior del continente, el número de sismos disminuye considerablemente.

Tabla N° 6.1: Parámetros epicentrales, magnitud y energía sísmica.

N°	Fecha (a/m/d)	Lat. (°)	Long. (°)	Mag. (M _s)	Energía (ergios)
----	------------------	-------------	--------------	---------------------------	---------------------

1	1582-01-22	-16.3	-73.3	7.9	4.5E+23
5	1650-05-31	-13.8	-72.0	7.2	4.0E+22
10	1687-10-21	-16.4	-71.6	7.0	2.0E+22
13	1784-05-13	-16.5	-72.0	8.0	6.3E+23
15	1821-07-10	-16.0	-73.0	7.9	4.5E+23
21	1922-10-11	-16.0	-72.5	7.4	7.9E+22
22	1928-04-09	-13.0	-69.0	6.4	2.5E+21
31	1950-05-21	-14.1	-72.0	6.0	6.3E+20
34	1955-07-21	-15.4	-74.0	6.7	7.1E+21

Fuente: Sismicidad histórica de Perú entre 1500 - 1959 $MS \geq 6.0$ (Silgado, 1978).

Imagen N°6.1: Distribución epicentral de los sismos históricos. Los números identifican a cada sismo.



Fuente: Sismicidad histórica de Perú entre 1500 - 1959 $MS \geq 6.0$ (Silgado, 1978).

Según este historial puntos (5 y 31), la región cercana a nuestra zona de estudio, ha registrado sismos de hasta 7.2 Ms y 6 Ms de magnitud, en los años 31-05-1650, y el 21-05-1950, respectivamente.

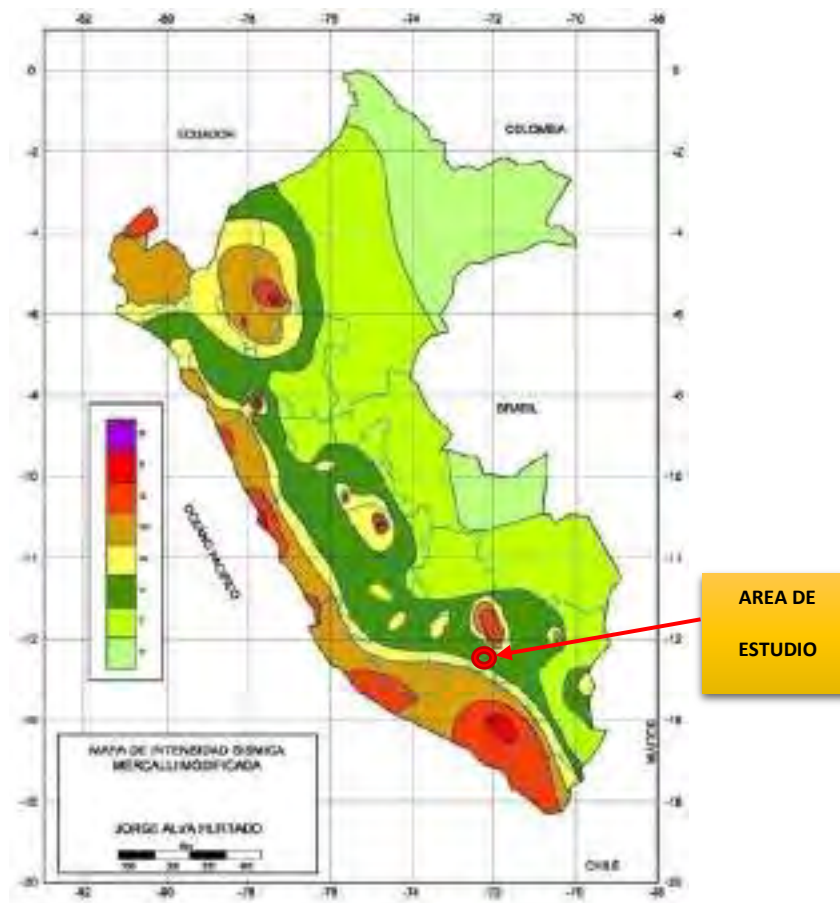
6.2.2 Sismicidad Instrumental.

Estudios recientes realizados por Tavera y Buforn (2001), Bernal et al (2001) y Bernal (2002), utilizando datos telesismicos para el periodo 1964-1996 con $m_b \geq 5.0$, han permitido concluir que la distribución espacial de los sismos en el Perú es por demás compleja; sin embargo, ha sido posible identificar la ubicación de las principales fuentes sismogénicas. Así, los sismos con foco superficial ($h \leq 60$ km) han sido agrupados en dos fuentes. La primera se ubica entre la fosa y la línea de costa y la segunda, en el interior del continente paralela a la Cordillera Andina, siendo ambas las causantes de los sismos de mayor magnitud que ocurren en Perú. Los sismos con foco intermedio ($60 > h \leq 300$ km) se agrupan en tres fuentes, una ubicada paralela a la línea de costa por debajo de los 9° Sur, otra en la zona Subandina de la región Norte y la tercera sobre toda la región Sur, siendo esta última la que agrupa a un mayor número de sismos. Los sismos con foco profundo ($h > 300$ km) se agrupan en dos fuentes, una se ubica en el límite de Perú con Brasil y la segunda entre Perú y Bolivia.

6.2.3 Intensidad Sísmica

De acuerdo al Mapa de Distribuciones de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú (Imagen N° 6.2) (Alva Et Al-1984), en la zona de estudio se pueden producir sismos con intensidad Máxima de VI grados en la Escala Modificada de Mercalli, Intensidad que debe ser considerada en el cálculo del diseño estructural.

Imagen N° 6.2: Mapa de Distribuciones de Máximas Intensidades Sísmicas observadas en el Perú.



Fuente: IGP

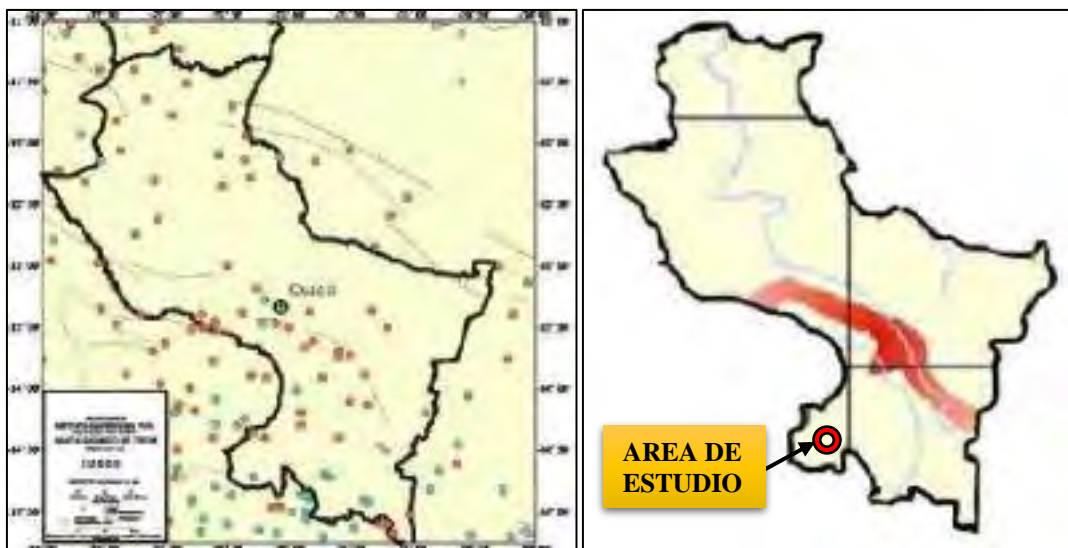
6.2.4. Sismicidad del are de estudio

El término sismicidad describe la calidad o característica sísmica de una zona y se expresa en el número de sismos por unidad de área o volumen y por unidad de tiempo, el modo de ocurrencia y sus efectos en la superficie.

Las fallas que se originan por la geodinámica interna en la zona de estudio tienen una orientación principalmente NW-SE, con fallas tensionales con dirección NE-SW.

Imagen N° 6.3: Mapa sísmico del Perú, donde se aprecia el departamento del Cusco con las zonas que son más propensas a sufrir los embates sísmicos dependiendo a su profundidad.

Imagen N° 6.4: Mapa de Zonas de Mayor Concentración de Sismos Superficiales (color rojo), para el departamento de Cusco.



Fuente: IGP.

Fuente: IGP – INDECI

Según la imagen derecha el área de estudio se ubica en la parte SW de la zona de gran concentración de sismos intermedios, por lo cual el riesgo sísmico disminuye.

Imagen N° 6.5: Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas del Dpto. del Cusco



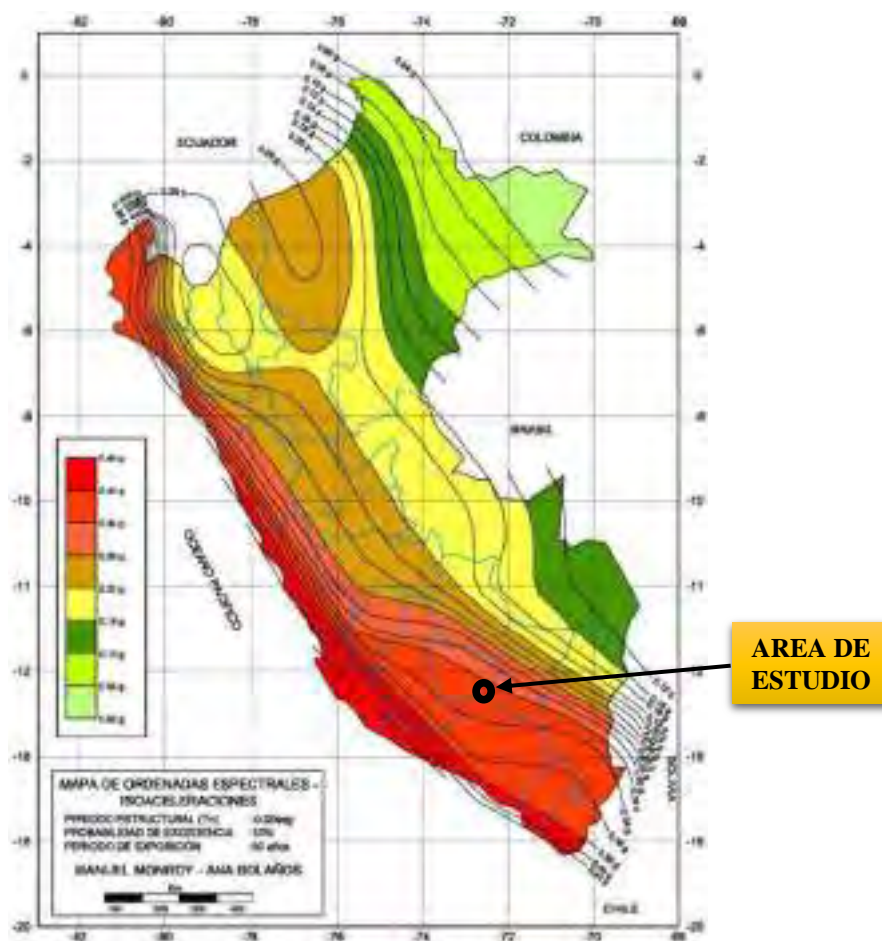
Fuente: INDECI

Según el mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas según CISMID, (proyecto SISRA-CERESIS) que representa las intensidades máximas por medio de isosistas en la escala de Mercalli modificada, incluyendo eventos históricos de importancia ocurridos en el Perú hasta el 31 de diciembre de 2001. Se puede generalizar que la Provincia de Chumbivilcas presenta intensidades de VI-VII, indicando que es inestable, la zona de estudio presenta intensidad de VI, según su geología presenta un relieve con montañas empinadas que presenta derrumbes y erosión, que la hacen inestables en varias zonas de quebradas del área de estudio.

6.2.5. Aceleración Sísmica

Para la zona en estudio se puede observar una aceleración sísmica de 0.32gal correspondiente un periodo de exposición de 50 años y una probabilidad de excedencia de 10% como se muestra en el mapa de isoaceleraciones (Imagen N° 6.6).

Imagen N° 6.6: Mapa de isoaceleraciones del Perú.



Fuente: IGP

El riesgo sísmico está basado en datos sísmicos instrumentales, datos sísmicos históricos, registros de movimientos fuertes, datos geotécnicos y geofísicos, los que usando el modelo probabilístico de Poisson han sido procesados para obtener la aceleración, velocidad y desplazamiento máximos esperados para periodos de retorno de 30, 50 y 100 años. Esta información se encuentra en mapas con curvas que abarcan los departamentos de Cusco y Puno. Los parámetros correspondientes a la ubicación del proyecto son:

Tabla N° 6.2: *aceleración Sísmica.*

	Aceleración			Velocidad			Desplazamiento		
	30	50	100	30	50	100	30	50	100
Parámetros	0.137	0.165	0.210	5.8	7.00	9.50	2.05	2.40	3.30

6.2.6 Parámetros Del Análisis Sísmico - Consideraciones De La Norma E.030 De Diseño Sismo Resistente.

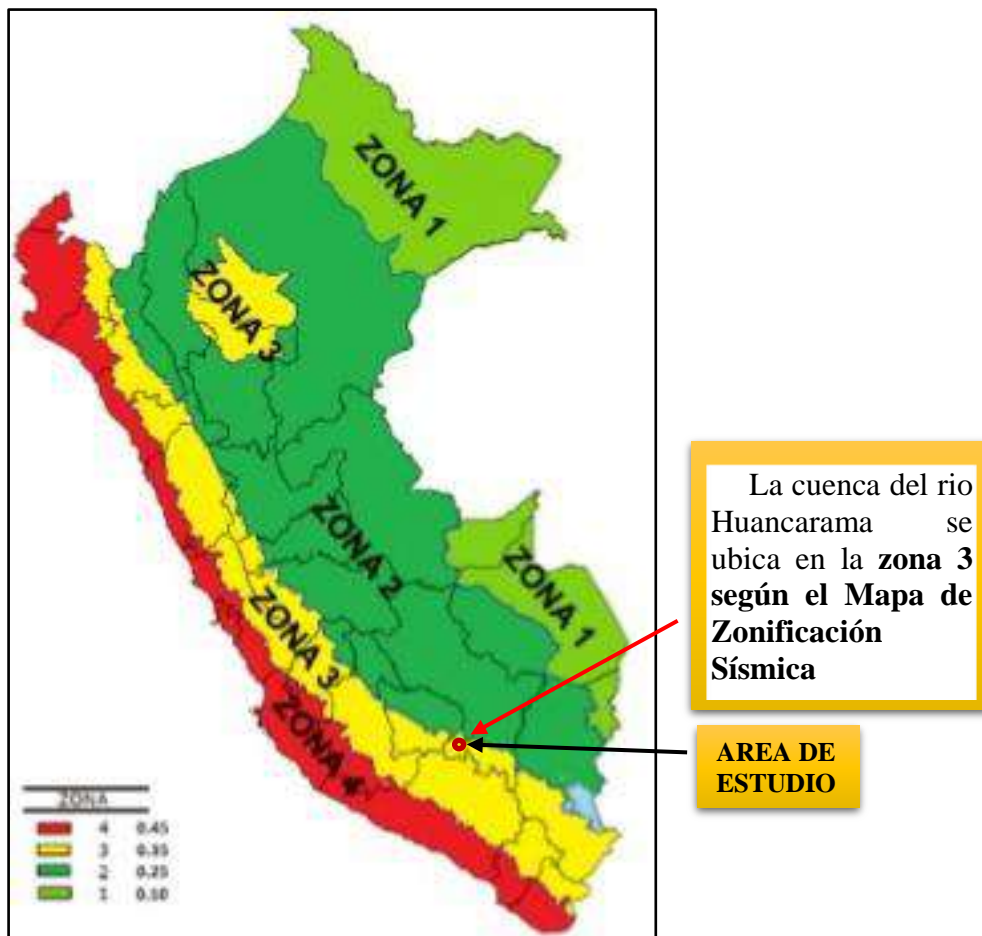
Los parámetros del área de interés, en la norma E-030, del reglamento nacional de Edificaciones, establece las condiciones mínimas para que las edificaciones diseñadas según sus requerimientos tengan un comportamiento sísmico acorde con la filosofía y principios del diseño sismo resistente, como evitar pérdidas de vidas, asegurar la continuidad de los servicios básicos y minimizar los daños a la propiedad; en consecuencia, la estructura no deberá colapsar ni causar daños a las personas debido a movimientos sísmicos que puedan ocurrir en el sitio, por lo que estas deberán soportar estos movimientos mediante su vida de servicio.

6.2.6.1 Zonificación sísmica del Perú: Factor Z

El territorio nacional de acuerdo a esta norma se considera dividido en 4 zonas, como se muestra en la imagen N° 6.7. La zonificación propuesta se basa en la distribución espacial de la sismicidad observada, las características generales de los movimientos sísmicos y la atenuación de éstos con la distancia epicentral, así como en información neotectónica. A cada zona se asigna un factor Z. Este factor se interpreta como la aceleración máxima del terreno con una probabilidad de 10 % de

ser excedida en 50 años. Esta aceleración corresponde al tiempo de exposición y el peligro aceptado para el proyecto.

Imagen N° 6.7: Mapa de Zonificación sísmica del Perú.



Fuente: IGP

6.2.6.2 Condiciones geotécnicas: Factor S Y T_p

La norma NTE E.030 considera 4 perfiles de suelo que se clasifican tomando en cuenta las propiedades mecánicas del suelo, el espesor del estrato, el periodo fundamental de vibración y la velocidad de propagación de las ondas de corte. Los 4 perfiles de suelos tienen asociado un factor de amplificación S el cual permite estimar la amplificación de las solicitaciones sísmicas respecto a la base rocosa y un parámetro T_p correspondiente al extremo derecho de la plataforma horizontal del espectro de aceleraciones. La aceleración máxima esperada en la base de la estructura será definida por el producto ZS . Los tipos de perfiles de suelos son:

1. Perfil tipo s1 – roca o suelos muy rígidos.

A este tipo corresponden las rocas y los suelos muy rígidos con velocidades de propagación de onda de corte similar al de una roca, en los que el período fundamental para vibraciones de baja amplitud no excede de 0,25 s, incluyéndose los casos en los que se cimienta sobre:

- Roca sana o parcialmente alterada, con una resistencia a la compresión no confinada q_u mayor o igual que 500 kPa (5 kg/cm²).
- Grava arenosa densa.
- Estrato de no más de 20 m. de material cohesivo muy rígido, con una resistencia al corte en condiciones no drenadas S_u superior a 100 kPa (1 kg/cm²). Sobre roca u otro material con velocidad de onda de corte similar al de una roca.
- Estrato de no más de 20.0 m de arena muy densa con $N > 30$, sobre roca u otro material con velocidad de onda de corte similar al de una roca.

2. Perfil tipo s2 – suelos intermedios.

Se clasifican como de este tipo los sitios con características intermedias entre las indicadas para los perfiles S1 y S3.

3. Perfil tipo s3 – suelos flexibles o con estratos de gran espesor.

Corresponden a este tipo los suelos flexibles o estratos de gran espesor en los que el período fundamental, para vibraciones de baja amplitud, es mayor que 0,6s, incluyéndose los casos en los que el espesor del estrato de suelo excede los valores siguientes de la Tabla:

Tabla N°6.3: Suelo con velocidad de onda de corte menor que el de una roca.

Suelos Cohesivos	Resistencia al corte típico en condición no drenada (kPa)	Espesor del estrato (m) (*)
Blandos	<25	20
Medianamente compactos	25 – 50	25
Compactos	50 – 100	40
Muy compactos	100 – 200	60

	Valores N típicos en ensayos	Espesor del estrato
Suelos Granulares	De penetración estándar (SPT)	(m) (*)
Sueltos	4 – 10	40
Medianamente densos	10 – 30	45
Densos	Mayor que 30	100

4. Perfil Tipo S4: Condiciones Excepcionales

A este tipo corresponden los suelos excepcionalmente flexibles y los sitios donde las condiciones geológicas y/o topográficas son particularmente desfavorables. Deberá considerarse el tipo de perfil que mejor describa las condiciones locales, utilizándose los correspondientes valores de T_p y del factor de amplificación del suelo S , dados en la Tabla N° 6.4. En los sitios donde las propiedades del suelo sean poco conocidas se podrán usar los valores correspondientes al perfil tipo S3. Sólo será necesario considerar un perfil tipo S4 cuando los estudios geotécnicos así lo determinen.

Tabla N° 6.4: Los valores de T_p y S para este caso serán establecidos por el especialista, pero en ningún caso serán menores que los especificados para el perfil tipo S3.

$$C=2.5x (T_p/T); C \leq 2.5$$

PARÁMETROS DEL SUELO			
Tipo	Descripción	T_p (S)	S
S1	Roca o suelos muy rígidos	0,4	1,0
S2	Suelos intermedios	0,6	1,2
S3	Suelos flexibles o con estratos de gran espesor	0,9	1,4
S4	Condiciones excepcionales	*	*

Fuente: RNE.

PARÁMETROS, SEGÚN LA NORMA SISMO RESISTENTE, E-30 PARA EL ARE DE ESTUDIO

De acuerdo a la Norma Sismo resistente, E – 030 del Reglamento Nacional de Construcciones, la zona de estudio tiene los siguientes parámetros para una zonificación sísmica según RNC: (ver mapa de zonificación sísmica del Perú).

Tabla N°6.5: *Parámetros Del Análisis Sísmico - Consideraciones De La Norma E.030 De Diseño Sismo Resistente para el área de estudio.*

PARAMETRO		UBICACIÓN
Zona:	3	Mapa de zonificación sísmica
Coeficiente sísmico	0.12	Mapa de zonificación del coef. Sísmico
Factor de zona (Z)	0.35	Tabla 1 (RNE)
Parámetro del suelo	Ts= 0.9 s	Período predominante.
Perfil tipo de suelo	S ₂	(RNE)

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

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

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

Dónde:

Z = Factor de zona. (Tabla 1, Norma E 030 RNE)

U = Factor de uso. (Tabla 3, Norma E 030 RNE)

S = Factor de Suelo. (Tabla 2, Norma E 030 RNE)

C = Coeficiente sísmico. (Artículo 7 y 17, Norma E 030 RNE)

P = Peso de las estructuras.

R = Coeficiente de Reducción (Tabla 6, Norma E 030 RNE)

PELIGRO SISMICO DE LA ZONA DE ESTUDIO.

Teniendo en cuenta, el historial sísmico de la provincia de Chumbivilcas, así como se observa que nuestra zona de represamiento se encuentra en medio de fallas regionales dentro del Alto Estructural Condoroma-Cailloma, sismo génicamente se puede indicar que es una zona de riesgo sísmico alto.

Así mismo de acuerdo al estudio de IGP, en el mapa de zonificación sísmica nuestra zona estudio está ubicado en la zona 3, con características de presentar sismos superficiales de categorías intermedia, con intensidades entre VI y VII, indicando que son zonas de carácter inestables.

6.3 GEODINAMICA EXTERNA

La ocurrencia de los fenómenos de geodinámica externa está condicionada por factores importantes como: la litología, estructuras geológicas, geomorfología, hidrología, hidrogeología, el clima, entre otros.

En el Plano Geodinámico externa, el presente estudio se ha enfocado estrictamente en el área de embalse de la presa y también en el emplazamiento de la estructura de la presa, habiéndose identificado procesos de remoción en masa (Derrumbes, caída de bloques), procesos de erosión de laderas (erosión laminar severa, surcos, cárcavas), procesos hidrodinámicos (cono de deyección, socavamiento de las riberas del río Huancarama).

6.3.1 Fenómenos y Eventos Observados

Entre los fenómenos geodinámicos identificados en la zona de estudio tenemos:

6.3.1.1 *Procesos de remoción de masa*

a) Derrumbes de roca

Margen derecha del vaso de almacenamiento, estos procesos de remoción de masa son de carácter violento, hacia esta margen, este fenómeno se presenta muy puntualmente en las partes altas, hacia las cumbres, de pequeña magnitud, debido a que el macizo rocoso en esta zona se encuentra en forma masiva, con fracturas cuya buzamiento está en contra de la pendiente.



Foto N°6.1: Identificación de zonas de derrumbe de roca en la margen derecha del vaso.

Margen izquierda del vaso de almacenamiento, en esta margen se puede observar que este fenómeno está activo, se ubican casi próximos hacia la parte del eje de dique, generando el desplazamiento de bloques de roca mayores a medio metro y escasamente hasta mayores de 1m., producto del alto grado de fracturamiento del macizo rocoso, que también es de naturaleza andesítica, estas fracturas tienen un buzamiento a favor de la pendiente, lo que permite que estos bloques de roca fácilmente se desplomen pendiente abajo.



Foto N° 6.2: Identificación de zonas de derrumbe de roca en la margen izquierda del vaso.

Margen derecha de la zona de eje de la presa, hacia esta margen, este fenómeno se encuentra no muy frecuente, en las faldas del cerro Cerca, se tiene como basamento rocoso, a rocas de naturaleza volcánica que pertenece a la formación Alfabamba, el tamaño de bloques tiene diámetros no mayores a un 1m., los cuales se encuentran formando un material de escombros de carácter cuaternario.



Foto N°6.3: Identificación de zonas de derrumbe de roca en la margen derecha del vaso.

Margen izquierda de la zona de eje de la presa, hacia esta margen, si se puede observar que este fenómeno está muy activo en las faldas del cerro Pucara, generando el desplazamiento de bloques de roca mayores a 1m., producto del alto grado de fracturamiento del macizo rocoso, que también es de naturaleza andesítica, estas fracturas tienen un buzamiento a favor de la pendiente, con escasa rugosidad, lo que permite que estos bloques de roca fácilmente se desplomen pendiente abajo.



Foto N° 6.4: Presencia de derrumbe de roca en la zona izquierda del eje de dique (flecha azul).

Hacia la parte alta, de las quebradas ubicadas en estas zonas, también ocurren estos fenómenos, pero que no son de proporciones importantes y por su lejanía al área en estudio, no tiene influencia directa con el are de represamiento, algunos de estos sistemas de derrumbes se encuentran en procesos de estabilización porque la vegetación se encuentra en proceso de recuperación. Sin embargo, de todos modos los sedimentos llegan a acumularse poco a poco en los cauces y aún existe transporte de sólidos que pueden colmatar la parte alta del vaso de represamiento, por lo tanto se recomienda construir diques de disipación de energía hidráulica para controlar el transporte de sólidos y así evitar la colmatación de la presa con suelo y fragmentos de roca del vaso.



Foto N° 6.5 y 6.6: Vistas de los derrumbes en proceso de estabilización de las laderas de ambas márgenes del río Palljahuayco



Foto N° 6.7 y 6.8. Vistas del sistema de derrumbes de roca y suelo en la zona alta de Huisillo.

Por lo cual se recomienda realizar el estudio de estabilidad de taludes en condición natural y saturada para determinar si estas laderas permanecerán estables cuando se embalse y desembalse periódicamente el vaso, cuando la presa entre en operación.

6.3.1.2 *Procesos De Erosión De Laderas*

a) Cárcavas o quebradas erosivas

Estos fenómenos se encuentran en vertientes de ladera a ambos márgenes del vaso de almacenamiento, así también en las partes de la cuenca en quebradas secas, este fenómeno se desarrolla principalmente en material de depósito cuaternario que recubre las laderas de los cerros circundantes a la zona de estudio, producto de la combinación de factores como: Intensidades máxima de lluvias (mm/h), escasa cobertura vegetal, pendientes pronunciadas de laderas y procesos de meteorización y intemperismo altos de las unidades geológicas del ámbito de estudio.

Erosión laminar severa, este fenómeno está estrechamente ligado a la precipitación pluvial, el cual va descascarando lamina a lamina la capa de suelo superficial, generando la remoción de importantes volúmenes de suelos finos (arcillas, limos, arenillas) hacia los cauces naturales. Estos fenómenos se observan ampliamente en nuestra zona de estudio.



Foto N° 6.9: Ubicación de las zonas de erosión laminar severa, ubicada en la margen izquierda del vaso de la presa.

Erosión en surcos y cárcavas, este proceso de erosión, se desarrollan por la intensa escorrentía de aguas pluviales, degradando la superficie del suelo, en la mayor parte de los suelos de ladera, debido a la concentración del escurrimiento superficial en puntos específicos de la ladera, formando canales, los cuales encausan el escurrimiento superficial, aumentando la energía cinética de erosión del agua, provocando la incisión vertical de la superficie de ladera. Estos surcos, al evolucionar, forman las cárcavas, las cuales incluso, llegan a disectar los afloramientos rocosos, son de mayor profundidad y tienen mayor ensanchamiento, ambos fenómenos son de naturaleza retrogresiva; al pie de estos cárcavas se observa conos de deyección (material de escombros).

Este fenómeno se activa en el periodo de precipitaciones pluviales, relacionado al intenso fracturamiento, meteorización de la roca y a la pendiente fuerte a muy fuerte de la ladera.

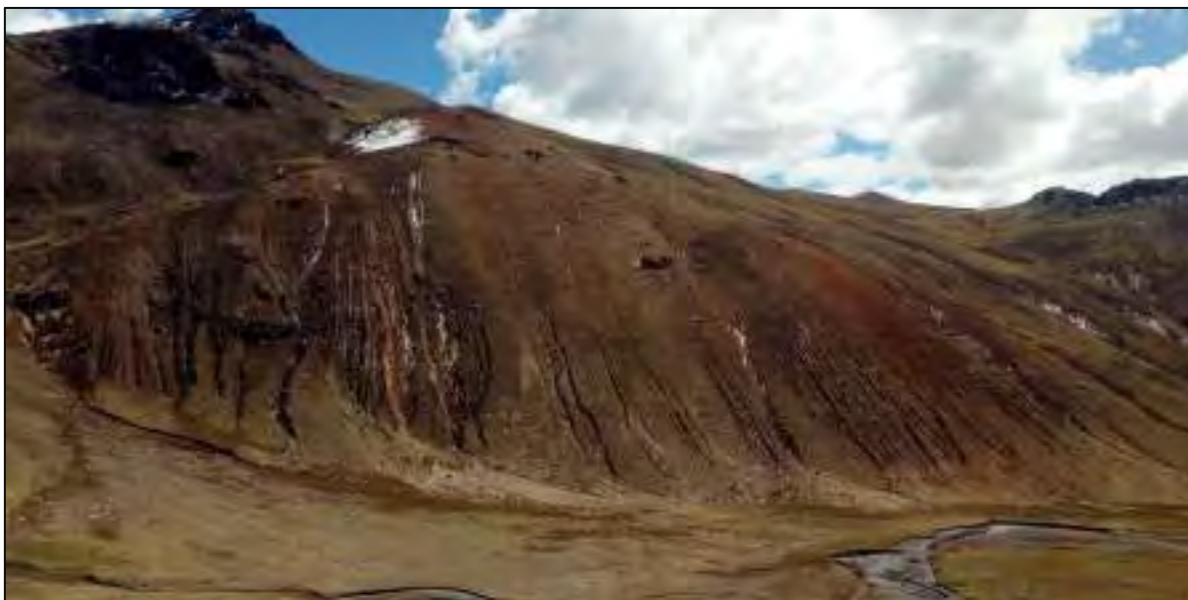


Foto N° 6.10: En esta vista se aprecian los sistemas de surcos y de cárcavas en la ladera izquierda del vaso de represamiento.

La zona más afectada por este fenómeno es la ladera izquierda del vaso, se aprecia la presencia de un sistema de cárcavas que discurren en forma paralela, generadas por la acción erosiva de las aguas pluviales sobre la ladera de alta pendiente conformada por suelos eluvio coluviales y rocas alteradas de baja resistencia, estas cárcavas representan un peligro para la operación de la presa debido a que pueden ser inestable cuando los suelos se saturan con agua de la presa; se recomienda realizar el estudio de estabilidad de taludes que evalúe el comportamiento de la ladera cuando la presa entre en operación, por lo tanto, el análisis se realizara en condición natural y en estado saturado para evitar futuros deslizamientos que incrementen la sedimentación de la presa.

6.3.1.3 *Procesos hidrodinámicos*

1. *Cauces erosivos*

Los conos de deyección se encuentran en mediana magnitud, son producto del acarreo de material que traen las cárcavas, como algunas pequeñas quebradas secas, que se depositan en el vaso.



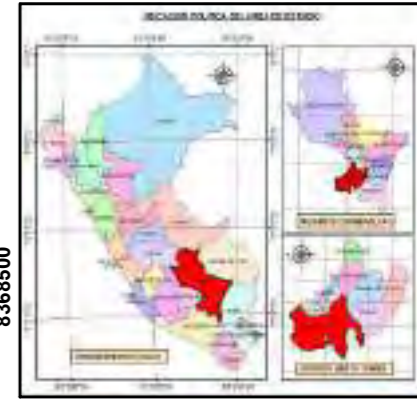
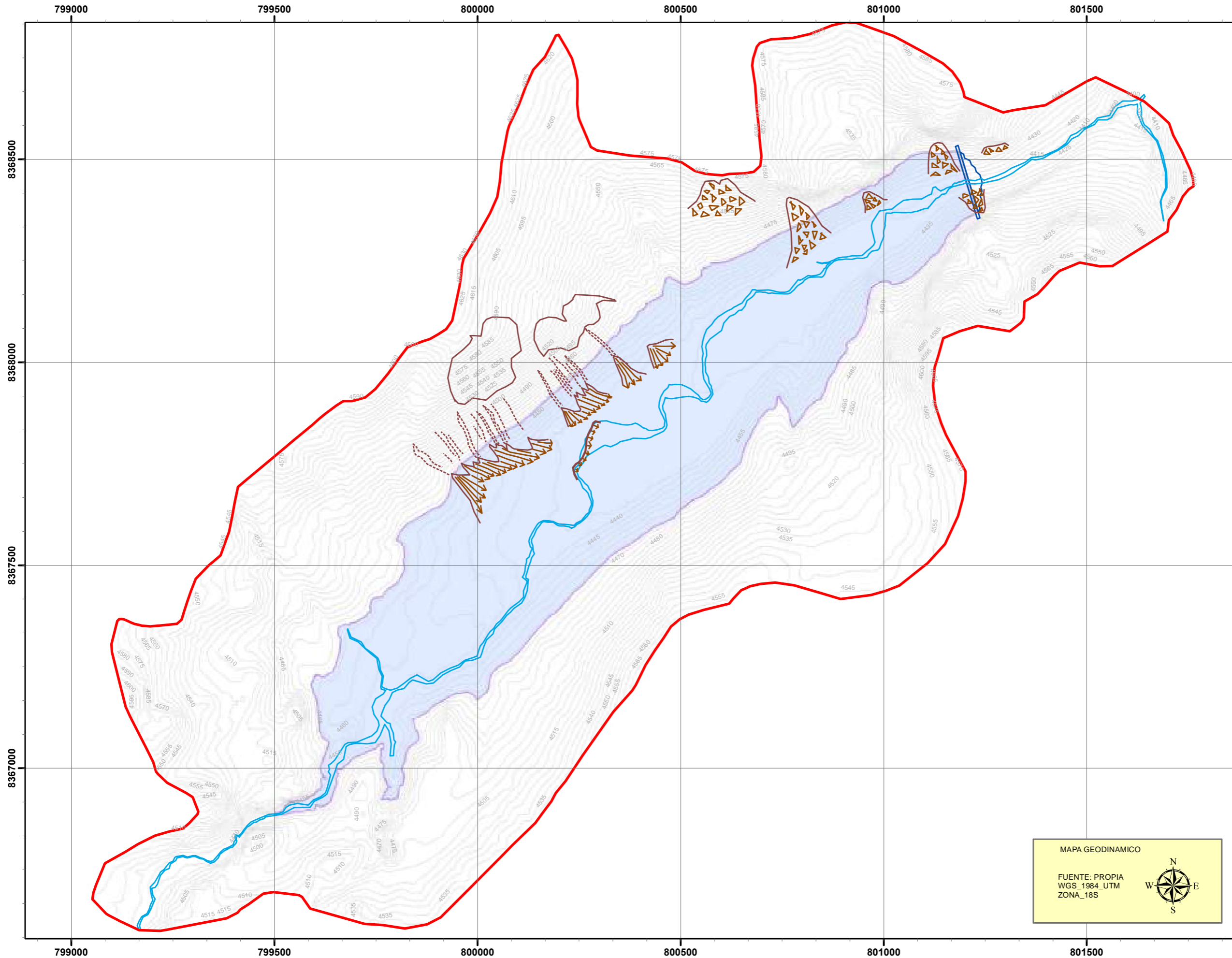
Foto N°6.11: Vista de varios conos aluviales continuos formada a partir de la acumulación del arrastre de sedimentos de las carcavas.

La acción erosiva del río, que discurren sobre zonas baja a moderada pendiente, producen socavación lateral, sobre sus cauces y márgenes dando lugar a la formación de derrumbes de pequeña magnitud, alineados al cauce.



Foto N° 6.12. Izq. Cauce con erosion lateral del rio Husillo, vease los pequeños derrumbes que se producen por socavación en las márgenes.

MAPA GEODINAMICO LOCAL DE "ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL TERRENO DE FUNDACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA HUISILLOPUNKU – SANTO TOMAS"



FENOMENOS GEODINAMICOS	
DESCRIPCION Y SIMBOLOGIA	
1.- PROCESOS DE REMOCION DE MASA	
- Derrumbes de Roca	
2.- PROCESOS DE EROSION DE LADERAS	
- Erosión laminar severa	
- Erosión en surcos y cárcavas	
3.- PROCESOS HIDRODINAMICOS	
- Cauces erosivos	

LEYENDA	
	Curvas de Nivel
	Rio
	Area de Estudio
	Dique de Presa
	Nivel de Agua de la Presa

MAPA GEODINAMICO

FUENTE: PROPIA
WGS_1984_UTM
ZONA_18S

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO
ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA, MINAS Y METALURGICA
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA

PRESENTADO POR:
BACH: EDWIN GUTIERREZ QUISPE
BACH: ROSMERY QUISPE LACUTA

ASESOR:
ING. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA

FECS: "ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL TERRENO DE FUNDACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA HUISILLOPUNKU – SANTO TOMAS"

PLANO: MAPA GEODINAMICO

UBICACIÓN POLITICA	FECHA: Marzo 2022	M-12
DISTRITO : SANTO TOMAS	FUENTE: Propia	
PROVINCIA: CHUMBIVILCAS	ESCALA: 1:9,000	

DEPART : CUSCO

CAPITULO VII: GEOFISICA

7.1 GENERALIDADES

Mediante el estudio de geofísica, se pudo determinar de forma indirecta las características de la conformación del subsuelo (en eje y vaso de la presa), según la distribución de tipos de materiales, y presencia o no de niveles freáticos, a través de los valores Geo eléctricos. Para el presente trabajo de tesis, se ha utilizado el equipo de tomografía eléctrica (marca GEOGIGA ELECTRIC, los modelos utilizados son el DZD-6A para determinar el sondeo eléctrico vertical SEV y DUK-2A para determinar la Tomografía Geoelectrica.), cuyos resultados nos ha permitido recomendar la ubicación de sondajes con perforación rotatoria y establecer el espesor de los suelos cuaternarios en el eje y el vaso de la presa.

En los ensayos realizados ha sido utilizado un método en todas las secciones tomográficas, el método combinado Wenner – Slumberger, por ser óptimas y representativas en el tipo de suelos ensayado.



Foto N° 7.1, 7.2, 7.3: Se muestra las fotos del equipo de tomografía.

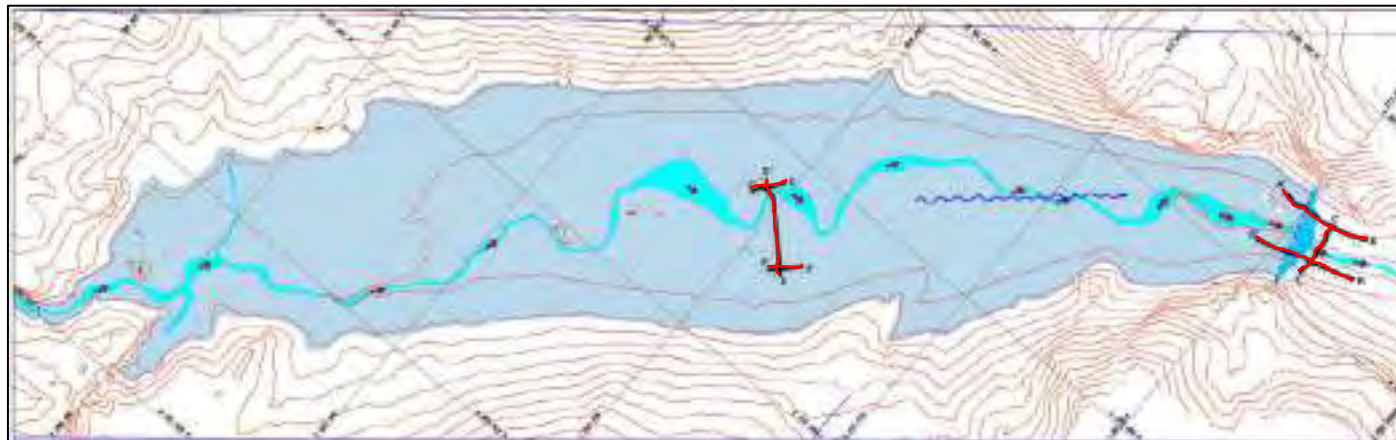
7.2 TOMA Y REGISTRO DE LA INFORMACION DE TOMOGRAFIA

7.2.1 Líneas Geoelectricas –Tomografía.

En el ámbito de estudio se han realizado 6 líneas de tomografía eléctrica, tres de ellas dispuestas en el eje del dique de presa propuesto (dos dispuestos de manera paralela a la dirección del flujo del río y uno en forma perpendicular), las líneas en el vaso en número de tres (dos de ellas paralelas a la dirección del flujo del río y una perpendicular). Las líneas han sido dispuestas de tal manera

que se puedan realizar las correlaciones de la información, consiguientemente una mejor interpretación de las características del subsuelo.

Imagen N°7.1: Mapa de ubicación de las líneas sísmicas, demarcadas en color rojo.



Fuente: Elaborado por los tesisistas.

En la siguiente tabla 7.1, se tiene de manera resumida la ubicación de las secciones de los ensayos geofísicos, tanto en el eje de la presa como en el área del vaso de almacenamiento.

Tabla N° 7.1: Descripción de las líneas geoelectrica.

Ubicación	N° Línea	PERFIL GEOELECTRICO	COORDENADA UTM		LONGITUD (m)	PROFUNDIDAD (m)	DIRECCION	Cota max.y min.	Equidistancia entre electrodos	Descripción
			INICIAL	FINAL				m.s.n.m		
ZONA DEL EJE DE PRESA	1	A - A'	801308 E; 8368517 N	801140 E; 8368489 N	176	50	NE - SW	4435.45 4445.68	3m	Emplazado a lo largo de la trocha de acceso construido en la margen izquierda de la zona del eje del dique en estudio.
	2	B - B'	801333 E; 8368449 N	801158 E; 8368393 N	184	50	NE - SW	4427.41 4425.52	3m	Está emplazada en la margen derecha del río Huancarama a la altura del eje del dique de la presa.
	3	C - C'	801253 E; 8368398 N	801249 E; 8368498 N	106	36	NW - SE	4441.6 4439.41	2m	Es perpendicular a las 2 primeras líneas y en el alineamiento del eje del dique.
ZONA DE VASO DE PRESA	4	D - D'	800554 E; 8367805 N	800429 E; 8367917 N	170	50	NW - SE	4427.15 4426	3m	Desde el flanco izquierdo hasta el flanco derecho, con intersección a las líneas 5 y 6.
	5	E - E'	800457 E; 8367936 N	800421 E; 8367884 N	64	20	NE - SW	4426.6 4427	1m	Es paralela a la dirección del valle y en la margen izquierda del río, perpendicular la línea 4.
	6	F - F'	800575 E; 8367840 N	800533 E; 8367799 N	59	18	NE - SW	4426 4426.36	1m	Es paralela a la dirección del valle y en la margen derecha del río, perpendicular la línea 4.

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

7.3 PROCESAMIENTO E INTERPRETACIÓN DE DATOS GEOFÍSICOS

Procesamiento.

Con la información obtenida en campo, se ha procesado toda la información de las seis líneas sísmicas, obteniendo como resultado las secciones del subsuelo de tomografía eléctrica, los mismos que se observa en las imágenes posteriores (Foto N°7.4).



Foto N° 7.4: Se muestra la instalación del equipo de tomografía.

Interpretación y confección de perfiles y/o secciones geoelectricas

Las secciones han sido interpretadas en función a las resistividades del subsuelo emitidas de los ensayos de tomografía, también se han tomado en cuenta los criterios de interpretación, como los tipos de afloramientos de las formaciones rocosas, su grado de fracturamiento, sus alteraciones y sus características estructurales que se observan en superficie; ya que los rangos de resistividades que tienen las diferentes formaciones rocosas como los suelos, se traslapan en valores de resistividad y no permitirían una interpretación adecuada por si solas.

La interpretación de las resistividades de las rocas existentes, se ha comparado y revisado con las tablas Keller Frischknecht y Urbieta, basadas en el tipo de roca, en la edad de la roca y los contenidos de humedad que tienen los suelos y rocas.

La siguiente tabla es de acuerdo a la edad geológica de las rocas y suelos.

Tabla N° 7.2: Relación de resistividades eléctricas de acuerdo con la litología y edad geológica.

Edad geológica	Arenas marinas, guarras, gránulica	Arenas terrestres, argilita, arcosa	Rocas volcánicas como basaltos, riolitas, tobas	Granito, gabbro	Caliza, dolomía, eshidrita, sal.
Devonico	1-10	15-50	10-200	500-3000	50-5000
Mesozoico	5-20	25-100	20-200	500-2000	100-10,000
Carbonifero	10-40	50-200	50-200	1,000-5,000	100-100,000
Palozoico	40-200	100-500	100-2000	1,000-3,000	10,000-100,000
PreCambriano	100-3,000	500-5,000	200-5,000	5,000-20,000	10,000-100,000

Fuente: Keller Frischknecht, 1966 (valores de resistividad en ohm-m).

En las tablas se indican las resistividades que caracterizan a los minerales, a las rocas y a los sedimentos, y dentro de estos últimos también se aprecian diferencias notorias entre los de grano fino (margas, limos, arcillas), los de grano mediano (arenas) y grueso (gravas).

Tipo de terreno	Resistividad del terreno ρ (Ohm)	
	Margen de valores	Valor medio
Terreno pastoso	2 - 50	30
Bano mezclada con paja	2 - 200	40
Terreno fangoso y arcilloso, húmedo	20 - 250	100
Arena y terreno arenoso	50 - 3,000	200 (húmedo)
Turba	> 1,200	200
Grava (húmeda)	50 - 3,000	1,000 (húmeda)
Terreno pedregoso y rocoso	100 - 8,000	2,000
Hormigón: 1 parte de cemento + 3 partes de arena	50 - 300	150
1 parte de cemento + 5 partes de grava	100 - 8,000	400

Tabla N° 7.3: Valores de resistividad de rocas

Rocas ígneas y metamórficas	Resistividad ($\Omega \cdot m$)	Rocas sedimentarias	Resistividad ($\Omega \cdot m$)
Granito	$5 \times 10^3 - 10^8$	Arenisca	$8 - 4 \times 10^3$
Granito alterado	1500-10000	Lutita	$20 - 2 \times 10^3$
Granito muy alterado	100-600	Caliza	$100 - 5 \times 10^3$
Basalto	$10 - 1.3 \times 10^7$	Caliza compacta	1000-5000
Ande síta	$4.5 \times 10^4 - 1.7 \times 10^2$	Caliza blanda	100-300
Diorita	10^3	Caliza fracturada	500-1000
Gabro	$10^3 - 10^6$	Limonita	$50 - 10^7$
Sienita	$10^2 - 10^8$	Dolomita	$3.5 \times 10^2 - 5 \times 10^3$
Peridotita	$3 \times 10^3 - 6.5 \times 10^3$	Margas secas	10^2
Lavas	$10^2 - 5 \times 10^4$	Margas húmedas	10
Pizarra	$6 \times 10^2 - 4 \times 10^7$		
Mármol	$10^2 - 2.5 \times 10^8$		
Cuarcita	$10^2 - 2 \times 10^8$		

Fuente: Tesis de maestría de Urbietta-2009

La toma de datos en las líneas geoelectricas previamente definidas se han realizado mediante dos métodos, por ser óptimas y representativas en el tipo de suelo ensayado, se debe precisar, que los métodos son: Wenner y Wenner-Schlumberger, el primero porque permite diferenciar resistividades en la vertical con mayor precisión y el segundo permite precisar las resistividades en la horizontal.

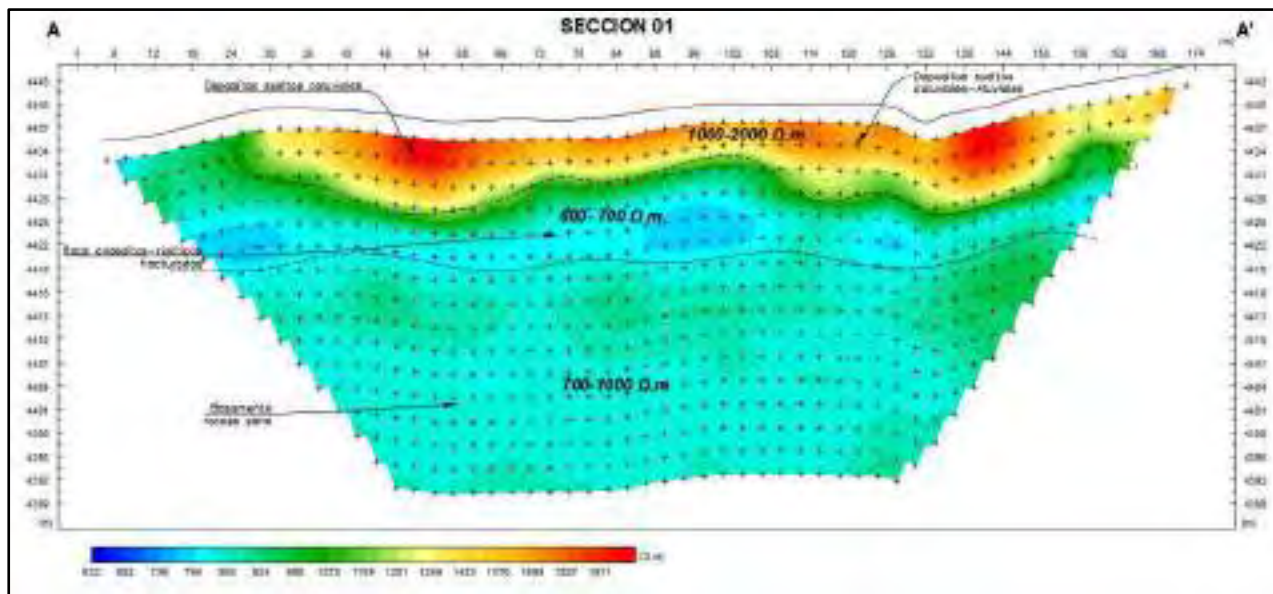
A continuación, se realiza la descripción de cada una de las secciones.

7.3.1 Sección tomográfica N° 1 (Imagen N°7.2).

7.3.1.1 *Procesamiento*

Se encuentra ubicada en la margen izquierda del río Husillo, en la zona de emplazamiento del dique, con una dirección NW-SE, casi perpendicular al dique; la profundidad alcanzada en el ensayo llega a 50m.; el método que se ha utilizado para esta sección es de Wenner-Schlumberger; con resultados que expresan una resistividad que va desde 632 a más de 1900 $\Omega \cdot m$.

Imagen N° 7.2: Sección tomográfica de la línea N° 1



Fuente: Resultado de sección Geoelectrico después de procesar la funcionalidad R-TomoG.

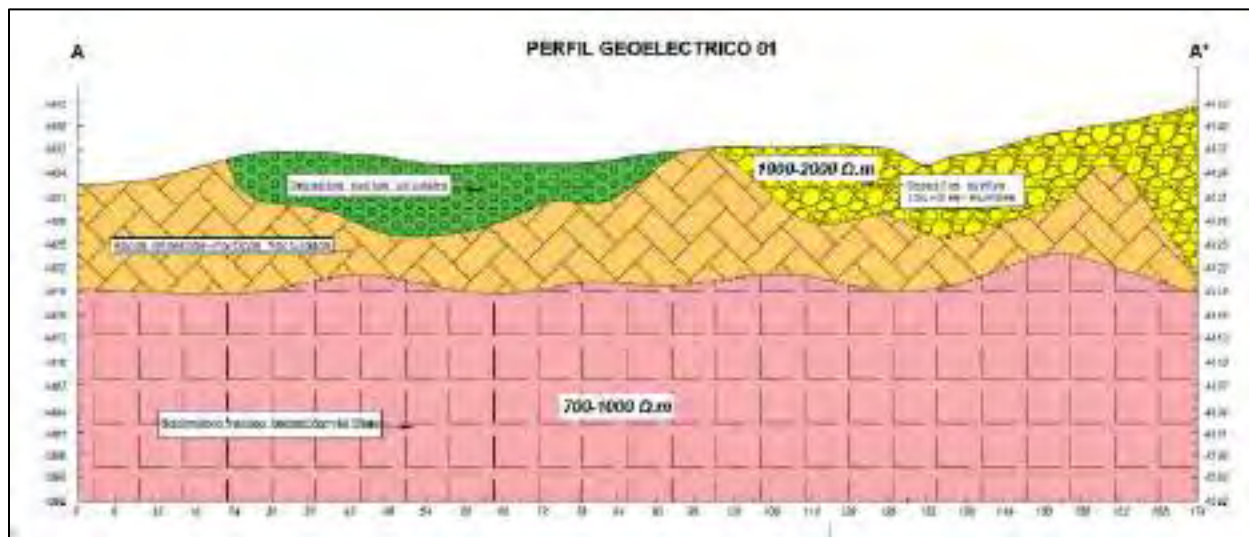
7.3.1.2 Interpretación (Imagen N° 7.3)

Sector Geo-resistivo de rango superior. El horizonte geo-resistivo superior que se encuentra en el rango de 1000 a 2000 Ω m , se ha interpretado como rocas sueltas sin matriz que lo soporte, se trata de depósitos coluviales y coluviales-aluviales constituidos por grandes bloques de hasta 2 m de lado producto de derrumbes a consecuencia de la alteración físico química ocurrida durante la etapa de gelifracción de las rocas andesíticas- riolíticas que afloran en la zona alta de la margen izquierda del río Huancarama, a la altura de la boquilla del dique propuesto para la presa Huisillo punku. Se observan diques de rocas sub volcánicas.

Sector Geo-resistivo de rango intermedio. El sector geo-resistivo de rango intermedio, entre 700 Ω m y 1000 Ω m, se ha interpreta como basamento rocoso compacto de andesitas-riolíticas, este basamento se encuentra a partir de los 15m., de profundidad en promedio.

Sector Geo resistivo de rango inferior. El sector geo-resistivo de rango inferior entre 80 Ω m y 700 Ω m, se interpreta como rocas andesitas-riolíticas, que en superficie presentan cierto grado de fracturamiento y porosidad, por lo que su contenido de humedad es un factor que interviene en su menor resistividad.

Imagen N° 7.3: Interpretación geotécnica de la sección tomográfica N° 1



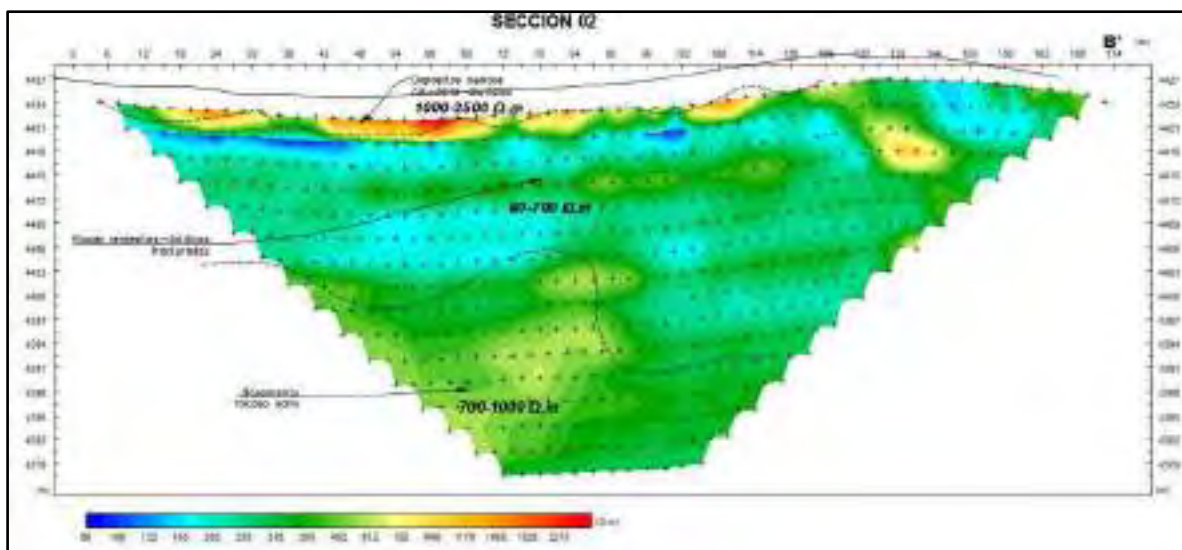
Fuente: Elaborado por los tesisistas.

7.3.2 Sección tomográfica N° 2

7.3.2.1 Procesamiento

Se encuentra ubicada en la margen derecha del río Huisillo, en la zona de emplazamiento del dique, casi perpendicular al dique, esta sección tomográfica se obtuvo por el método Wenner (Imagen N° 7.4), tienen un rango de resistividad de 86 a más de 2200 Ω m. La profundidad alcanzada en el ensayo supera los 50 m.

Imagen N° 7.4: Sección tomográfica de la línea N° 2



Fuente: Resultado de sección Geoelectrico después de procesar la funcionalidad R-TomoG.

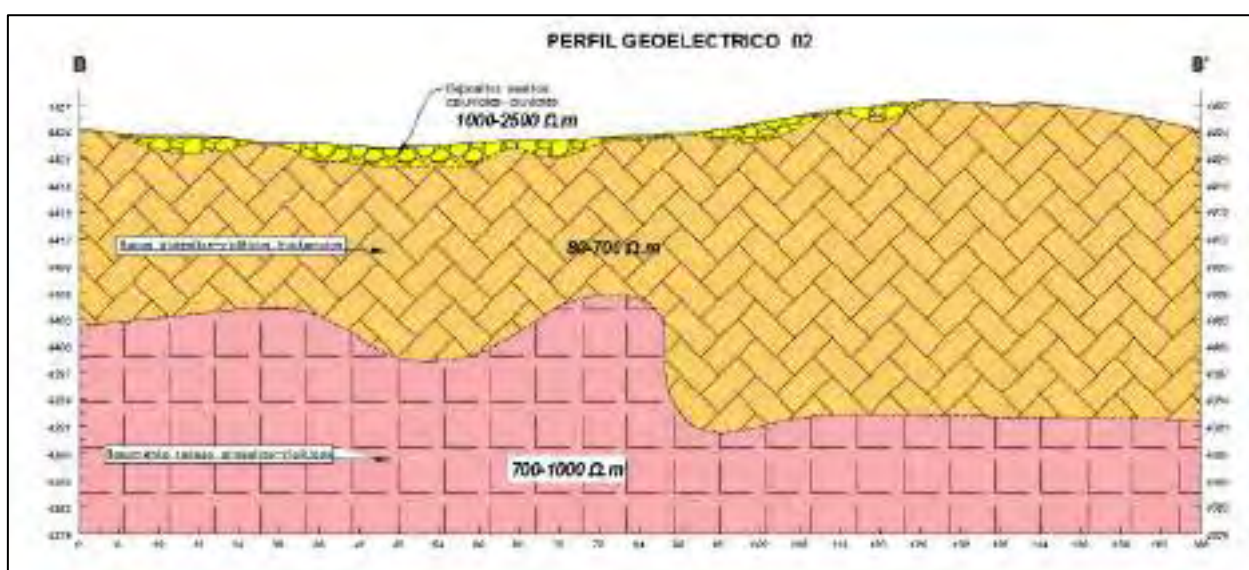
7.3.2.2 Interpretación (Imagen N° 7.5)

Sector Geo-resistivo de rango superior. El horizonte geo-resistivo superior que se encuentra en el rango de $1000 \Omega \text{ m}$ a $2500 \Omega \text{ m}$, se ha interpretado como depósitos cuaternarios sueltos coluviales-aluviales (no presentan matriz fina), constituidos por grandes bloques de hasta 1.50 m de lado producto de derrumbes de las rocas andesíticas- riolíticas que afloran en la zona alta de la margen derecha del rio Huancarama, está también se encuentra a la altura de la boquilla del dique de presa.

Sector Geo-resistivo de rango intermedio. El sector geo-resistivo de rango intermedio entre $700 \Omega \text{ m}$ y $1000 \Omega \text{ m}$, se interpreta como rocas volcánicas compactas, se trata de rocas volcánicas andesitas-riolíticas, tomadas en cuenta como basamento rocoso, ubicadas a partir de los 11m., de profundidad aproximadamente.

Sector Geo resistivo de rango inferior. El sector geo-resistivo de rango inferior entre $80 \Omega \text{ m}$ y $700 \Omega \text{ m}$, se interpreta como rocas volcánicas andesitas-riolíticas con cierto grado de fracturamiento.

Imagen N° 7.5: Interpretación geotécnica de la sección tomográfica N° 2



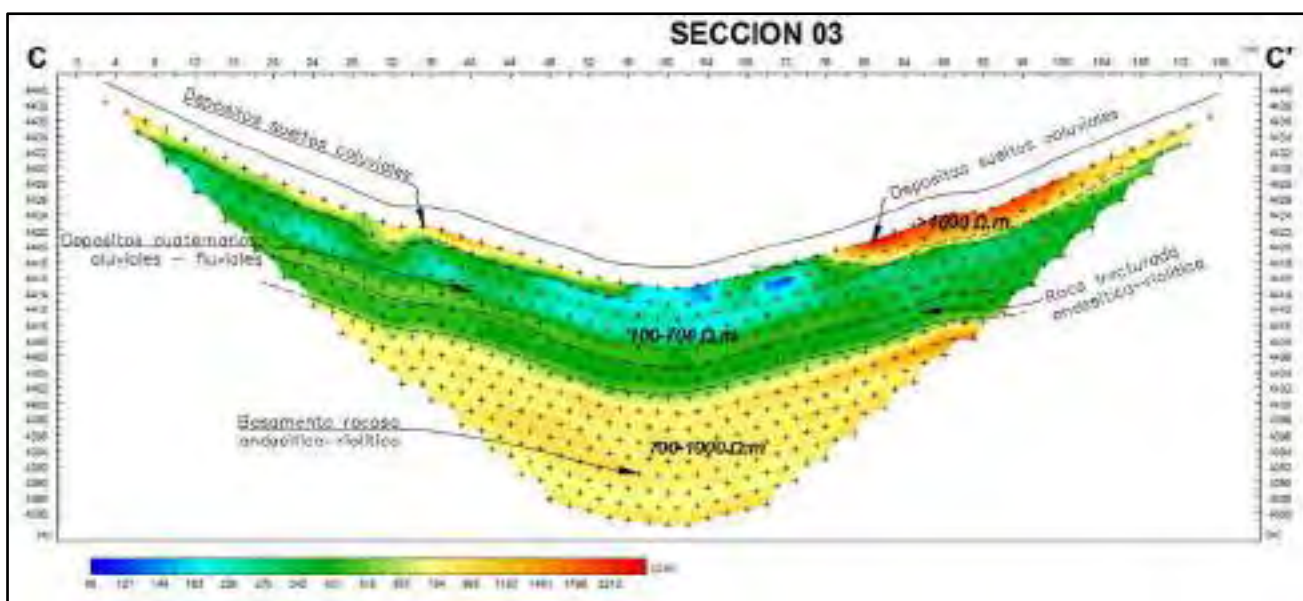
Fuente: Elaborado por los tesisistas.

7.3.3 Sección tomográfica N° 3

7.3.3.1 *Procesamiento*

Se ubica en la zona de emplazamiento del dique, casi perpendicular al cauce del río y casi paralelo al dique proyectado, esta sección tomográfica se ha obtenido por el método Wenner (Imagen N°7.6), cuyos resultados tienen un rango de resistividad de 98 a más de 22000 Ω m, hasta 2212 Ω m. Los valores máximos se hallan en la margen derecha del río Huancarama y los valores intermedios e inferiores en la margen izquierda del río, con una tendencia de inclinación hacia el NW. La profundidad alcanzada en el ensayo supera los 35 m.

Imagen N° 7.6: Sección tomográfica de la línea N° 3



Fuente: Resultado de sección Geoelectrico después de procesar la funcionalidad R-TomoG.

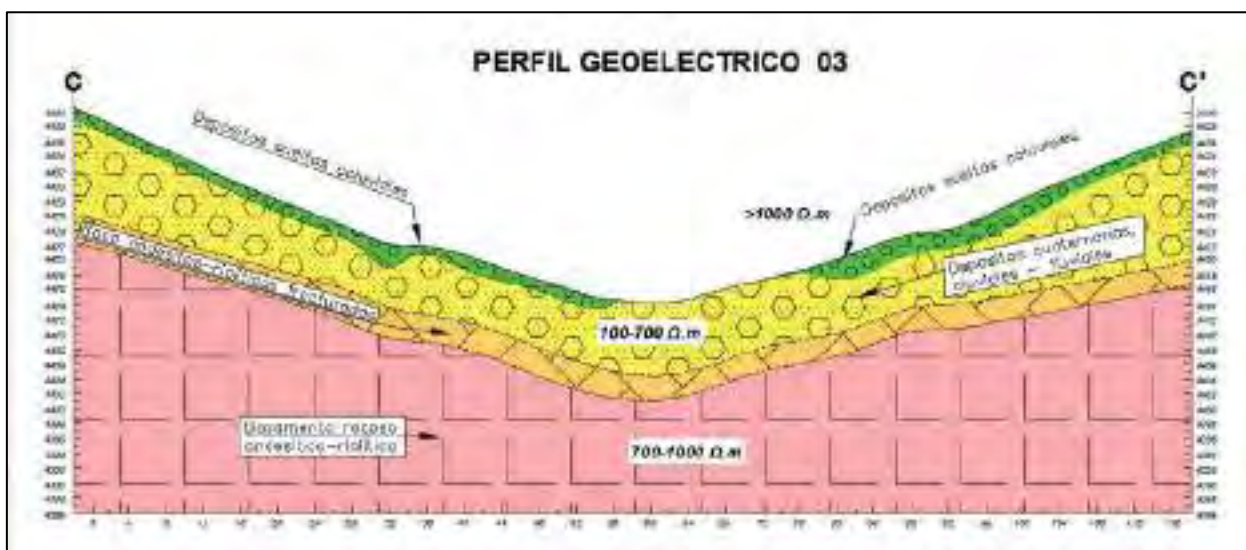
7.3.3.2 *Interpretación (Imagen N° 7.7)*

Sector Geo-resistivo de rango superior(A). El sector geo-resistivo superior con más de 1000 Ω m, se ha interpretado como depósitos cuaternarios coluviales sueltos compuestos por bloques y bolones con una escasa matriz de gravas con arenas es estado suelto, dichos depósitos se ubican en ambas márgenes del río Huisillo, a la altura del dique de la presa.

Sector Geo-resistivo de rango intermedio. El sector geo-resistivo de rango intermedio entre $700 \Omega \text{ m}$ y $1000 \Omega \text{ m}$, se interpreta como basamento rocoso, constituidos por rocas volcánicas andesitas-riolíticas.

Sector Geo resistivo de rango inferior. El sector geo-resistivo de rango inferior entre $100 \Omega \text{ m}$ y $700 \Omega \text{ m}$, se interpreta, una parte como rocas volcánicas andesitas- riolíticas con cierto grado de fracturamiento y el otro sector constituido por depósitos cuaternarios aluviales, fluviales, compuesta por fragmentos de rocas de hasta 2m de diámetro en una matriz limo arenosa suelta.

Imagen N° 7.7: Interpretación geotécnica de la sección tomográfica de la línea N° 3



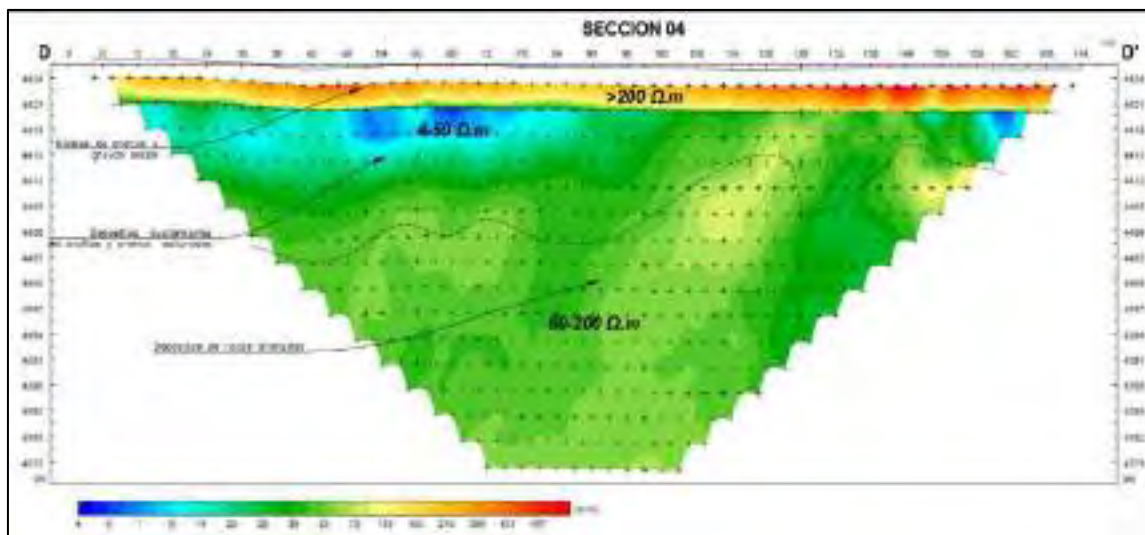
Fuente: Elaborado por los tesisistas.

7.3.4 Sección tomográfica N° 4

7.3.4.1 Procesamiento

Se ubica en la zona media del vaso de la presa, casi perpendicular al cauce del río, esta sección tomográfica obtenida por el método Wenner (Imagen N° 7.8), tienen un rango de resistividad de 4 a más de $600 \Omega \text{ m}$. Los valores máximos se hallan hacia la superficie en una alineamiento uniforme a lo largo de toda la sección, y los valores intermedios e inferiores se hallan distribuidos en las zonas inferiores. La profundidad alcanzada supera los 45 m.

Imagen N° 7.8: Sección tomográfica de la línea N° 4



Fuente: Resultado de sección Geoelectrico después de procesar la funcionalidad R-TomoG.

7.3.4.2 Interpretación (Imagen N° 7.9)

Sector Geo-resistivo de rango superior. El sector geo-resistivo superior con más de $200 \Omega \text{ m}$, se ha interpretado como un depósitos cuaternarios constituidos por niveles de limoarcilla, arena y gravas, en un estrato de espesor ligeramente uniforme que tienen entre 3 y 4 de espesor, en algunos sectores con turba de materia orgánica que es parte de este espesor.

Sector Geo-resistivo de rango intermedio. El sector geo-resistivo de rango inferior entre $50 \Omega \text{ m}$ y $200 \Omega \text{ m}$, se interpreta como rocas volcánicas andesita- riolita alteradas, ubicada a partir de los 20m., de profundidad en promedio.

Sector Geo resistivo de rango inferior. El sector geo-resistivo de rango intermedio entre $4 \Omega \text{ m}$ y $50 \Omega \text{ m}$, se interpreta como depósitos cuaternarios de arcillas y arenas saturadas y que varían hasta húmedas.

Imagen N° 7.9: Interpretación geotécnica de la sección tomográfica de la línea N° 4



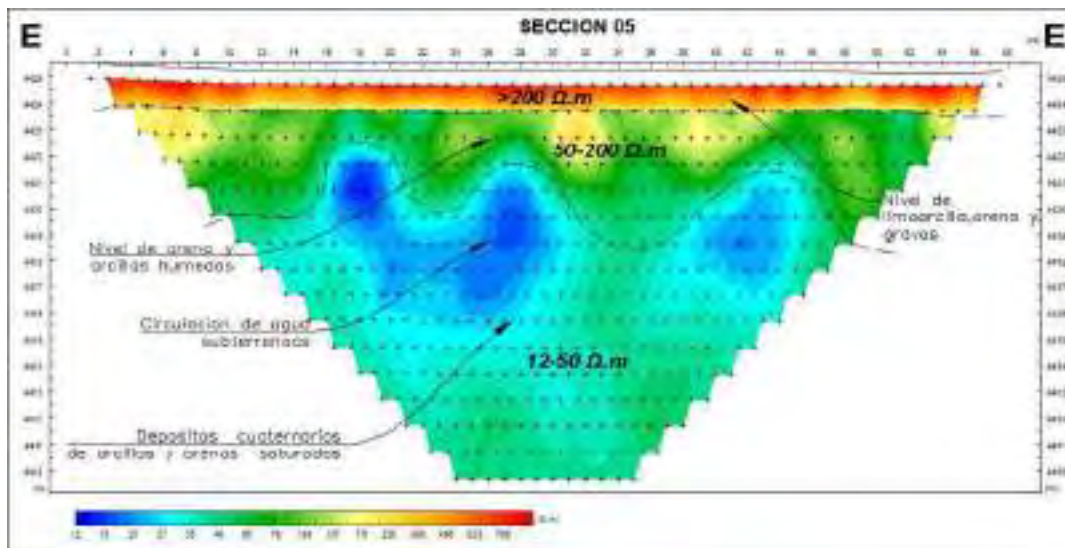
Fuente: Elaborado por los tesisistas.

7.3.5 Sección tomográfica N° 5

7.3.5.1 *Procesamiento*

Se ubica en la margen izquierda del cauce del río, casi paralela a la dirección del río y perpendicular a la línea 4, esta sección tomográfica obtenida por el método Wenner (Imagen N° 7.10), tienen un rango de resistividad de 12 a más de 700 Ω m. Los valores máximos se hallan hacia la superficie, siendo los valores inferiores que tienen más incidencia en las zonas inferiores debajo de 6 m de profundidad. La profundidad alcanzada del ensayo supera los 15 m.

Imagen N° 7.10: Sección tomográfica de la línea N° 5



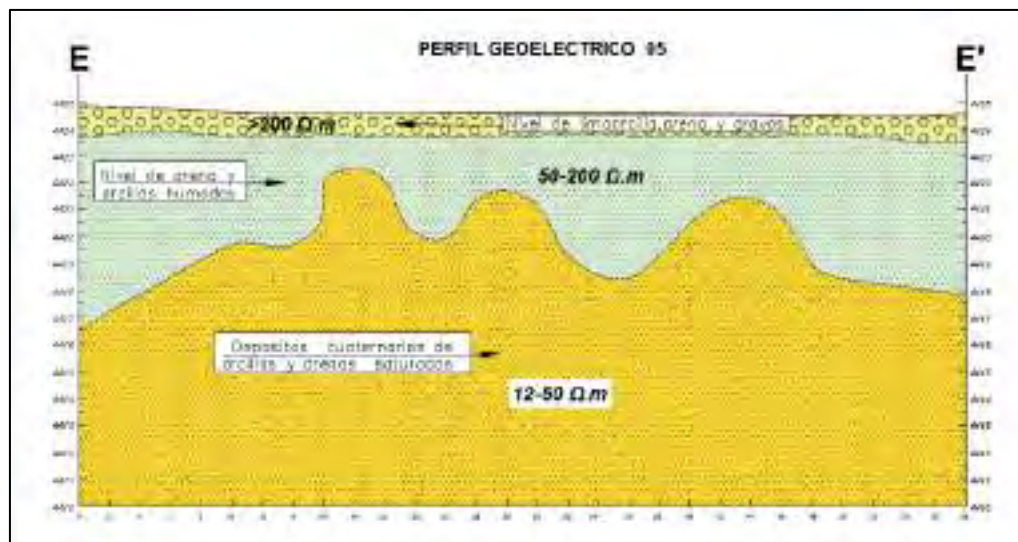
7.3.5.2 Interpretación (Imagen N° 7.11)

Sector Geo-resistivo de rango superior. El sector geo-resistivo superior con más de 200 Ω m, se ha interpretado como niveles de limoarcilla, arena y grava, derivadas de la alteración de rocas volcánicas, presenta un cierto grado de humedad.

Sector Geo-resistivo de rango intermedio. El sector geo-resistivo de rango intermedio, entre 50 Ω m y 200 Ω m, se interpreta como nivel de arenas y arcillas húmedas.

Sector Geo resistivo de rango inferior. El sector geo-resistivo de rango inferior, entre 12 Ω m y 50 Ω m, se interpreta como depósitos de arcillas y arenas saturadas, ya que se observa en las secciones la circulación de aguas subterráneas.

Imagen N° 7.11: Interpretación geotécnica de la sección tomográfica N° 5



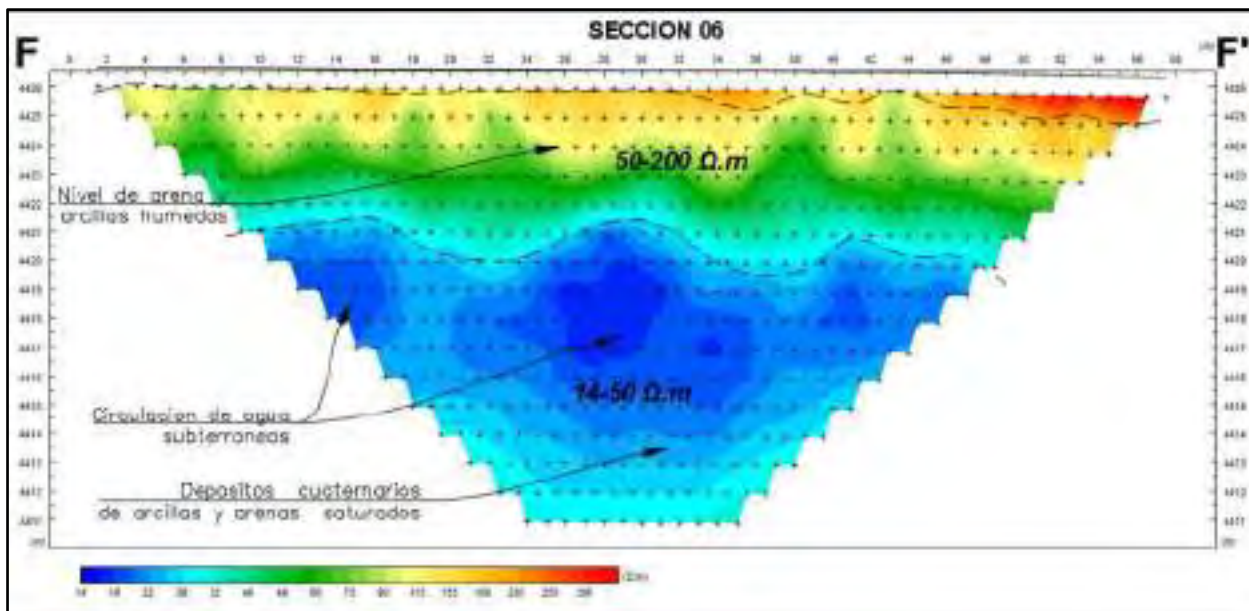
Fuente: Elaborado por los tesisistas.

7.3.6 Sección tomográfica N° 6

7.3.6.1 Procesamiento

Se ubica en la margen derecha del cauce del río, paralelo a la dirección del río y perpendicular a la línea 4, esta sección tomográfica obtenida por el método Wenner (Imagen N° 7.12), tienen un rango de resistividad de 14 a más de 300 Ω m. Los valores máximos se hallan hacia la superficie en una alineamiento uniforme a lo largo de toda la sección, y los valores intermedios e inferiores se hallan distribuidos en las zonas inferiores.

Imagen N° 7.12: Sección tomográfica de la línea N° 6



Fuente: Resultado de sección Geoelectrico después de procesar la funcionalidad R-TomoG.

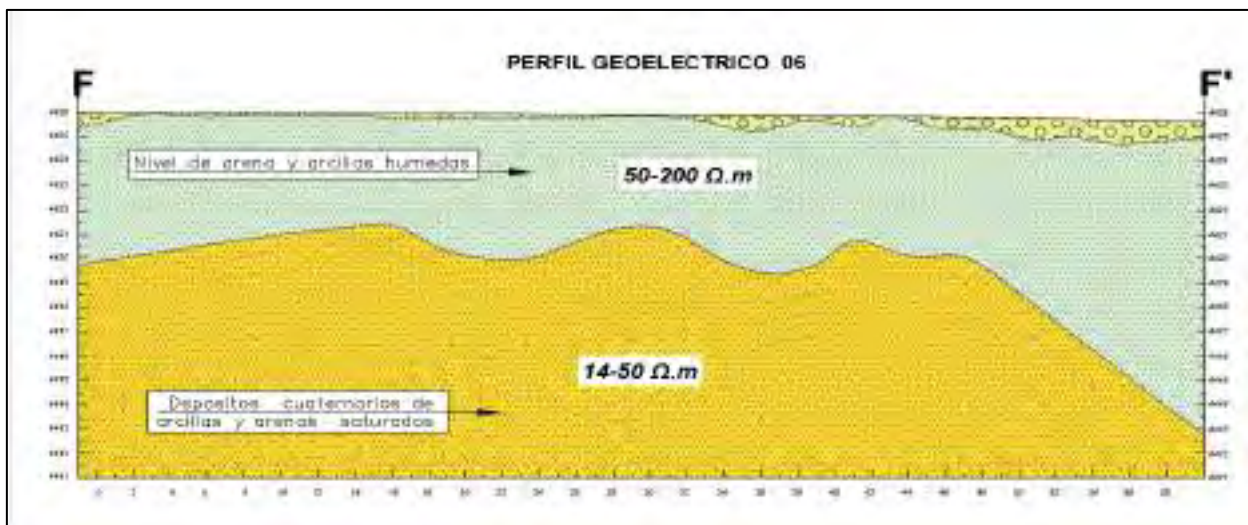
7.3.6.2 Interpretación (Imagen N° 7.13)

Sector Geo-resistivo de rango superior. El sector geo-resistivo superior con más de 200 Ω m, se ha interpretado como un depósitos constituidos por limoarcillas, arenas y gravas, en algunos sectores con turba de materia orgánica.

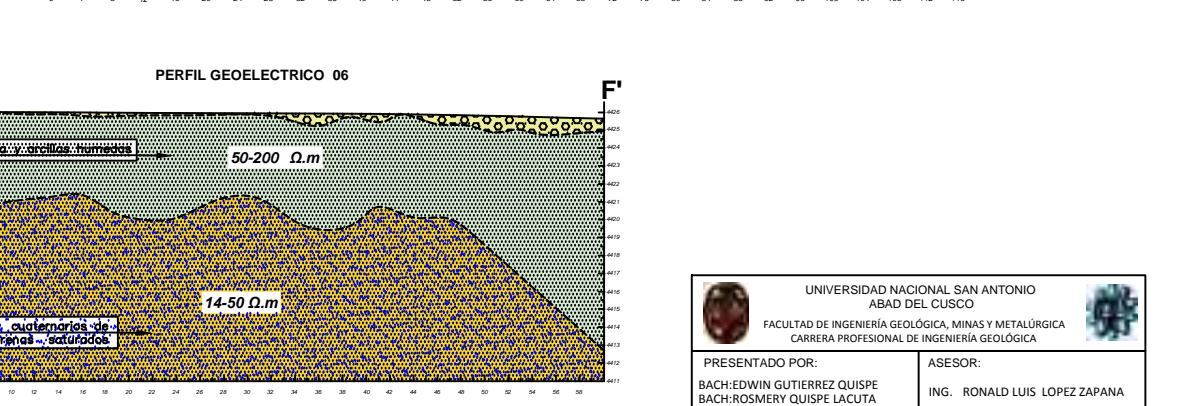
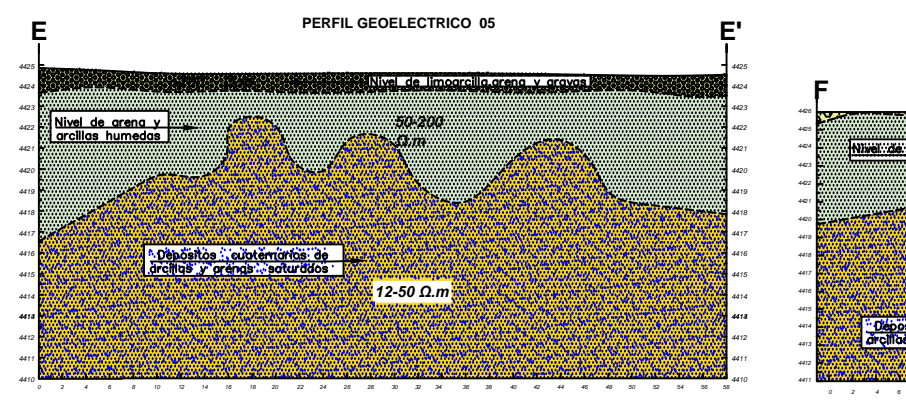
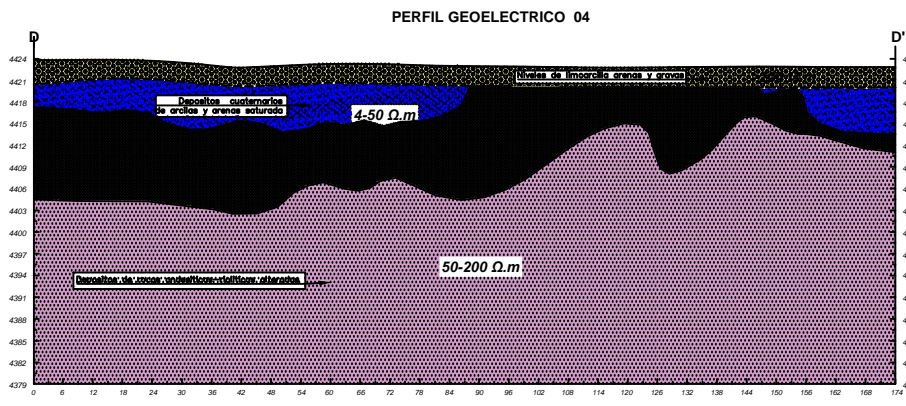
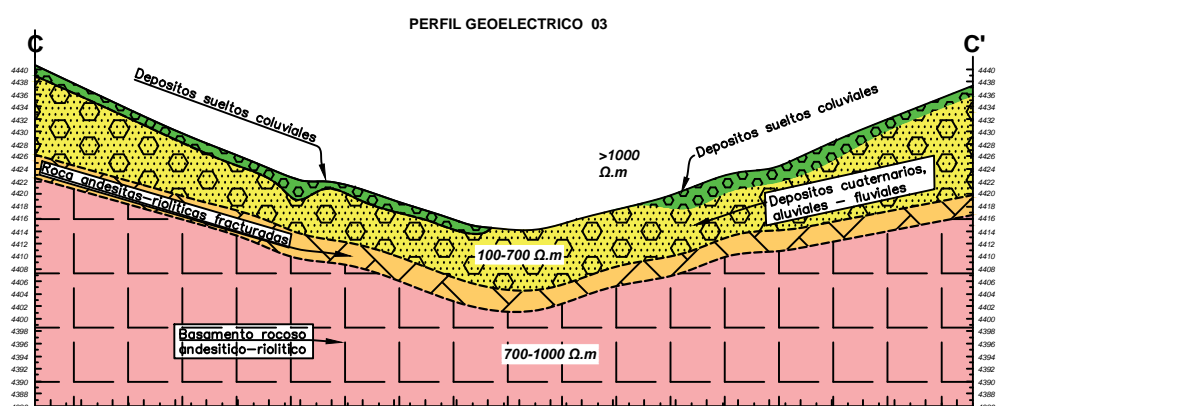
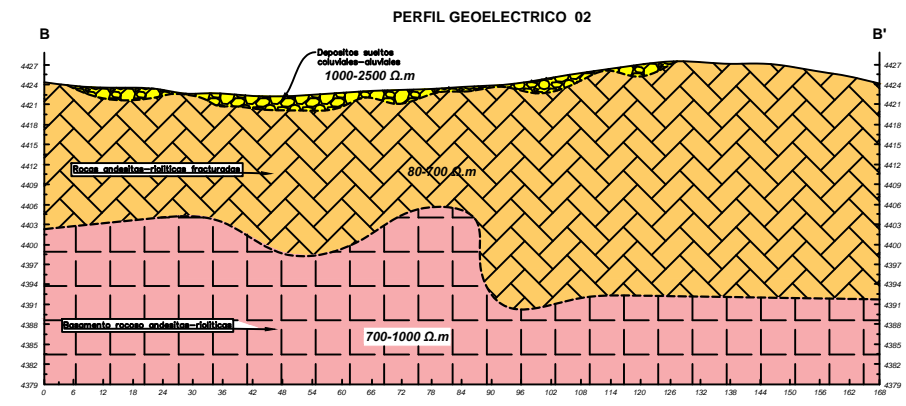
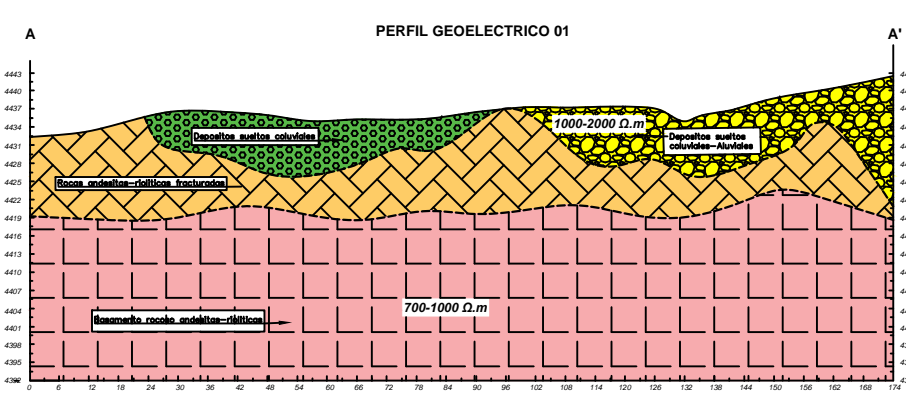
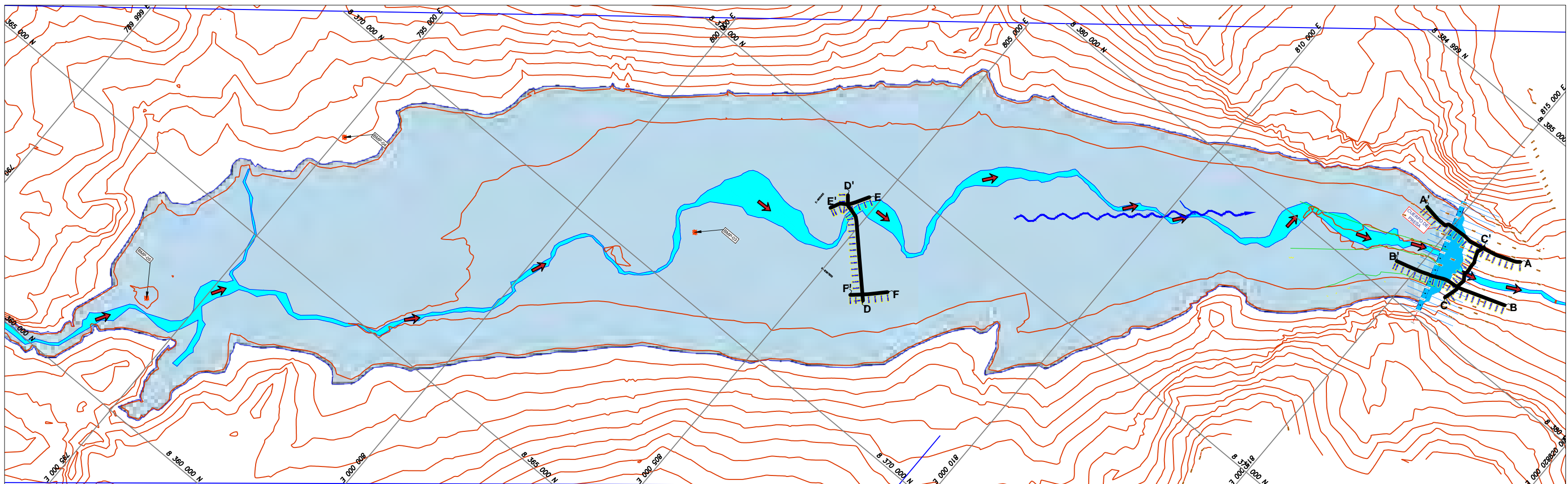
Sector Geo-resistivo de rango intermedio. El sector geo-resistivo de rango intermedio, entre 50 Ω m y 200 Ω m, se interpreta como niveles de arenas y arcillas húmedas, aproximadamente a una profundidad de 4m.

Sector Geo resistivo de rango inferior. El sector geo-resistivo de rango inferior, entre 14 Ω m y 50 Ω m, se interpreta como depósitos de arcillas y arenas saturadas, en el que se puede apreciar algunas zonas que tienen circulación de aguas subterráneas, zonas ubicadas bajo los 8m en promedio.

Imagen N° 7.13: Interpretación geotécnica de la sección tomográfica N° 6



Fuente: Elaborado por los tesisistas.



SIMBOLOGIA										LITOLOGIA	RESISTENCIA
700-1000 Ω.m	80-700 Ω.m	>1000 Ω.m	1000-2000 Ω.m	100-700 Ω.m	>200 Ω.m	50-200 Ω.m	50-200 Ω.m	12-50 Ω.m			

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO
 ABAD DEL CUSCO
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINAS Y METALÚRGICA
 CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLÓGICA

PRESENTADO POR:
 BACH: EDWIN GUTIERREZ QUISPE
 BACH: ROSMERY QUISPE LACUTA

ASESOR:
 ING. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA

TESIS: "ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOTÉCNICO DEL TERRENO DE FUNDACIÓN PARA LA CONSTRUCCIÓN DE LA PRESA HUISILLOPUNKU - SANTO TOMAS"

MAPA: De Ubicación de Líneas Geoelectricas con sus respectivos perfiles de la Presa Huisillo Punku

UBICACIÓN POLITICA: SANTO TOMAS
 DISTRITO: SANTO TOMAS
 PROVINCIA: CHUMBIVILCAS
 DEPART.: CUSCO

FECHA: Marzo 2022
 FUENTE: Propia

M-13

CAPITULO VIII: GEOTECNIA

8.1 GENERALIDADES.

8.1.1 INTRODUCCIÓN.

Las Investigaciones geotécnicas detalladas realizadas en el sitio de la presa, tiene la finalidad de conocer las propiedades físico-mecánicas del área de estudio, realizando excavaciones de investigación, mecánica de suelos y roca, Sondajes Diamantinas con recuperación continúa de muestra, las cuales nos permitirán definir y obtener sus características Físicas – Mecánicas del terreno de fundación del eje y en el vaso de la presa.

Por el cual brindaran las condiciones estratigráficas y litológicas (espesor de los depósitos), verificar la calidad del macizo rocoso y/o suelo, su capacidad portante y sus riesgos geodinámicos externos en la presa Huisillopunku.

8.2 CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DEL VASO DE LA PRESA

8.2.1 SECUENCIA LITOLÓGICA EN EL VASO DE PRESA

Para determinar el perfil estratigráfico de los suelos en el vaso, se ha realizado la exploración del subsuelo a través de la apertura de calicatas, para lo cual se han dado apertura a 10 pozos de investigación (Calicatas) distribuidas estratégicamente dentro del vaso de almacenamiento, las cuales se describen brevemente a continuación.

8.2.1.1 *La Calicata V-1*

Presenta un estrato superficial limo arenoso (ML) que subyace a un suelo areno arcilloso (SC) con algunos clastos de rocas volcánicas de forma tabular y bordes angulosos, sedimentos característicos de depósitos coluviales, se aprecia el nivel freático a 1.60 m.

8.2.1.2 *La Calicata V-2*

Presenta una estratigrafía peculiar, con una cobertura de limo arenoso (ML), seguida por una secuencia de arcillas orgánicas de alta compresibilidad (OH) que alternan con gravas limosas (GM)

y arenas limosas (SM), evidencia de que se llevaron eventos fluviales y palustres en el vaso Huisillo.

8.2.1.3 *Las Calicatas V-7 y V-8*

Se ubican cerca al eje de represamiento en las márgenes izquierda y derecha respectivamente, también sobre depósitos coluvio aluviales pero de pie de monte o ladera, se clasifican como gravas pobremente graduadas en matriz arcillosa (GP-GC) y gravas limo arcillosas (GM-GC), con clastos de diversos tamaños de rocas volcánicas con bordes angulosos a subangulosos.

8.2.1.4 *Las Calicatas V-4 y V-6*

Se emplazan sobre el piso de valle o palustre, ambas presentan una cobertura de suelo palustre y en la base presentan arenas pobremente graduadas a graduadas (SP a SW) y arenas limosas (SM), con clastos bien redondeados, de forma esférica, se aprecia la presencia de napa freática a una profundidad de 1.10 m y 0.40 m.

8.2.1.5 *La Calicata V-3*

Está ubicada en la ladera izquierda del vaso, en la zona de carcavamiento, presenta una secuencia que alterna gravas arcillosas (GC) con gravas limosas (GM), con clastos pequeños angulosos de rocas riolíticas muy alteradas de color amarillo pardusco, capas que tienen cierta estratificación a favor de la pendiente, en general son de carácter permeable a poco permeable, de baja cohesión a ligeramente cohesivos.

8.2.1.6 *La Calicata V-5*

Se emplaza sobre la base de un cono aluvial, por consiguiente presenta una secuencia de gravas limo arcillosas (GM-GC) y gravas graduadas en cementante limoso (GW-GM) con clastos subangulosos a subredondeados, suelos de buena a escasa cohesión, típicos de cono aluvial.

8.2.1.7 La Calicata V-9

Está ubicado sobre depósitos aluviales de barreras de río, conformada por una secuencia de limos inorgánicos (ML), arenas arcillosas (SC), que sobreyacen a bolonería dispersa de rocas volcánicas con bordes subredondeados a redondeados, con nivel freático a 1.60 m de profundidad.

8.2.1.8 La Calicata V-10

Se emplaza sobre depósito eluvio coluvial conformado por arenas arcillosas (SC) que cubren a gravas pobremente graduadas en cementante limoso (GP-GM), suelos que corresponden a los depósitos que conforman el eje de represamiento, el nivel a aguas subterráneas de encuentra a 1.40 m. En el cuadro siguiente se sintetizan las características físicas mecánicas de las muestras que se obtuvieron en los pozos antes descritos y que fueron sometidas a ensayos de mecánica de suelos (ver hojas de resultados de ensayos):



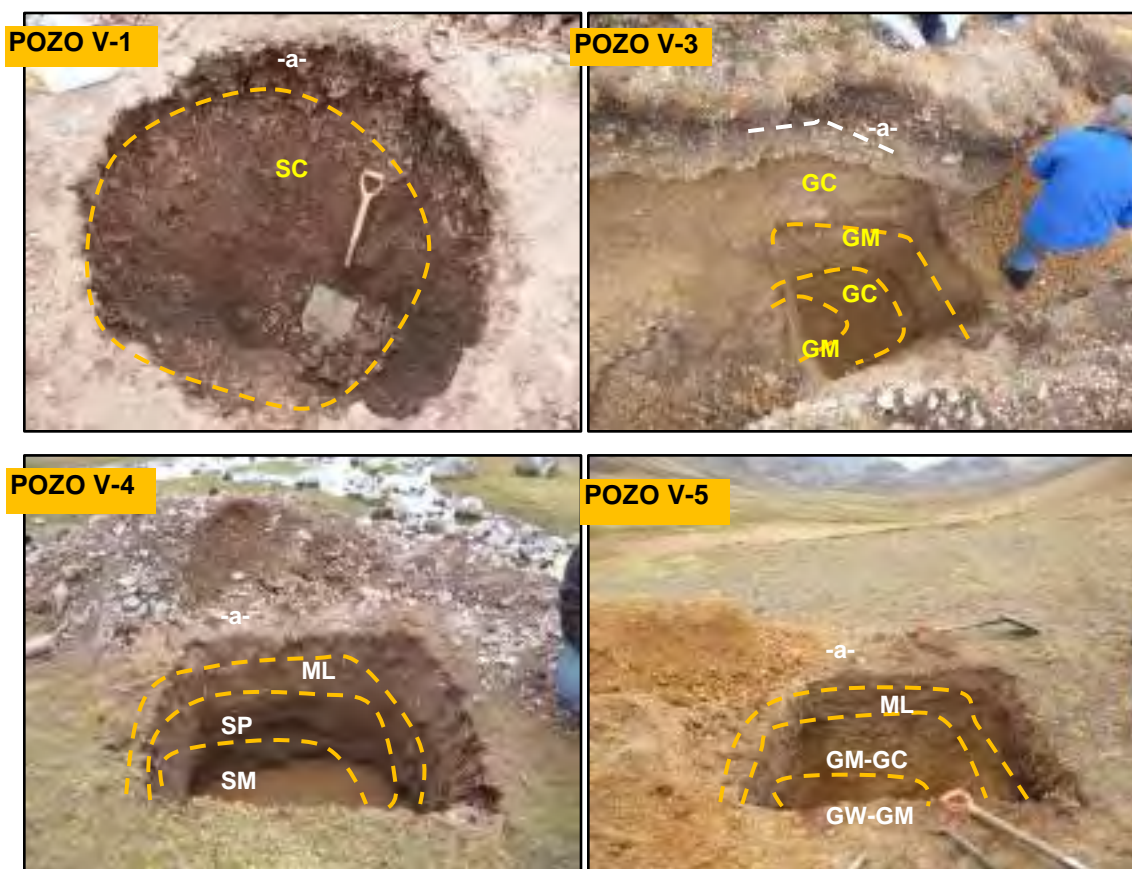
Foto N° 8.1. Foto Izq., Cuarteo de muestra para diferentes ensayos correspondientes al vaso de la presa. Foto Der., ejecución del ensayo de límites de consistencia.

Tabla N° 8.1: Resultados de laboratorio de las muestras del vaso de la presa.

VASO DE PRESA	PROF m.	ANALISIS GRANUL %			L. CONSISTENCIA %			CLASIF SUCS	CONT. HU %
		GRAVA	ARENA	LOA	LL	LP	IP		
V-1 N-2	1.5	33.03	36	30.97	43.89	28.35	15.54	SC	9.67
V-2 N-3	1	40.22	34.95	24.83	42.73	36.64	6.09	GM	27.55
V-2 N-4	1.5	0	0.8	99.2	86.61	55	31.61	OH	64.37
V-3 N-1	1.7	59.31	25.64	15.05	28.36	21.12	7.24	GC	11.93

V-3 N-2	2.2	48.86	37.44	13.7	NP	NP	NP	GM	12.02
V-3 N-3	2.7	57.1	24.96	17.94	27.07	19.94	7.13	GC	13.72
V-4 N-2	0.9	34.29	61.33	4.38	18.95	NP	NP	SP	15.71
V-4 N-3	1.3	21.35	62.51	16.14	19.5	NP	NP	SM	12.33
V-5 N-2	1.8	50.6	22.07	27.33	29.99	23.86	6.13	GM-GC	16.06
V-5 N-3	2	50.46	40.74	8.8	30.88	26.91	3.97	GW-GM	12.35
V-6 N-2	1.3	45.81	52.34	1.85	17.54	NP	NP	SW	7.78
V-7 N-1	1.1	1.32	21.52	77.16	40.55	29.93	10.62	ML	21.88
V-7 N-2	1.6	82.4	9.91	7.69	32.45	21.54	10.91	GP-GC	22.78
V-8 N-1	2.5	44.98	38.5	16.52	30.98	20.43	10.55	GC	13.79
V-9 N-1	1.1	0	45.4	54.6	37.54	30.26	7.28	ML	30.01
V-9 N-2	1.6	20.81	46.75	32.44	40.94	28.98	11.96	SC	14.43
V-10 N-1	2	54.05	35.71	10.24	30.43	25.9	4.53	GP-GM-GC	14.46
M-1 F. DEREC	1.2	27.3	33.59	39.11	34.01	24.09	9.92	SC	13.5

FUENTE: Elaboración por los testistas.



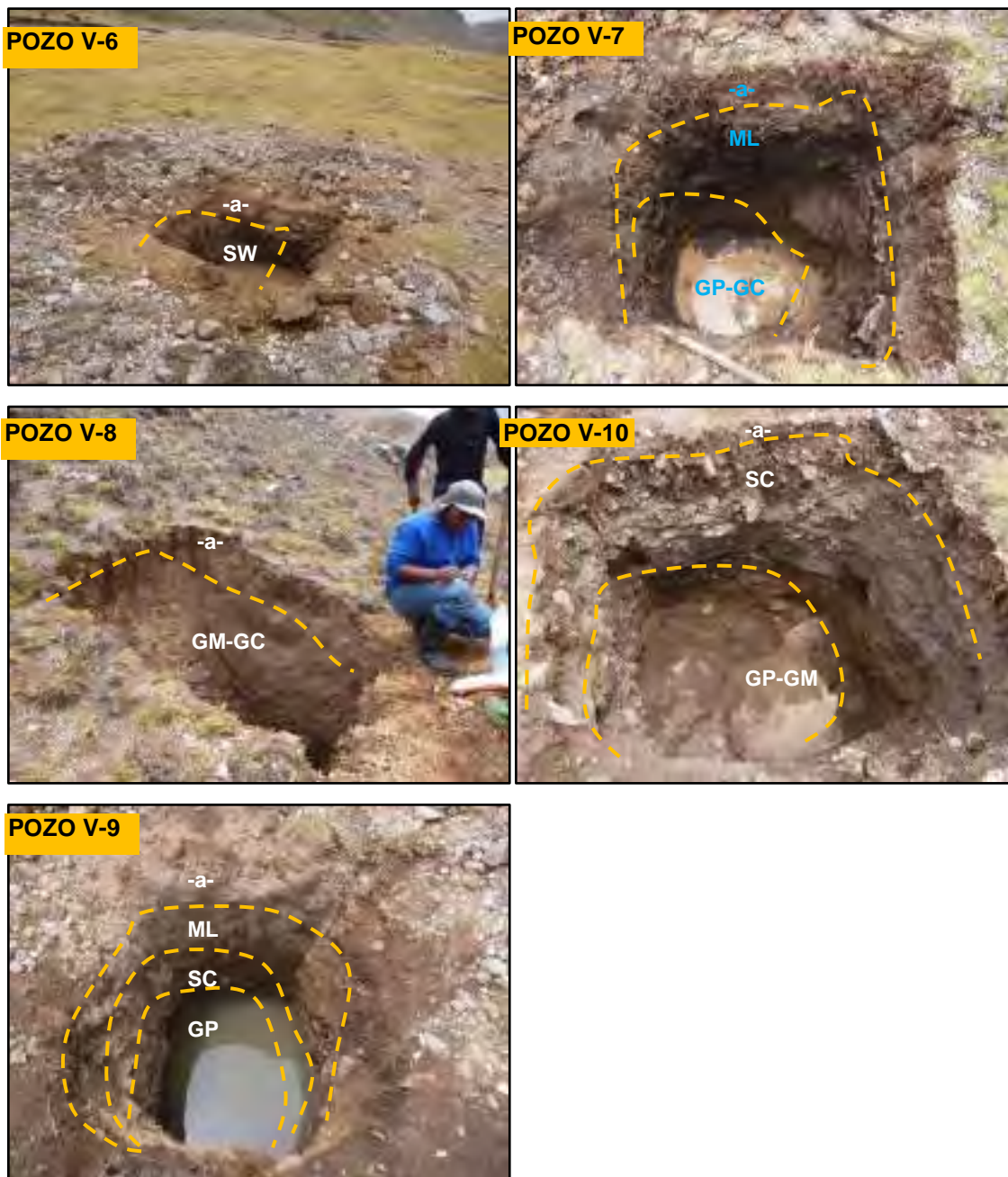

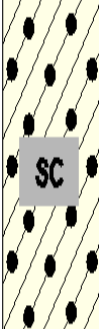


Foto N° 8.2 al 8.10: en las que se muestran los perfiles de las calicatas realizadas distribuidas en el vaso.

Imagen 8.1.a 8.4. Se observa la descripción de 4 calicatas, distribuidos en el vaso de represamiento.

Prof.		m	Muestra	Simbología	Clasificación		N.F.	Descripción de los materiales
					SUCS	AASHTO		
REGISTRO DE EXCAVACION ASTM D 2488 Identificación Visual de Suelos								
TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HUISILLOPUNCU								
UBICACIÓN: SECTOR HUISILLO - CC. Allhuacchuyo - SANTO TOMAS - CHUMBIVILCAS - CUSCO						ESTE: 799909		
CALICATA: V-01						COORDENADAS NORTE: 8367360		
LADO:						COTA: __		
NIVEL FREÁTICO: 1.60								
0.00 - 0.10								top soil
0.10 - 0.30					SM			Arena limosa , de color marrón , con presencia de grava de forma subangulosa a angulosa, dado por el poco transporte .
0.30 - 1.80		M1			SC			Arena arcillosa, de color marrón , presencia de algunos clastos subangulosos, presenta plasticidad baja a medio.

Prof.		m	Muestra	Simbología	Clasificación		N.F.	Descripción de los materiales
					SUCS	AASHTO		
REGISTRO DE EXCAVACION ASTM D 2488 Identificación Visual de Suelos								
TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HUISILLOPUNCU								
UBICACIÓN: SECTOR HUISILLO - CC. Allhuacchuyo - SANTO TOMAS - CHUMBIVILCAS - CUSCO						ESTE: 800486		
CALICATA: V-04						COORDENADAS NORTE: 8367719		
LADO:						COTA: __		
NIVEL FREÁTICO: __								
0.00 - 0.10								TOP SOIL, Presencia de abundante material organica
0.10 - 0.50					ML			limos inorganicos de color marrón, no presentantan plasticidad, con presencia de algunas raices frescas.
0.50 - 0.90					SP			Arena pobremente gradada, de tamaño medio a fino, presenta un color marrón , se puede observar aun presencias de algunas raices.
0.90 - 1.30					SM			Arena limosa, de color marrón, arena de grano fina a media, presenta una compacidad suelta.

Prof.		m	Muestra	Simbología	Clasificación		N.F.	Descripción de los materiales
					SUCS	AASHTO		
0.00 - 0.20								TOP SOIL, material de color marrón oscuro, de abundante vegetación,.
0.20 - 0.40					ML			Limos inorgánicos con algo de arena y presencia de grava, de forma subangulosa
0.40 - 0.80					OH			Arcillas orgánicas, de color marrón oscuro, presenta plasticidad media a alta
0.80 - 1.00			M - 01		GM			Grava limoso con algo de arena , de color marrón, grava de forma subanguloso.
1.00 - 1.50			M - 02		OH			Arcillas orgánicas, de color marrón oscuro, presenta plasticidad media a alta
1.50 - 2.00					SM			Arena limosa , de color marrón , con presencia de grava de forma subanguloso a anguloso, dado por el poco transporte .

Prof.		m	Muestra	Simbología	Clasificación		N.F.	Descripción de los materiales
					SUCS	AASHTO		
0.00 - 0.10								TOP SOIL, Presencia de abundante material organica
0.10 - 0.50					ML			limos inorganicos de color marrón, no presentantan plasticidad, con presencia de algunas raices frescas.
0.50 - 0.90					SP			Arena pobrementemente gradada, de tamaño medio a fino, presenta un color marrón , se puede observar aun presencias de algunas raices.
0.90 - 1.30					SM			Arena limosa, de color marrón, arena de grano fina a media, presenta una compacidad suelta.

Fuente: Elaborado por los testistas.

8.2.2 PROPIEDADES GEOTECNICAS DEL MATERIAL EN LAS CARCAVAS O QUEBRADAS EROSIVAS

El sistema de cárcavas detectadas en el flanco izquierdo del vaso aguas arriba del eje de represamiento, se emplazan en ladera de pendiente fuerte a muy fuerte, en depósito coluvio aluvial que cubren a rocas de la formación Alfabamba, presentan dirección predominante NO-SE, con profundidades superficiales a moderadamente profundas, superficialmente presentan una coloración pardo naranja claro por la alteración al cual están expuestas los materiales que las conforman; fenómenos que están relacionados al intenso fracturamiento y meteorización del basamento rocoso y que se activan en el periodo de precipitaciones pluviales, produciendo socavación y erosión regresiva, es decir que la erosión avanza hacia aguas arriba, depositando el material acarreado al pie de la ladera a manera de conos aluviales continuos.

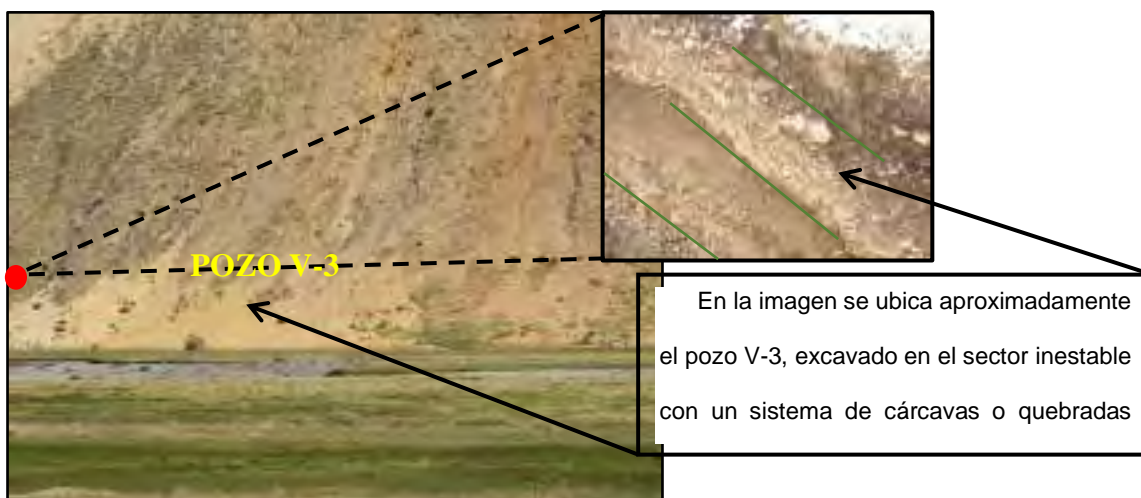


Foto N° 8.11: en el cual se observa la Zona inestable en el vaso al lado izquierdo.

El pozo V-3 se excavo en este sector hasta la profundidad de 2.70 m, pozo que presenta una secuencia de gravas arcillosas (GC) que alternan con gravas limosas (GM) bien estratificadas con inclinación a favor de la pendiente y que corresponden a diferentes periodos de sedimentación; a la profundidad de 2.50 m se realizó el ensayo de densidad insitu, obteniendo en campo una muestra alterada N-3 para la ejecución del 01 ensayo de corte directo con muestra remoldeada a la densidad natural; los resultados de los ensayos mencionados se resumen en el cuadro siguiente:



Foto N° 8.12: Cuarteo de muestra para el ensayo de corte directo.



Foto N° 8.13: En el cual se observa la realización del ensayo de corte Directo, de la zona inestable del vaso.

Tabla N° 8.2: Resultados obtenidos del ensayo corte Directo.

POZO Y MUESTRA	PROF (m)	CLASIFIC SUCS	DENSIDAD INSITU			CORTE DIRECTO	
			D. N.HUM gr/cm3	D.N. SECA gr/cm3	C. HUM %	A.FRICC grados	COHESION Kg/cm2
V-3 N-3	2.7	GC	1.67	1.47	13.37	23.6	0.18

Fuente: Elaboración por los testistas.

Con los resultados obtenidos se procedió al cálculo de la capacidad de carga admisible del suelo coluvio aluvial que conforman la cárcava en el sector del pozo V-3, obteniendo para un ancho de

cimentación de 1.00 m, factor de seguridad de 3 y profundidades de cimentación de 1.50 m, 2.00 m y 2.50 m valores de 0.56 Kg/cm², 0.66 Kg/cm² y 0.76 Kg/cm² respectivamente.

Resultados que son bastante bajos y que requieren de mejoramiento; también, se recomienda realizar el análisis de estabilidad de ladera del sector de cárcavas en condición natural y saturado.

Para evitar que con el llenado del vaso se desestabilice la ladera, se recomienda la construcción de un muro en andén con mampostería de piedra asentada en concreto complementado con drenes internos hasta la altura del embalse, otra alternativa sería el tratamiento del suelo con mezclas suelo – cemento en andén, el uso de geomenbranas con geotextiles etc, complementados con la construcción de drenes de coronación.

8.3 CARACTERISTICAS GEOTECNICAS DEL EJE DE LA PRESA

8.3.1 MECANICA DE ROCAS

8.3.1.1 Clasificación De Bieniawski (R.M.R)

El sistema de clasificación Rock Mass Rating o sistema RMR fue desarrollado por Z.T. Bieniawski durante los años 1972- 73, y ha sido modificado en 1976 y 1979, en base a más de 300 casos reales de túneles, cavernas, taludes y cimentaciones. Actualmente se usa la edición de 1989, que coincide sustancialmente la con de 1979. Para determinar el índice RMR de calidad de la roca se hace uso de los seis parámetros del terreno siguientes:

- ✓ La resistencia a compresión simple del material.
- ✓ **El RQD (Rock Quality Designation).**
- ✓ El espaciamiento de las discontinuidades.
- ✓ El estado de las discontinuidades.
- ✓ La presencia de agua.
- ✓ La orientación de las discontinuidades.



Foto N° 8.14 a 8.16: Vista de la toma de datos para la valorización del macizo rocoso, en el eje proyectado, en las rocas volcánicas de la formación Alfabamba.

Tabla N° 8.5: Resultado del RMR en el eje lado derecho.

Estación Geomecánica:		
Eje lado derecho	X	Y
Coordenadas (X,Y,Z):	801237	8368357
Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	> 250	15
2 Índice RQD de la roca		
RQD (%)	50-75	13
3 Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6	10
4 Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	3-10	2
Abertura (mm)	< 0,1	5
Rugosidad	Rugosa	5
Relleno	Relleno blando, < 5 mm	2
Alteraciones	Ligeramente Alterada	5
5 Agua freática		
Caudal por 10 m de tunel	No aplica	0
Presión agua/Tensión principal mayor	No aplica	0
Estado general	Seco	15
Corrección por discontinuidades	Clasificación	Puntuación
Túneles	No aplica	0
Cimentaciones	No aplica	0
Taludes	Medias	-25
Puntuación		47

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Tabla N° 8.6: Resultado RMR en el eje lado izquierdo.

Estación Geomecánica:		
Eje lado izquierdo	X	Y
Coordenadas (X,Y,Z):	801182	8368527
Pámetros de clasificación	Clasificación	Puntuación
1 Resistencia de la matriz rocosa (Mpa)		
Ensayo de carga puntual	No aplica	0
Compresión simple	> 250	15
Índice RQD de la roca		
RQD (%)	50-75	13
Separación entre diaclasas		
Separación entre diaclasas (m)	0,2-0,6	10
Estado de las discontinuidades		
Longitud de la discontinuidad (m)	3-10	2
Abertura (mm)	< 0,1	5
Rugosidad	Rugosa	5
Relleno	Relleno blando, < 5 mm	2
Alteraciones	Inalterada	6
Agua freática		
Caudal por 10 m de tunel	No aplica	0
Presión agua/Tensión principal mayor	No aplica	0
Estado general	Seco	15
Corrección por discontinuidades	Clasificación	Puntuación
Túneles	No aplica	0
Cimentaciones	No aplica	0
Taludes	Medias	-25
Puntuación		48

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Tabla N° 8.5: Tabla de clasificación Geomecánica RMR de Bieniawski

CLASE	CALIDAD	VALORACION RMR	COHESIÓN	ANGULO DE ROZAMIENTO
I	Muy buena	100-81	$>4 \text{ Kg/cm}^2$	$> 45^\circ$
II	Buena	80-61	$3 - 4 \text{ Kg/cm}^2$	$35^\circ - 45^\circ$
III	Media	60-41	$2 - 3 \text{ Kg/cm}^2$	$25^\circ - 35^\circ$
IV	Mala	40-21	$1 - 2 \text{ Kg/cm}^2$	$15^\circ - 25^\circ$
V	Muy mala	< 20	$< 1 \text{ Kg/cm}^2$	$< 15^\circ$

- La clasificación del macizo rocoso del eje de la presa Huisillopunku proyectada, es de calidad media de clase III.

8.3.1.2 Resistencia a la Compresión Simple

Del afloramiento que se encuentra a 2.00 m del pozo C-8 ubicado en el flanco izquierdo del eje de represamiento, se obtuvo una muestra de roca que fue tallada y sometida a la “descripción petrográfica macroscópica” que denomina a la roca como Riolita Porfírica de biotita, de color gris violáceo con moderado grado de fracturamiento y alteración y dureza de 6 en la escala de MOHS. Los dos especímenes tallados se sometieron al ensayo de resistencia a la compresión, los resultados obtenidos se sintetizan en el cuadro siguiente:

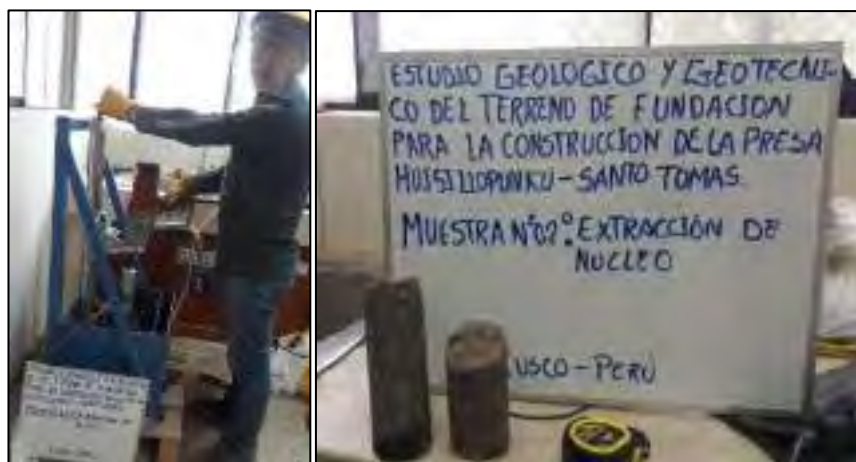


Foto N° 8.17 y 8.18: Vista de la extracción del núcleo, para los ensayos correspondientes en roca.

Tabla N° 8.6: Resultados de ensayos de resistencia a la compresión.

MUESTRA	LITOLOGIA	DUREZA ESCALA MOHS	GRADO DE FRACTURAMIENTO	RESISTENCIA A LA COMPRESION Kg/cm2	CAPACIDAD CARGA ADMISIBLE Kg/cm2
RH-1 M-1	Riolita porfirítica de biotita	6	Moderado fracturamiento	610.18	24.41
RH-1 M-2	Riolita porfirítica de biotita	6	Moderado fracturamiento	538.73	21.56

FUENTE: Elaborado por los tesisistas.

De acuerdo al Cuadro de Descripción del Endurecimiento de la Roca (de Sowers) los valores de resistencia a la compresión del cuadro anterior, se encuentran en los rangos de 175 Kg/cm² a 560 Kg/cm² y de 560 Kg/cm² a 1400 Kg/cm² que catalogan a la roca como BLANDA a DURA respectivamente.

Los valores de capacidad de carga admisible de la roca se determinaron por el método americano con un factor de seguridad de 5, resultados que son buenos a suficientes, recomendando excavar la parte superficial fracturada y alterada, sellando las grietas y fisuras que puedan presentarse en la base de fundación, con lechada de cemento para impermeabilizar y consolidar la roca.

8.3.1.3 Compresión Triaxial de Roca.

Del afloramiento rocoso próximo al pozo C-8 (2.00 m) se obtuvo una muestra de roca denominada Riolita porfirítica, que se envió al laboratorio de Mecánica de Rocas del Departamento de Ingeniería de la sección de Ingeniería de Minas de la Pontificia Universidad Católica del Perú, para la ejecución de los ensayos de propiedades físicas, propiedades elásticas y compresión triaxial. Los resultados obtenidos se resumen en los cuadros siguientes:

Tabla N° 8.7: Propiedades físicas de la roca.

MUESTRA	DENSIDAD SECA gr/cm ³	DENSIDAD SATURADA r/cm ³	POROSIDAD APARENTE %	ABSORCION %
C-8 (RH-1)	2.525	2.591	6.569	2.601

Tabla N° 8.8: Propiedades elásticas.

MUESTRA	DIAMETRO cm	LONGITUD cm	MODULO DE ELASTICIDAD (GPa)	CONSTANTE DE POISSON (ν)	RESISTENCIA ULTIMA (MPa)
C-8 (RH-1)	5.38	11.59	4.9	0.24	126.82

Tabla 8.9: Resultados del ensayo de compresión triaxial.

MUESTRA C-8 (RH-1)	DIAMETR cm	LONGIT cm	CARGA Kg	T1 máx. MPa	T3 MPa	COHES. MPa	A.FRICC INTERNO (°)	mi
Esp. A	5.38	11.67	35000	150.98	1	49	25.17	15.2
Esp. B	5.38	11.49	36000	155.3	2.00(*)			
Esp. C	5.38	11.6	39200	169.1	4.00(*)			
Esp. D	5.38	11.5	43400	187.22	8.00(*)			
Esp.P.E.	5.38	11.59	29400	126.83	0.00(*)			

FUENTE: Plan Meris Inka.

En resumen:

- Valores utilizados para hallar el mi, el ángulo de fricción interno y la cohesión.

La roca Riolita porfírica fresca sin meteorización presenta buenos valores de resistencia (superiores a los obtenidos en el laboratorio), ángulo de fricción interna y cohesión.

8.3.2. SECUENCIA LITOLÓGICA EN EL EJE DE PRESA

Para conocer el perfil estratigráfico del subsuelo a lo largo del eje de represamiento se efectuaron 03 calicatas o pozos de investigación en el flanco derecho (C-1, C-2 y C-3), 05 pozos de investigación en el flanco izquierdo (C-4, C-5, C-6, C-7 y C-8) y en la zona central 01 pozo de investigación (C-9), con profundidades que varían de 1.30 m a 4.00 m; determinando por correlación estratigráfica la presencia de depósito coluvial con escombros de talud que tiene cierta estratificación a favor de la pendiente en ambos flancos, detectando en el flanco izquierdo roca volcánica bastante meteorizada en el pozo C-8 y en la zona central se presenta el depósito fluvio

aluvial superficial (ver sección geológica geotécnica y perfiles estratigráficos), depósitos que cubren al basamento rocoso constituido por secuencias volcánicas de la formación Alpabamba.

8.3.2.1 *Las Calicatas Flanco Derecho del Eje (C-1, C-2 y C-3)*

En resumen el perfil estratigráfico del suelo a lo largo del flanco derecho del eje de represamiento, está constituido por una capa superficial de color marrón a marrón parduzco claro, que tiene en su composición materia orgánica y bastante pedregosidad, con espesor de 0.10 m a 0.20 m. A partir de los 0.10 m y 0.20 m hasta la profundidad de 3.30 m, 4.00 m y 3.50 m se presentan gravas pobremente graduadas (GW), gravas pobremente graduadas en cementante limoso (GP-GM) a gravas limosas (GM) de color pardo claro, no plástica a escasa plasticidad ($IP = 3.27\%$ a 3.33%), baja compresibilidad ($C_c = 0.12$ a 0.16), con clastos de contorno anguloso de hasta 70 cm de diámetro en un 50 % a 60 % del total, deposito que presenta cierta estratificación a favor de la pendiente, en general de escasa a regular consolidación natural y carácter permeable.

8.3.2.2 *Calicatas Flanco Izquierdo del Eje (C-4, C-5, C-6, C-7 y C-8)*

En el flanco izquierdo el perfil estratigráfico del suelo presenta una capa edáfica de color marrón oscuro a marrón negruzco con pedregosidad superficial y espesor de 0.30 m a 1.20 m. De los 0.30 m, 0.50 m, 0.60 m y 1.20 m hasta la profundidad de 1.30 m, 3.00 m y 3.20 m el deposito eluvial coluvial con escombros de talud se clasifica como grava pobremente graduada (GP), grava pobremente graduada en cementante limo arcilloso (GP-GM-GC), grava pobremente graduada en cementante limoso (GP-GM), grava limo arcillosa (GM-GC), grava arcillosa (GC) y arena arcillosa (SC), de color pardo claro a marrón parduzco, no plásticos a ligeramente plásticos ($IP = NP$, 3.70% a 9.43%), de baja compresibilidad ($C_c = 0.11$ a 0.17) a excepción de la Muestra C-8 M-1 que presenta moderada compresibilidad ($C_c = 0.30$), con clastos de contorno anguloso de hasta 40 cm (C-5 M-1) a 70 cm (C-7 M-1) de diámetro en un 30 % a 40 % del total, en general de escasa a regular consolidación natural a excepción de la muestra C-8 M-1 que tiene buena consolidación natural y carácter permeable a poco permeable (estratos de los pozos C-7 y C-8).

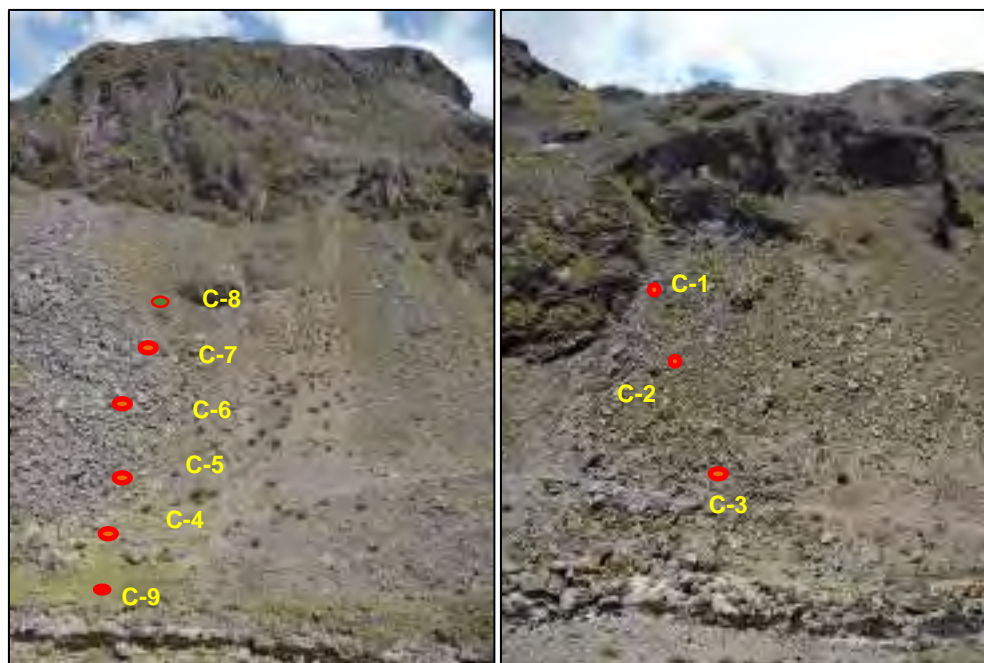


Foto N° 8.19: Ubicación de la excavación de las calicatas en la margen izquierda del rio Husillo a la altura del emplazamiento del dique.

Foto N° 8.20: Ubicación de la excavación de las calicatas en la margen derecha del rio Husillo a la altura del emplazamiento del dique.

El deposito fluvio aluvial del pozo de la zona central (C-9), presenta dos estratos superficiales uno limoso con espesor de 1.00 m y el segundo areno arcilloso de 0.50 m de espesor, capa que sobreyace a un tercer estrato clasificado como grava pobremente graduada (GP) de color marrón grisáceo claro, no plástico, con clastos de hasta 1.00 m de diámetro en un 70 % del total, con nivel freático a los 1.60 m, de regular consolidación natural y carácter permeable.



En las vistas se aprecian el perfil estratigráfico de los 03 pozos excavados en el flanco derecho

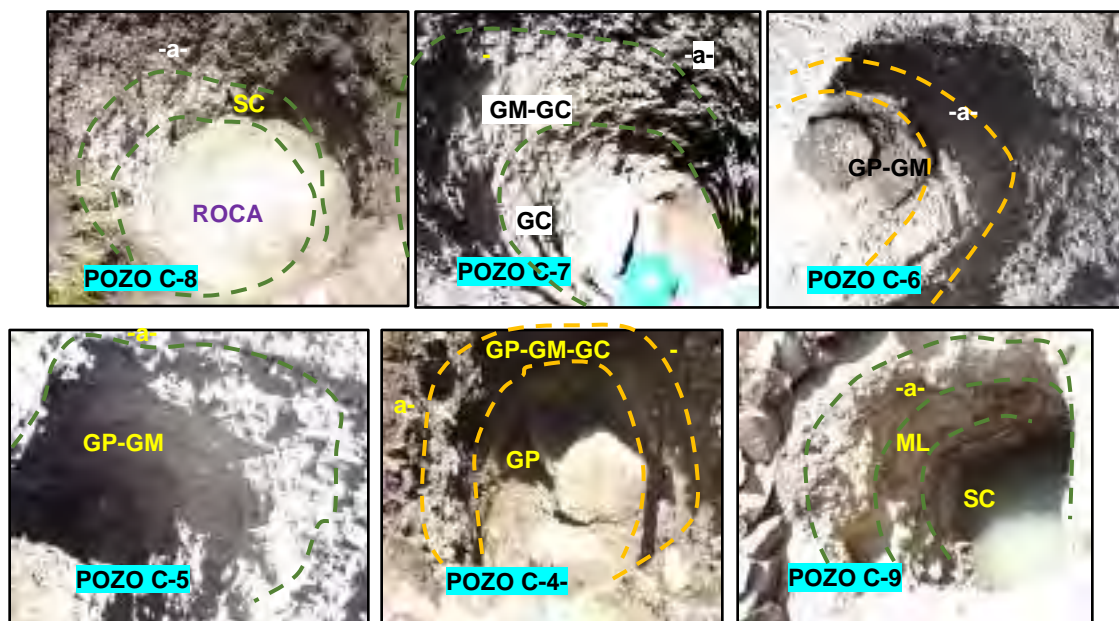
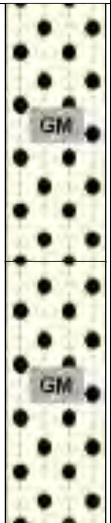




Foto N° 8.21 al 8.29: Vistas de los perfiles estratigráficos de los 05 pozos excavados en el flanco izquierdo.

En el pozo C-8 a la profundidad de 1.30 m se presenta roca volcánica porfirítica bastante alterada, mientras que en los otros 04 pozos presentan suelo eluvio coluvial con cierta estratificación; el pozo de la zona central C-9 presenta varios estratos de origen fluvio aluvial.



Foto N° 8.30 y 8.31: Realización de los ensayos de límite líquido.

Prof.		m	Muestra	Simbología	Clasificación		N.F.	Descripción de los materiales
					SUCS	AASHTO		
REGISTRO DE EXCAVACION ASTM D 2488 Identificación Visual de Suelos								
TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HUISILLOPUNCU								
UBICACIÓN: SECTOR HUISILLO - CC. Allhuacchuyo - SANTO TOMAS - CHUMBIVILCAS - CUSCO					ESTE: 801226			
CALICATA: C-03					COORDENADAS NORTE: 8368401			
LADO: IZQUIERDO					COTA: ___			
NIVEL FREÁTICO: N.P.								
0.00 - 0.10								TOP SOIL, contenido de material organico.
0.10 - 3.00		M-01		GM				Grava limosa, de color marrón, los clasto son de Tmax. 8", de forma anguloso, son perteneciente a los depositos coluviales.

Prof.		m	Muestra	Simbología	Clasificación		N.F.	Descripción de los materiales
					SUCS	AASHTO		
REGISTRO DE EXCAVACION ASTM D 2488 Identificación Visual de Suelos								
TESIS: ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HUISILLOPUNCU								
UBICACIÓN: SECTOR HUISILLO - CC. Allhuacchuyo - SANTO TOMAS - CHUMBIVILCAS - CUSCO					ESTE: 801214			
CALICATA: C-06					COORDENADAS NORTE: 8368472			
LADO: DERECHO					COTA: ___			
NIVEL FREÁTICO: N.P.								
0.00 - 0.60								TOP SOIL, grava limoso, de color marrón oscuro, con presencia de material organico.
0.60 - 2.00				GP				Grava pobremente gradada, de color marron, grava de Tmax. 3", de forma anguloso, pertenecen a los depositos coluviales que se encuentran alrededor del eje.
2.00 - 3.00		M.01		GP-GM				Grava pobremente gradada limoso, de color marrón oscuro, grava de Tmax. 3", de forma anguloso, pertenecen a los depositos coluviales que se encuentran alrededor del eje.

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

8.3.3 DATOS DE LABORATORIO

8.3.3.1 *Porcentaje de Humedad*

En los 08 pozos excavados en los flancos del eje de represamiento no se presentaron flujos de agua, determinando que las muestras obtenidas tienen contenidos de humedad que varían de 8.06 % a 12.22 %; mientras que en el pozo C-9, ubicado en la zona central del eje o fondo del valle el nivel freático se encuentra a la profundidad de 1.60 m.

8.3.3.2 *Densidad Relativa*

Las muestras C-1 M-2 (flanco derecho), C-7 M-1 (flanco izquierdo) y C-9 M-3 (zona central) fueron sometidas a ensayos de compactación proctor modificado, densidad mínima y peso unitario, con los resultados obtenidos se procedió al cálculo de la densidad relativa de los depósitos eluvio coluvial con escombros de talud y fluvio aluvial. En el cuadro siguiente se muestran los resultados obtenidos (ver hojas de resultados de ensayos adjuntos):

Tabla N° 8.11: Resultados de los ensayos de densidad relativa.

POZO Y MUESTRA	PROF m.	CLASIFIC. SUCS	COMP. P. MODIFICADO		D. MINIMA gr/cm ³	DENS. NAT SECA gr/cm ³	DENSIDAD RELATIVA %
			D. M. S. gr/cm ³	C.O. HU %			
C-1 M-2	3.30	GP-GM	2.036	7.89	1.384	1.700	58.05
C-7 M-1	3.20	GC	2.031	9.40	1.392	1.765	67.17
C-9 M-3	1.90	GP	2.041	6.90	1.396	1.662	50.64

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Los valores de densidad relativa que se obtuvieron catalogan al depósito eluvio coluvial con escombros de ambos flancos como firme a la profundidad excavada y el depósito fluvio aluvial de la zona central también a la profundidad obtenida es firme.

8.3.3.3 *Densidad Insitu*

Del pozo C-8 ubicado en el flanco izquierdo se obtuvo una muestra inalterada a la profundidad de 1.30 m (C-8 M-1), material que en si es roca volcánica bastante meteorizada dura al excavar;

muestra que fue sometida al ensayo de densidad natural por moldeo los resultados obtenidos se sintetizan en la tabla siguiente:

Tabla N° 8.12: Resultado del ensayo de densidad natural por moldeo.

POZO Y MUESTRA	PROF. M.	CLASIFIC SUCS	DENSIDAD NATURAL POR MOLDEO		
			DENS.	DENS.	CONT
			HUM gr/cm3	SECA gr/cm3	HUM %
C-8 M-1	1.3	SC	2.341	2.086	12.22

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Los valores obtenidos para la roca volcánica (Riolita porfirítica de biotita) bastante meteorizada corresponde a un suelo areno arcilloso compacto, duro al excavar.

8.3.3.4 Capacidad de Carga Admisible

Con los resultados de densidad relativa que se obtuvieron para los depósitos eluvio coluvial con escombros de talud y fluvio aluvial encontrados a lo largo del eje de represamiento Huisillopunku se procedió al cálculo de la capacidad de carga admisible bajo los criterios de Meyerhof para un ancho de cimentación de 1.00 m, factor de seguridad de 3 y profundidades de cimentación de 2.00 m, 2.50 m y 3.00 m; los resultados obtenidos se sintetizan en el cuadro siguiente:

Tabla N° 8.13: Resultado de carga admisible para un ancho de 1m, factor de seguridad de 3 y profundidades de cimentación 2.00, 2.50 y 3.00 m.

POZO Y MUESTRA	DENSIDAD RELATIVA %	DENSIDAD NATURAL gr/cm3	ANGULO FRICCION (°)	COHES. Kg/cm2	CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE		
					PROF 2.00 m Kg/cm2	PROF 2.50 m Kg/cm2	PROF 3.00 m Kg/cm2
C-1 M-2	58.05	1.886	33.71	0	2.12	2.54	2.96
C-7 M-1	67.17	1.981	35.07	0	2.81	3.36	3.91
C-9 M-3	50.64	1.88	32.59	0	1.82	2.18	2.54

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Los resultados obtenidos son moderados a buenos, pero por la permeabilidad de los materiales eluvio coluvial con escombros de talud y fluvio aluvial se recomienda fundar la estructura en roca.

8.3.4 PERFORACIONES DIAMANTINAS

La finalidad Elaborar el estudio geotécnico definitivo en el sitio de la presa y embalse Huisillopunku, mediante la ejecución de perforaciones diamantinas en el eje de la presa, con extracción continuo de muestras y ejecución de ensayos de permeabilidad; además las perforaciones diamantinas nos permitirán definir el perfil Estratigráfico y obtener sus características Físicas-mecánicas, que permitan conocer:



Foto N° 8.34: donde muestra el traslado a nuevo punto, movilizándose con su oruga que esta acoplada ala perforadora Explorer SAT 140, octubre 2018.

8.3.4.1 Equipos, materiales y herramientas.

Para la ejecución de las perforaciones diamantinas se realizaron con los siguientes equipos, materiales y herramientas:

1. Una máquina de perforación Diamantina Hidráulica, Explorer SAT 140
2. Una bomba impulsora de agua de alta presión
3. Barra de revestimiento (Caising) Línea HWT
4. Barras de perforación: línea HQ
5. Barel completo: línea HQ.
6. brocas y zapatas de diferente dureza y diseño según el tipo de suelo y/o roca por atravesar.
7. Herramientas para las operaciones de izaje, acople y desacople de las tuberías HWT – HQ.
8. Bomba conextion y reducción de HWT - HQ
9. Tubería interior completo HQ con cabezal mecánico
10. Caballete para apilado de las tuberías de perforación y caballete para la tubería interior.
11. Canaleta para muestra y cajas porta testigos con su respectivo separador.

12. Para los ensayos de permeabilidad se contaron con caudalímetros, manómetros, botella rompe presión, válvulas de 1", mangueras de alta presión, Packer, Balón de nitrógeno etc.

13. Pala, pico, llave francesa, alicate, desarmadores planas, comba, grilletes, llaves stilson, alambre, limas, llaves media lunas, etc.

14. pizarra, cuadernos de campo, lapiceros, plumones indelebles y acrílicos, cronometro, cámara, formatos de campo, cúter, cinta aislante, teflón, cinta de embalaje, cinta fill, etc.

8.3.4.2 Procedimiento de la perforación Diamantina.

La perforación diamantina se ha ejecutado de acuerdo con las recomendaciones técnicas (doble tubería). Una tubería de avance y otra de revestimiento, para facilitar la recuperación de las muestras.

El sistema de perforación empleado fue el método estándar y wire line.

A lo largo del tramo perforado era necesario estabilizar las paredes del taladro debido al material coluvial y fluvial, que contenía es por ello que se ha utilizado tubería de revestimiento (caising) implementadas con sus respectivas zapatas, de manera que este sistema de soporte pudiera profundizarse conjuntamente con el frente de perforación, hasta llegar a la profundidad requerida.

Los testigos del subsuelo extraídos, fueron colocados en una caja de plástico, distribuidos en forma secuencial, separándose cada corrida con tacos de plástico que limitan las profundidades alcanzadas.

8.3.4.3 Registro de Perforación

El registro de perforación es un formato adecuado para las anotaciones de las características de la perforación, informes obtenidos a partir de los testigos y los resultados de los ensayos ejecutados.

En el encabezado de los registros de perforación elaborados para el presente estudio se indica la información general del sondaje tales como: nombre del proyecto, cota de la boca de taladro, ubicación, N° de taladro, etc.

En la parte que corresponde al registro de perforación están anotados, la ubicación de la profundidad, los diámetros de la perforación y el revestimiento instalados, profundidad del nivel freático, N° de cajas porta testigos, descripción visual litológica, perfil geológico, la clasificación SUCS. Los ensayos de permeabilidad realizados. Además de la siguiente información que se explica a continuación:

SONDEO - 01



Foto N° 8.35: Donde se muestra la vista panorámica del Sondeo-01, ubicado a la margen Izquierda del río.



Foto N° 8.36 al 8.40: Imagen de las cajas de muestra del Sondeo-01

SONDEO-02



Foto N° 8.41: Imagen panorámica del sondeo-02, ubicado margen derecho del río.



S-02 CAJA 01: 0.00 – 4.50 m

S-02 CAJA 02: 4.50 – 7.90 m



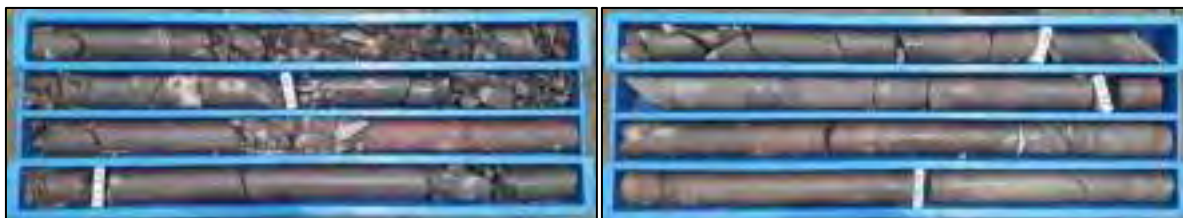
S-02 CAJA 03: 7.90 – 11.80 m

S-02 CAJA 04: 11.80 – 15.60 m



S-02 CAJA 05: 15.60 – 19.40 m

S-02 CAJA 06: 19.40 – 22.30 m



S-02 CAJA 07: 22.30 – 27.15 m

S-02 CAJA 08: 27.15 – 30.95 m



S-02 CAJA 09: 30.95 – 34.70 m

S-02 CAJA 10: 34.70 – 38.60 m



S-02 CAJA 11: 38.60 – 42.40 m

S-02 CAJA 12: 42.40 – 46.10 m



S-02 CAJA 13: 46.10 – 50.00 m

Foto N° 8.42 al 8.54: Imagen de las cajas de muestra del Sondeo-02

FUENTE: Propio de los tesistas.

SONDEO-03



Foto N° 8.55: Vista panorámica del sondeo – 03



S-03 CAJA 01: 0.00 – 5.90 m

S-03 CAJA 02: 5.90 – 11.00 m



S-03 CAJA 03: 11.00 – 14.70 m

S-03 CAJA 04: 14.70 – 18.40m.



S-03 CAJA 05: 18.40 – 22.05 m.

S-03 CAJA 06: 14.70 – 25.90 m.



S-03 CAJA 07: 25.90 – 29.60 m



S-03 CAJA 08: 29.60 – 33.40 m



S-03 CAJA 09: 33.40 – 37.25 m



S-03 CAJA 10: 37.25 – 41.10 m



S-03 CAJA 11: 41.10 – 44.85 m



S-03 CAJA 12: 41.10 – 48.70 m



S-03 CAJA 13: 48.70 – 50.55 m

Foto N° 8.56 al 8.68: Imagen de las cajas de muestra del Sondeo-03

FUENTE: Propio de los tesisistas.

8.3.4.4 La Recuperación

Las muestras se representa gráficamente siendo esta una relación porcentual entre la longitud de la muestra recuperada respecto a la longitud del tramo perforado multiplicado por 100 % de Recuperación = $\text{long. de la muestra recuperada} / \text{long. Del tramo perforado} \times 100$.

8.3.4.6 Descripción del Perfil Litológico –Estratigráfico.

En esta parte del formato. Se ha representado gráficamente los testigos de perforación obtenidos, diferenciándose los tipos de suelo y roca con simbología cuyo significado son indicados al pie del formato.

Para la descripción de los testigos de perforación consideramos en dos en caso de suelo y roca:

En caso de suelo se han definido tramos que tengan características homogéneas en ella se señala; tamaño de los granos, tamaño de los clastos, forma, graduación, plasticidad, humedad, consistencia o compacidad, estructura, materia orgánica y finalmente símbolo del grupo, según el sistema unificado de clasificación de suelo.

En caso de Roca la descripción de los testigos de perforación se señala: Color, tipo de roca, textura, tipo de material del relleno, grado de alteración, grado de la resistencia y grado de fracturamiento de la roca referido con signos convencionales cuyo significado está comprendido dentro de Las recomendaciones del ISRM (International Society of Rock Mechanics). Para descripción del macizo rocoso.

Tablas Resumen de los Trabajos de Perforación.

Tabla N° 8.14: Coordenadas de los Sondeos.

COORDENADAS DE LAS PERFORACIONES - UISILLOPUNKO			
SONDEO	X	Y	SIMBOLO
SONDEO - 01	801288	8368489	S-01
SONDEO - 02	801319	8368445	S-02
SONDEO - 03	801206	8368444	S-03

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Tabla N° 8.15: Resumen general de los sondeos - Huisillopunku

SONDEO	PROF. DE PERFORACION HQ (m)	PROF. DE REVESTIMIENTO HWT (m)	NIVEL FREATICO NF (m)	N° CAJAS
---------------	------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------	-----------------

SONDEO-01	22.20	10.10	11.60	5
SONDEO-02	50.00	5.20	7.68	13
SONDEO-03	50.55	10.10	0.00	13
TOTAL METRAJE	122.75	25.40	TOTAL CAJAS	31

Fuente: Elaborado por los tesistas.

Tabla N° 8.16: Registro del RQD del sondeo 01

Registro del RQD							
De (m.)	Hasta (m.)	Perforación (m.)	Recuperación (m.)	Recuperación (%)	Long. Total Téstigo (m.)	RQD (%)	RQD
12.50	13.30	0.80	0.80	100.00	0.00	0.00	MUY MALA
13.30	14.90	1.60	1.60	100.00	0.53	33.13	MALA
14.90	15.90	1.00	1.00	100.00	0.00	0.00	MUY MALA
15.90	17.00	1.10	1.00	90.91	0.26	26.00	MALA
17.00	18.30	1.30	1.30	100.00	0.51	39.23	
18.30	19.10	0.80	0.75	93.75	0.19	25.33	
19.10	20.60	1.50	1.50	100.00	0.98	65.33	REGULAR
20.60	22.20	1.60	1.60	100.00	1.14	71.25	

Fuente: Elaborado por los tesistas.

Tabla N° 8.17: Registro del RQD del sondeo 02

Sondeo 02		Registro del RQD					
De (m.)	Hasta (m.)	Perforación (m.)	Recuperación (m.)	Recuperación (%)	Long. Total Téstigo (m.)	RQD (%)	RQD
3.05	4.05	1.00	1.00	100.00	0.52	52.00	REGULAR
4.05	5.05	1.00	0.95	95.00	0.41	43.16	MALA
5.05	5.90	0.85	0.85	100.00	0.66	77.65	BUENA
5.90	6.50	0.60	0.60	100.00	0.12	20.00	MUY MALA
6.50	6.90	0.40	0.40	100.00	0.32	80.00	BUENA
6.90	7.90	1.00	1.00	100.00	0.95	95.00	MUY BUENO
7.90	9.50	1.60	1.60	100.00	1.47	91.88	
9.50	11.00	1.50	1.50	100.00	1.08	72.00	REGULAR
11.00	12.50	1.50	1.50	100.00	1.34	89.33	BUENA
12.50	14.00	1.50	1.50	100.00	1.10	73.33	REGULAR
14.00	15.60	1.60	1.60	100.00	0.77	48.13	MALA
15.60	17.15	1.55	1.55	100.00	0.37	23.87	

17.15	18.30	1.15	1.15	100.00	0.23	20.00	MUY MALA
18.30	19.40	1.10	1.10	100.00	0.00	0.00	
19.40	20.80	1.40	1.40	100.00	0.10	7.14	
20.80	21.60	0.80	0.80	100.00	0.30	37.50	MALA
21.60	22.40	0.80	0.80	100.00	0.42	52.50	REGULAR
22.40	23.10	0.70	0.70	100.00	0.41	58.57	
23.10	24.70	1.60	1.60	100.00	0.23	14.38	MUY MALA
24.70	26.30	1.60	1.60	100.00	1.18	73.75	REGULAR
26.30	27.90	1.60	1.60	100.00	1.31	81.88	BUENA
27.90	28.90	1.00	1.00	100.00	0.98	98.00	MUY BUENA
28.90	30.50	1.60	1.60	100.00	1.58	98.75	
30.50	32.10	1.60	1.60	100.00	1.60	100.00	
32.10	33.70	1.60	1.60	100.00	1.38	86.25	BUENA
33.70	35.00	1.30	1.30	100.00	1.30	100.00	MUY BUENA
35.00	36.60	1.60	1.60	100.00	1.60	100.00	
36.60	38.20	1.60	1.60	100.00	1.60	100.00	
38.20	39.80	1.60	1.60	100.00	1.60	100.00	
39.80	41.40	1.60	1.60	100.00	1.52	95.00	
41.40	43.00	1.60	1.60	100.00	1.31	81.88	BUENA
43.00	44.20	1.20	1.20	100.00	0.63	52.50	REGULAR
44.20	45.80	1.60	1.60	100.00	0.78	48.75	MALA
45.80	47.40	1.60	1.60	100.00	0.91	56.88	REGULAR
47.40	49.00	1.60	1.60	100.00	1.00	62.50	
49.00	50.00	1.00	1.00	100.00	0.36	36.00	MALA

Fuente: Elaborado por los testistas.

Tabla N° 8.18: Registro del RQD del sondeo 03

Sondeo-03 Registro del RQD							
De (m.)	Hasta (m.)	Perforación (m.)	Recuperación (m.)	Recuperación (%)	Lecturas en m. para el valor del RQD	ROD (%)	ROD
					Long. Total Testigo (m.)		
9.70	10.40	0.70	0.70	100.00	0.62	88.57	BUENO
10.40	11.30	0.90	0.90	100.00	0.44	48.89	MALA
11.30	12.90	1.60	1.60	100.00	1.19	74.38	REGULAR
12.90	14.50	1.60	1.60	100.00	1.38	86.25	BUENA
14.50	16.10	1.60	1.60	100.00	1.51	94.38	
16.10	17.20	1.10	1.10	100.00	0.44	40.00	MALA
17.20	18.50	1.30	1.30	100.00	1.05	80.77	BUENA
18.50	19.50	1.00	1.00	100.00	0.99	99.00	MUY BUENA
19.50	21.05	1.55	1.55	100.00	1.40	90.32	
21.05	22.40	1.35	1.35	100.00	0.97	71.85	
22.40	24.00	1.60	1.60	100.00	1.20	75.00	

24.00	25.50	1.50	1.50	100.00	1.09	72.67	REGULAR
25.50	27.00	1.50	1.50	100.00	1.08	72.00	
27.00	28.50	1.50	1.50	100.00	1.00	66.67	
28.50	30.00	1.50	1.50	100.00	0.65	43.33	MALA
30.00	31.50	1.50	1.50	100.00	1.13	75.33	REGULAR
31.50	33.05	1.55	1.55	100.00	0.87	56.13	
33.05	34.55	1.50	1.50	100.00	1.08	72.00	
34.55	36.00	1.45	1.45	100.00	1.35	93.10	MUY BUENO
36.00	37.55	1.55	1.55	100.00	1.05	67.74	REGULAR
37.55	39.15	1.60	1.60	100.00	1.26	78.75	BUENO
39.15	40.65	1.50	1.50	100.00	0.74	49.33	MALA
40.65	41.45	0.80	0.80	100.00	0.35	43.75	
41.45	42.45	1.00	1.00	100.00	0.55	55.00	REGULAR
42.45	43.60	1.15	1.15	100.00	0.90	78.26	BUENA
43.60	45.20	1.60	1.60	100.00	0.77	48.13	MALA
45.20	46.65	1.45	1.45	100.00	0.73	50.34	REGULAR
46.65	48.25	1.60	1.60	100.00	1.22	76.25	BUENA
48.25	49.65	1.40	1.40	100.00	0.80	57.14	REGULAR
49.65	50.55	0.90	0.90	100.00	0.12	13.33	MUY MALA

Fuente: Elaborado por los tesistas.

8.3.5 PRUEBAS DE PERMEABILIDAD

Las pruebas de permeabilidad, ya sea en roca o suelo, son muy importantes para el diseño de la presa.

8.3.5.1 Prueba De Permeabilidad Tipo Lefranc Carga Constante

Estas pruebas reciben esta designación, por que durante la ejecución se procura una carga hidráulica constante en el tramo de prueba. El procedimiento utilizado se describe a continuación:

Preparación del bulbo de ensayo e instalación del equipo.

Alcanzada la profundidad de ensayo, se baja el revestimiento hasta el fondo del taladro y luego se levanta tano como mida el tramo de ensayo elegido. Seguidamente se lava el sondeo y se mide la profundidad del nivel freático.

Se instala el equipo de prueba en la siguiente orden, bomba de agua, válvulas para el control de suministro de agua para el taladro, completando con una válvula de descarga en T. seguido a la válvula para el control de suministro de agua al taladro, va un caudalímetro, todos estos accesorios

de pruebas son conectados convenientemente con tuberías y mangueras. Se realizó en los sondeos realizados en contactos suelo-roca y roca muy fracturada en el eje de la presa Huisillo proyectado.

8.3.5.2 *Prueba de permeabilidad tipo lefranc carga variable*

En el ensayo con carga hidráulica variable se introduce o se extrae un determinado volumen de agua en la cavidad de infiltración y se mide la variación del nivel piezométrico en el pozo a lo largo del tiempo. Este tipo de ensayo es, en general, utilizado para suelos poco permeables ($k < 10^{-4}$ cm/s). el cual se realizó distribuido en el área de estudio de la presa Huisillo proyectado.

El coeficiente de permeabilidad k se determina mediante la expresión:

$$k = \frac{S}{C * (t - t_0)} * \ln\left(\frac{h_0}{h}\right)$$

Donde:

C = coeficiente característico de la cámara filtrante.

S = sección transversal del pozo

h_0 = carga hidráulica en el inicio del ensayo $t_0 \neq 0$

h = carga hidráulica variable en función del tiempo t

\ln = logaritmo natural

8.3.5.3 *Prueba de permeabilidad tipo lugeon distribuidos en los 3 sondeos.*

Se ejecutaron 11 pruebas de permeabilidad tipo Lugeon en los tramos en roca. Con la finalidad de conocer su permeabilidad aparente y su comportamiento ante las presiones hidráulicas provocadas por el agua.

Mediante estas pruebas es posible conocer los fenómenos transitorios y permanentes producidos por el agua a presión, así como por ejemplo el fracturamiento hidráulico, el lavado del relleno de las fracturas, el taponamiento de estas, el régimen del flujo a través de las fracturas o la dilatación de fracturas elásticas.

Para ver el tipo de flujo, se utilizó los patrones de Housby según cuadro adjunto.

Tabla N° 8.19: Patrones de tipos de resultado (Houlsby 1976)

HV		PATRONES TIPOS DE RESULTADOS DE PRUEBAS LUGEN (HOULSBY 1976)				
TIPO DE FLUJO	ESTADIOS 10 ⁶ U	PRESIONES DE PRUEBA MAX RELATIVA (APROX.)	PATRONES LUGEN CALCULADOS PARA CADA 10 ⁶ PATRON GENERALIZADO	CARACTERISTICAS DE LOS PATRONES E INTERPRETACION	VALOR A USAR COMO "K" DEL ENSAYO	CURVA DE INTERPRETACION
FLUJO LAMINAR	1 ^o 2 ^o 3 ^o 4 ^o 5 ^o			LOS 5 VALORES LUGEN SON APROXIMADAMENTE IGUALES	SE USA EL PROMEDIO DE LOS 5 VALORES	
FLUJO TURBULENTO	1 ^o 2 ^o 3 ^o 4 ^o 5 ^o			EL VALOR LUGEN MAS BAJO OCURRE EN LA PRESION MAXIMA	SE USA EL VALOR LUGEN PARA LA PRESION MAXIMA	
FLUJO DILATACION	1 ^o 2 ^o 3 ^o 4 ^o 5 ^o			EL VALOR LUGEN MAS ALTO OCURRE EN LA PRESION MAXIMA	SE USA LOS VALORES LUGEN PARA LAS PRESIONES MINIMAS y/o MEDIAS	
FLUJO EROSION	1 ^o 2 ^o 3 ^o 4 ^o 5 ^o			LOS VALORES LUGEN AUMENTAN EN EL PROCESO DE LA PRUEBA (POR CAMBIOS EN EL MEDIO POROSO)	SE USA EL VALOR LUGEN MAS ALTO	
FLUJO RELLENO	1 ^o 2 ^o 3 ^o 4 ^o 5 ^o			LOS LUGENOS DECRECEN EN EL PROCESO DE LA PRUEBA (LOS VACIOS SON GRADUALMENTE RELLENADOS)	SE USA EL VALOR LUGEN MAS BAJO	

1.0 U.L. = 1.3×10^{-5} cm (seg. C.A. HOULSBY, 1976)

Clasificación del valor Lugen representativo.		
0 - 5	U.L.	Muy favorable
1 - 4	U.L.	Favorable
3 - 10	U.L.	Desfavorable
2 - 10	U.L.	Muy desfavorable

Tabla N° 8.20: Grados de permeabilidad según el valor del coeficiente de permeabilidad según (Brajham Dash):

GRADO DE PERMEABILIDAD	VALOR DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD k (cm/s)	
Altamente permeables	$10^{-1, +1, +2}$	Acuífero
Permeables	10^{-2}	Acuífero pobre
Semi Permeables	10^{-3}	acuífero
Poco permeables	10^{-4}	acuífero
Impermeables	10^{-5}	acuicludos
Muy Impermeables	$10^{-6, -7}$	acuicludos

FUENTE: Hidrología Subterránea, E. Custodio R. Llamas Tomo I.

8.3.5.4 Resultado de los ensayos de permeabilidad en el vaso

En el vaso del represamiento Huisillopunku se han realizado 14 ensayos de permeabilidad en las calicatas aperturadas durante los estudios geotécnicos, en el eje de represamiento y en el vaso, sobre los diferentes tipos de depósitos recientes que conforman la zona de represamiento. En el cuadro siguiente se sintetizan los resultados de los ensayos de Permeabilidad In situ realizados en el vaso Huisillopunku:



Foto N° 8.70 y 8.71: Vista del registro de datos de campo del ensayo Lefranc carga variable.

Tabla N° 21: Resultados de permeabilidad en suelos distribuidos en el área de estudio.

ENSAYO	CALICATA	PROF.	COEFICIENTE PERMEABILIDAD	VALORES DE PERMEABILIDAD	SUSTRATO	DEPOSITO
P-1	V-1	0.2	1.29 E-02	Permeable	Arena limosa	Coluvio aluvial
P-2	V-1	1.5	1.55 E-01	Altamente permeable	Lente Arenoso	Coluvio aluvial
P-3	V-2	1.5	3.83 E-03	Semi permeable	Arena limosa	Coluvio aluvial
P-4	VASO	0.4	3.08 E-05	Impermeable	Capa edáfica	Palustre
P-5	V-3	0.5	2.74 E-04	Poco permeable	Grava arcillosa	Coluvio aluvial
P-6	V-3	2.7	1.41E-01	Altamente permeable	Grava limosa	Coluvio aluvial
P-7	V-4	0.3	4.70 E-05	Impermeable	Limo	Palustre
P-8	VASO	0.3	3.36 E-05	Impermeable	Capa edáfica	Palustre
P-9	V-5	2	4.00 E-04	Poco permeable	Grava limosa	Coluvio aluvial
P-10	V-6	0.3	3.69 E-05	Impermeable	Limoso	Palustre
P-11	V-8	2.5	1.35 E-04	Poco permeable	Grava limo arcillosa	Coluvio aluvial
P-12	V-10	2	1.84 E-03	Semi permeable	Grava limosa	Aluvial
P-13	C-4	0.3	3.47 E-01	Altamente permeable	Grava limosa	Coluvial
P-14	C-3	0.3	3.47 E-01	Altamente permeable	Grava limosa	Coluvial

FUENTE: Elaborado por los tesisistas.

En conclusión se observa los resultados que son altamente permeable los depósitos que contienen grava limosa y los depósitos que contienen limo arcilla resultan con permeabilidad baja a impermeable.

8.3.5.5 Resultado De Los Ensayos De Permeabilidad Realizados En Los Tres Sondeos

En los tres sondeos realizados, se realizó las pruebas de permeabilidad, de tipo carga variable y tipo lugeón, por lo cual se muestran en la imagen todo el sistema para la realización de los ensayos y obteniendo los siguientes resultados mostrado en las tablas resumen.



Foto N° 8.72: donde muestra el sistema del equipo, registrando los datos del ensayo de lugeon



Foto N° 8.53: donde muestra el sistema de equipo para la realización de las pruebas de permeabilidad

Tabla N° 8.22: Resumen de los ensayos de permeabilidad del sondeo 01

TABLA RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD HUISILLOPUNKO SONDEO-01							
N°	DESDE	HASTA	TRAMO DE	TIPO DE	PERMEABILIDAD	FECHA	OBSERVACION
1	5.70	6.00	0.30	LEFRANC-01	7.98×10^{-1}	13/11/2018	SUELO COLUVIAL-ALUVIAL
2	12.70	13.30	0.60	LEFRANC-02	1.72×10^{-1}	14/11/2018	CONTACTO SUELO -ROCA
3	18.60	19.10	0.50	LEFRANC-03	7.67×10^{-3}	09/11/2018	ROCA MUY FRACTURADA

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Tabla N° 8.23: Resumen de los ensayos de permeabilidad del sondeo 02

TABLA RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD HUISILLOPUNCO SONDEO-02							
N°	DESDE	HASTA	TRAMO DE ENSAYO	TIPO DE ENSAYO	PERMEABILIDAD	FECHA	OBSERVACION
1	7.50	12.50	5.00	LUGEON-01	1.60×10^{-3}	08/11/2018	ROCA
2	13.30	18.30	5.00	LUGEON-02	3.93×10^{-5}	08/11/2018	ROCA
3	18.10	23.10	5.00	LUGEON-03	1.62×10^{-5}	09/11/2018	ROCA
4	23.90	28.90	5.00	LUGEON-04	7.76×10^{-5}	10/11/2018	ROCA
5	30.00	35.00	5.00	LUGEON-05	2.22×10^{-5}	11/11/2018	ROCA
6	34.80	39.80	5.00	LUGEON-06	2.16×10^{-5}	11/11/2018	ROCA
7	45.00	50.00	5.00	LUGEON-07	4.89×10^{-4}	12/11/2018	ROCA

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Tabla N° 8.24: Resumen de los ensayos de permeabilidad del sondeo 03

TABLA RESUMEN DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD HUISILLOPUNCO SONDEO-03							
N°	DESDE	HASTA	TRAMO DE ENSAYO	TIPO DE ENSAYO	PERMEABILIDAD	FECHA	OBSERVACION
1	9.25	10.00	0.75	LEFRANC-01	6.396×10^{-3}	18/11/2018	CONTACTO SUELO - ROCA
2	12.20	17.20	5.00	LUGEON-01	1.76×10^{-4}	18/11/2018	ROCA - RETORNO DE AGUA POR LA TUBERIA DE REVESTIMIENTO HWT
3	19.00	24.00	5.00	LUGEON-02	4.38×10^{-5}	19/11/2018	ROCA - RETORNO DE AGUA POR LA TUBERIA DE REVESTIMIENTO HWT
4	25.00	30.00	5.00	LUGEON-03	1.90×10^{-5}	19/11/2018	ROCA - RETORNO DE AGUA POR LA TUBERIA DE REVESTIMIENTO HWT
5	31.00	36.00	5.00	LUGEON-04	2.63×10^{-5}	19/11/2018	ROCA - RETORNO DE AGUA POR LA TUBERIA DE REVESTIMIENTO HWT

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

En conclusión la roca a pesar de presentarse fracturada, no influyen directamente en la permeabilidad, por presentar fracturas cerradas y algunos casos siendo rellenados por arcilla y calcita y/o yeso, por lo cual resulta que la roca tiene muy baja permeabilidad a impermeable.

8.4 MATERIALES DE CONSTRUCCION CANTERAS.

8.4.1 Cantera de Agregado - Playas del Rio Huancarama.

El vaso de represamiento está constituido actualmente por el valle Huisillo que es alargado y moderadamente amplio, esta surcado por el rio Huancarama con dirección sur oeste – nor este, de curso moderadamente meandriforme y perfil longitudinal de pendiente suave, en su recorrido ha

formado en el tramo varias playas de agregado en ambas márgenes, material que puede ser utilizado en mezclas de concreto.

Para determinar las características físicas mecánicas del agregado se obtuvo una muestra M-1 que fue sometida a ensayos de mecánica de suelos en el laboratorio Institucional, los resultados se sintetizan en los cuadros siguientes:

Tabla N° 8.25: Resumen de los ensayos de la cantera de agregado Huancarama.

CANTERA PLAYAS DEL RIO HUANCARAMA	ANALISIS GRANULOMETRICO			I.P.	Cu	Cc	C. H.	CLASIFIC (SUCS)
	GRAVA (%)	ARENA (%)	L. y/o A. (%)					
AGREGADO M-1	50.24	48.35	1.41	NP	16.7	1.23	7.45	GW
MODULO FINEZA	PESO ESPECIFICO		PESO UNITARIO		PESO VOL. SUELTO		% ABSORCION	
DE FINEZA	AGR. FINO	AGR. GRUESO	AGR. FINO Kg/m3	AGR. GRUESO Kg/m3	AGR. FINO Kg/m3	AGR. GRUESO Kg/m3	AGR. FINO Kg/m3	AGR. GRUESO Kg/m3
3.76	2.50	2.46	1673	1520	1519	1380	6.81	5.55

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

El agregado fue clasificado como una grava graduada GW, con 1.41 % de finos que pasan la malla N° 200 y un módulo de fineza de 3.76, con un 48.35 % de arena y 50.24 % de grava; los porcentajes de absorción para agregado grueso y agregado fino son moderadamente altos y los valores de peso unitario son ligeramente bajos.

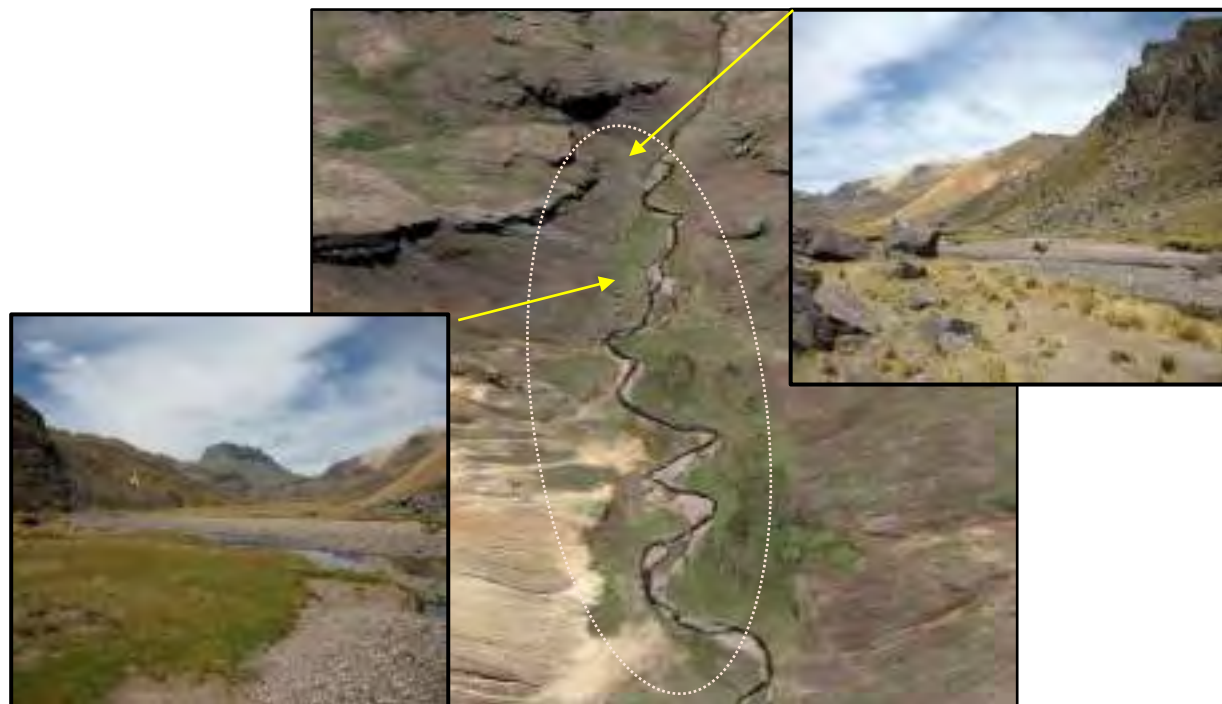


Foto N° 8.74: En la imagen satelital se marca el curso del río Huancarama que atraviesa el valle Huisillo de curso moderadamente meandriforme depositando el material acarreado en ambas márgenes que afloran superficialmente sin cobertura vegetal

El volumen es mayor a los 22,900 m³, debiendo aclarar que el agregado es mayormente grueso, con arena fina en mínimo porcentaje.

Tabla N° 8.26: Resumen de La cantera de agregado Huancarama.

CANTERA DE AGREGADO HUANCARAMA	
UBICACIÓN	RIO HUANCARAMA
ACCESO	De 1300 m, aperturar acceso, a lo largo del Río Huancarama desde el eje ríos arriba.
USO	Mezcla de concreto
MATERIAL	Piedra y arena
ANGULARIDAD	Sub redondeado a redondeado
COLOR	Grisáceo

Fuente: Elaborado por los tesistas.

8.4.2 Cantera de Roca

En áreas próximas al eje de represamiento existen afloramientos de roca volcánica denominada como Riolita porfirítica de biotita de la formación Alpbamba, con moderado fracturamiento y

abundantes fragmentos de roca que se han desprendido de los afloramientos de la zona alta, también existe abundante escombros gruesos de roca que pueden ser utilizados en el enrocado del cuerpo de la presa a diseñar; de este material se obtuvo una muestra para la ejecución de los ensayos de abrasión en máquina de los Ángeles y durabilidad en sulfato de magnesio para determinar su calidad como material de construcción los resultados se muestran en el cuadro siguiente:

Tabla N° 8.27: Resumen de los ensayos de abrasión y durabilidad de la cantera de rocas .

MUESTRA DE ESCOMBROS	LITOLOGIA	% DE PERDIDA TOTAL POR ABRASION	% DE PERDIDA TOTAL POR DURABILIDAD EN SULFATO DE MAGNESIO
M-1	Riolita porfirítica de biotita	22.84	5.28

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Los resultados se encuentran por debajo de los límites máximos permitidos por lo tanto son aptos para su uso en enrocados y en mezclas de concreto.

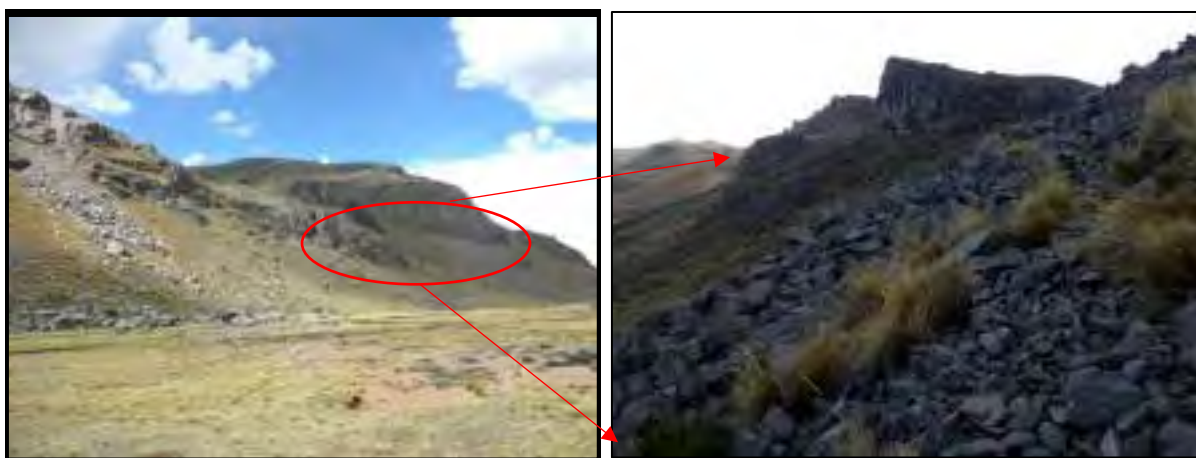


Foto N° 8.75 y 8.76: En la fotografía se muestra la cantera de roca, se trata de un afloramiento que se encuentra próximo al eje de represamiento, del cual se han desprendido bloques de roca y escombros que se han depositado en la ladera, al pie y en la zona llana o terraza adyacente.

La roca que se obtuvo de los afloramientos de la zona alta próximos al eje de represamiento fue sometida al ensayo de resistencia a la compresión simple y a la descripción petrográfica macroscópica, los resultados obtenidos se muestran en el cuadro siguiente:

Tabla N° 8.28: Resumen de los ensayos de compresión simple de la cantera de rocas.

MUESTRA	LITOLOGIA	DUREZA ESCALA MOHS	GRADO DE FRACTURAMIENTO	RESISTENCIA A LA OMPRESION Kg/cm2	CAPACIDAD CARGA ADMISIBLE Kg/cm2
RH-1 M-1	Riolita porfirítica de biotita	6	Moderado fracturamiento	610.18	24.41
RH-1 M-2	Riolita porfirítica de biotita	6	Moderado fracturamiento	538.73	21.56

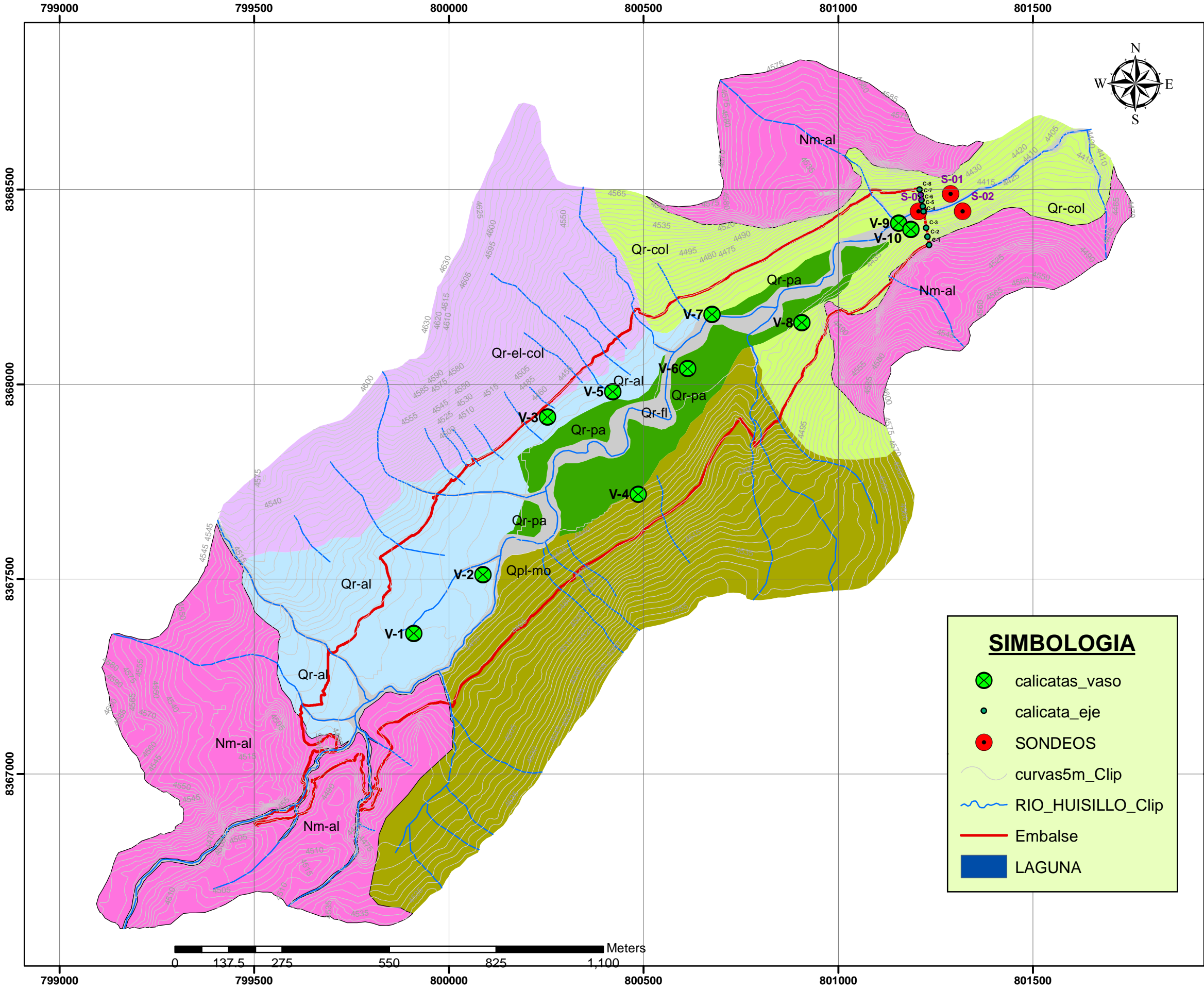
Fuente: Elaborado por los tesistas.

De acuerdo al Cuadro de Descripción del Endurecimiento de la Roca (de Sowers) los valores de resistencia a la compresión del cuadro anterior, se encuentran en los rangos de 175 Kg/cm² a 560 Kg/cm² y de 560 Kg/cm² a 1400 Kg/cm² que catalogan a la roca como BLANDA a DURA respectivamente; el volumen es abundante, superior al requerido para el represamiento.

Tabla N° 8.29: Resumen de La cantera de roca Huisillo.

CANTERA DE ROCA HUISILLO	
UBICACION	HUISILLO
ACCESO	De 300 m , aperturar acceso, a lo largo del Rio Huancarama desde el eje ríos arriba.
USO	Mezcla de concreto y enrocado
MATERIAL	roca
ANGULARIDAD	Anguloso
COLOR	Gris verdoso

Fuente: Elaborado por los tesistas.



SIMBOLOGIA

- calicatas_vaso
- calicata_eje
- SONDEOS
- curvas5m_Clip
- RIO_HUISILLO_Clip
- Embalse
- LAGUNA

formacion Alpapampa: compuesto por rocas volcanicos de composicion rioliticas andesiticas.

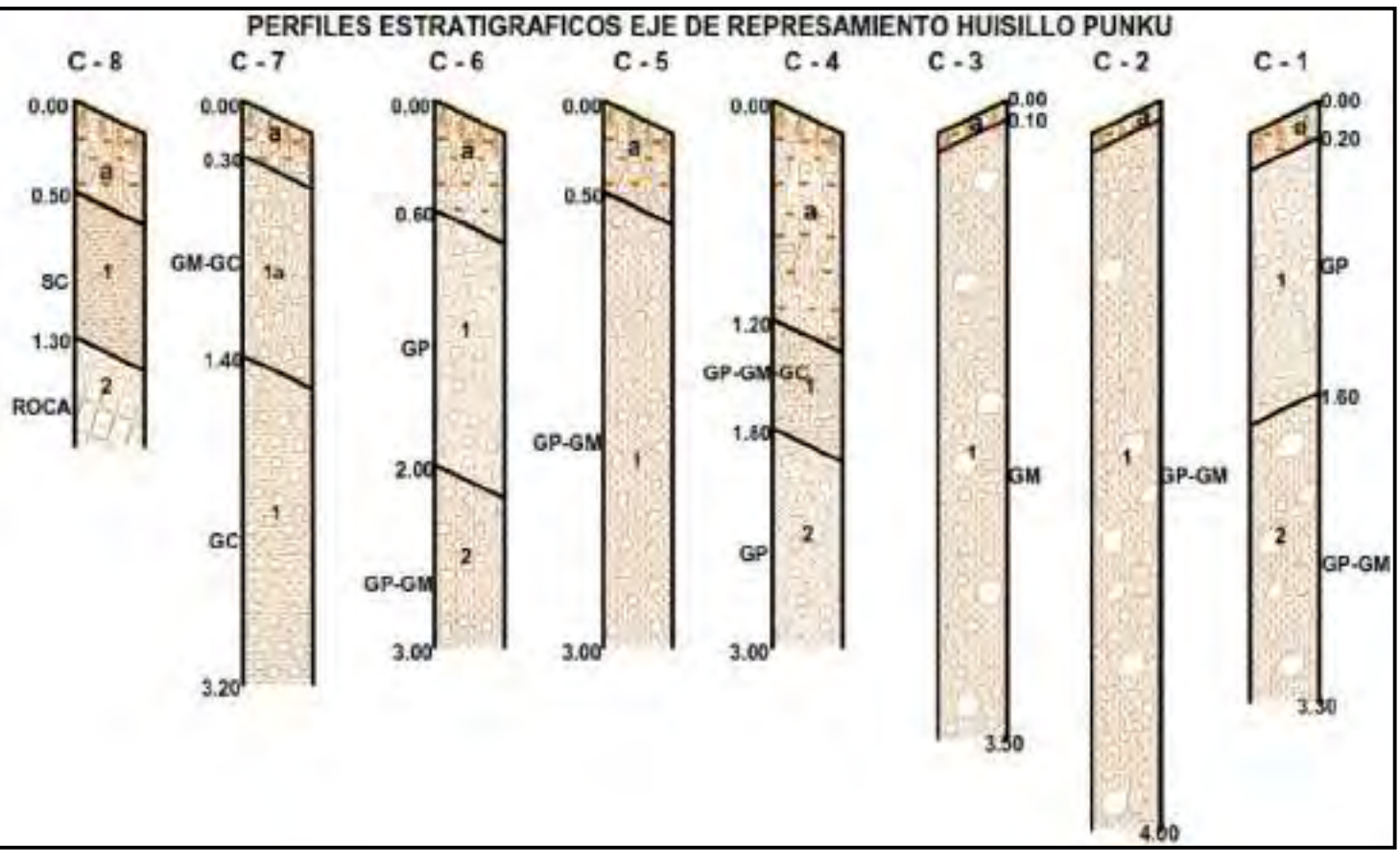
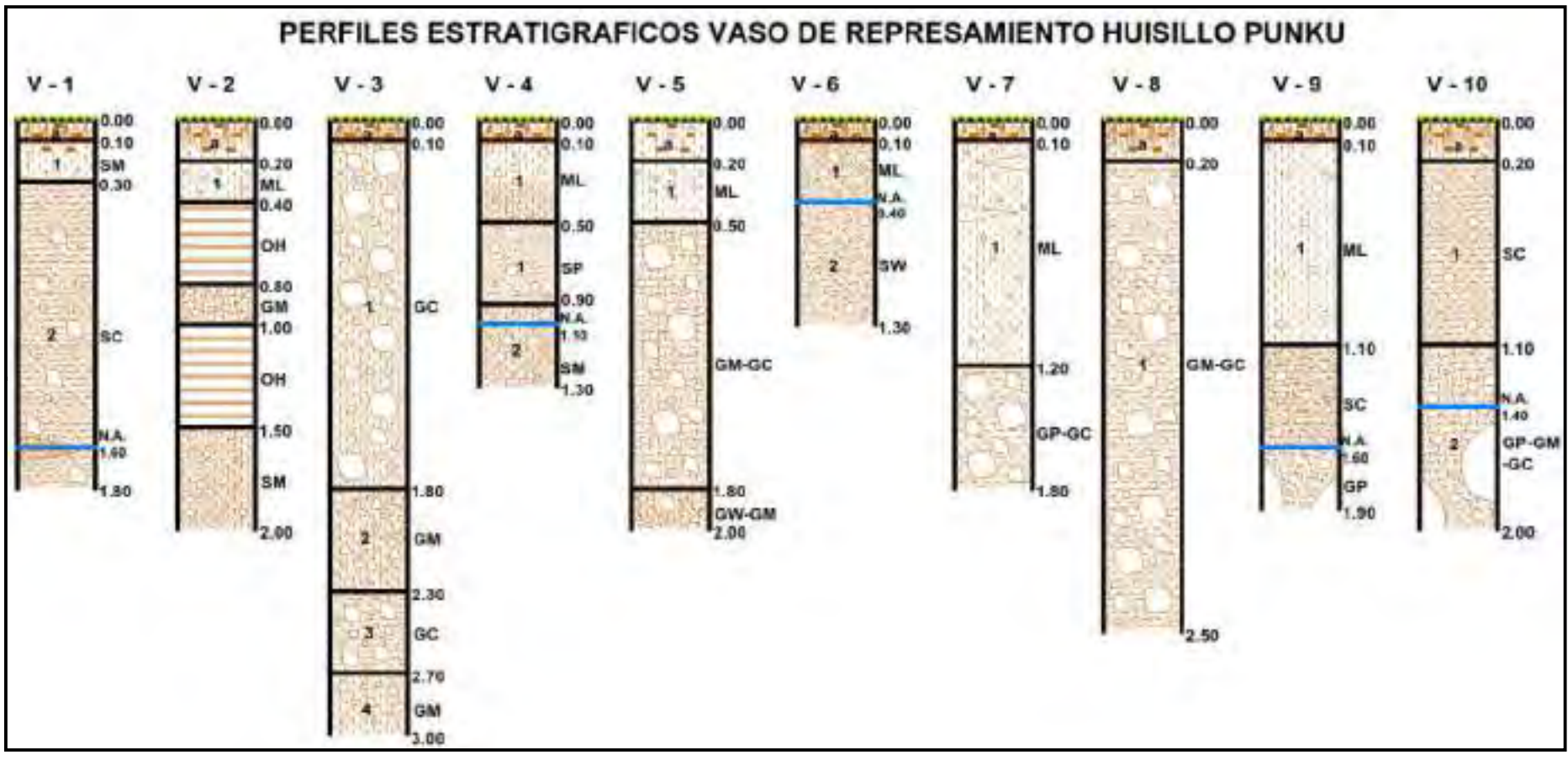
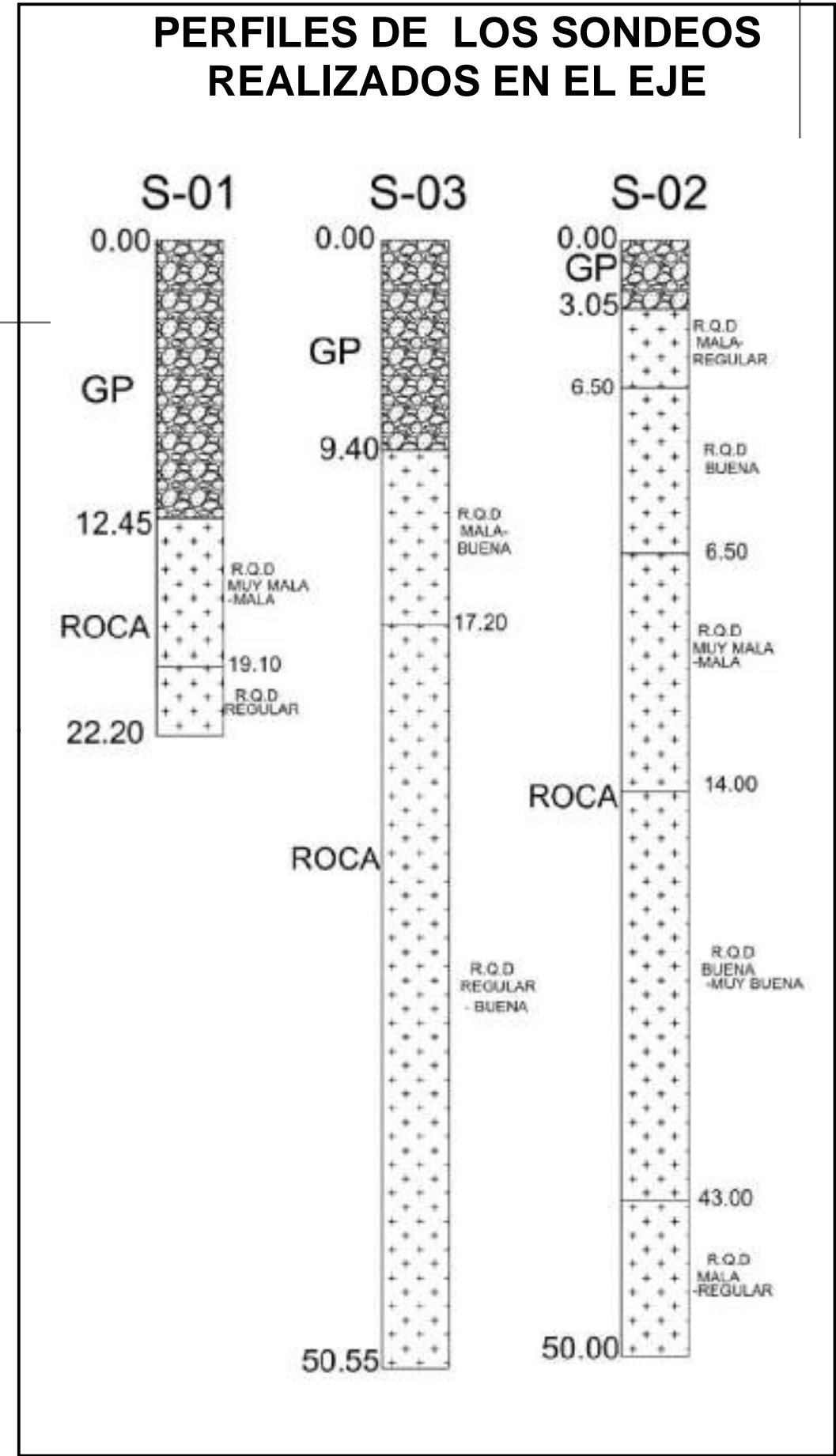
GRADO DE ALTERACION		GRADO DE RESISTENCIA DE LA ROCA		GRADO DE FRACTURACION DE LA ROCA	
A-1	ROCA SANA	R-0	EXTREMADAMENTE DEBIL 1-0.5 Mpa	F-1	<2 FRACT./m (MASIVA)
A-2	ROCA POCO ALTERADA (APRECIABLE OXIDACION DE LAS JUNTAS)	R-1	MUY DEBIL 5-1MPa (SE DESHACE ENTRE LOS DEDOS)	F-2	2-5 FRACT./m (POCO FRACTURADO)
A-3	ROCA MODERADAMENTE ALTERADA (MATRIZ POCO ALTERADA)	R-2	DEBIL 25-5 Mpa (SE DESHACE CON DIFICULTAD ENTRE LOS DEDOS)	F-3	6-10 FRACT./m (FRACTURADO)
A-4	ROCA MUY ALTERADA (MATRIZ PROFUNDAMENTE ALTERADA)	R-3	MODERADAMENTE RESISTENTE 50-25 MPa (SE PUEDE CORTAR CON NAVAJA)	F-4	11-20 FRACT./m (MUY FRACTURADO)
A-5	ROCA EXTREMADAMENTE ALTERADA (SOLO CON VESTIGIOS DE LA FRACTURA)	R-4	RESISTENTE 100-50 MPa (SONIDO MUERTO, QUIEBRA CON FACILIDAD CON MARTILLO)	F-5	>20 FRACT./m (TRITURADO)
A-6	SUELO RESIDUAL (toda la roca es suelo) (NO SE CONSERVA ESTRUCTURA NI TEXTURA DE LA ROCA)	R-5	MUY RESISTENTE 250-100 Mpa (SONIDO METALICO, DIFICIL DE QUEBRAR CON MARTILLO)		
		R-6	EXTREMADAMENTE RESISTENTE > 250 Mpa		

CALIDAD DE MACIZO ROCOSO CON RELACION AL INDICE RMR

CLASE	CALIDAD	VALORACION RMR
I	MUY BUENA	100 - 81
II	BUENA	80 - 61
III	MEDIA	60 - 41
IV	MALA	40 - 21
V	MUY MALA	< - 20

VALOR OBTENIDO EN CAMPO: 48
DE LAS TALUDES DE LA MARGEN DERECHA E IZQUIERDO DEL EJE DE LA PRESA PROYECTADA

ERA	SIST.	SERIE	UNIDAD LITOSTRATIGRAFICA
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOCENO	Qr-f: Deposito Riolitico
			Qr-co: Deposito Riolitico
			Qr-pi: Deposito Riolitico
			Qr-el-co: Deposito Riolitico
			Qr-pa: Deposito Riolitico
MESOZOICA	MIOCENA		Nm-al: Formacion Alpapampa



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

TEMA: "ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HUISILLOPUNKU - SANTO TOMAS"

MAPA: "GEOTECNICO"

BACHILLERES:
EDWIN GUTIERREZ QUISPE
ROSMERY QUISPE LACUTA

ASESOR:
ING. RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA

UBICACION: ESCALA: 1:10,000
LOC : HUISILLO
DIST : SANTO TOMAS
PROV: CHUMBIVILCAS
DEP : CUSCO

FECHA: AGOSTO-2022
PROYECCION: UTM, WGS84
FUENTE: PROPIO
ZONA 18S

M - 14

CAPITULO IX: IDENTIFICACION Y EVALUACION DE IMPACTOS AMBIENTALES

9.1 GENERALIDADES.

El estudio de identificación y evaluación de los impactos ambientales es un capítulo con mayor importancia en la tesis en desarrollo ya que los resultados nos mostrarán el grado de viabilidad ambiental del proyecto de tesis y se determinarán así las medidas y/o acciones que se deben implementar, para mitigar y realizar monitoreo controlado de los efectos ambientales que cause el proyecto de tesis.

De tal forma, que la identificación y evaluación correctamente realizadas nos dé un grado de confiabilidad del estudio, concentrando esfuerzos consecuentemente con el único fin de obtener resultados positivos que nos permita garantizar la viabilidad ambiental, social y económico de dicho proyecto.

Por tanto, la ejecución del proyecto de construcción de presa y embalse, estarán asociados a una alteración y modificación del ecosistema de manera directa al igual indirectamente, del recurso hídrico que se va captar.

9.2 METODOLOGIA PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS

En el presente estudio tomaremos en cuenta el método de la matriz de Leopold sobre la base de dos criterios de evaluación magnitud e importancia, debemos destacar que la elección de este método fue por ser usado de forma general y tiene reconocimiento a nivel científico y cuenta con una metodología de empleo sencilla y completa. Basado en lo siguiente:

- a) Naturaleza: Referido a las características del Impacto puede ser: Positivo (+) o Negativo (-)
- b) Magnitud: Referido a la extensión o al área hasta el cual se percibirán los impactos

Tabla N° 9.1: magnitud relacionado a extensión - Áreas.

Magnitud Relacionado a Extensión - Áreas	
1 – 3	Cabecera de Cuenca - Zona Angostura
4 – 6	Cabecera de Cuenca y Cuenca intermedia
6 -10	Cabecera de Cuenca y Cuenca Total

- c) **Importancia:** Referido a la intensidad o severidad en la que se presentan los potenciales impactos.

Tabla N° 9.2: importancia relacionado a intensidad - Severidad.

Importancia Relacionado a Intensidad - Severidad	
1 – 3	Bajo: Por debajo de Estándares de Calidad
4 – 6	Medio: Cercano a los Estándares de Calidad
6 -10	Alto: Mayor a los Estándares de Calidad

- d) **Valor Total del Impacto:** El valor total del impacto se obtuvo de multiplicar los criterios señalados, de la siguiente manera:

$$\text{VALOR DEL IMPACTO} = \text{NATURALEZA} \times \text{MAGNITUD} \times \text{IMPORTANCIA}$$

9.3 DESARROLLO METODOLÓGICO PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS DEL PROYECTO.





Como se menciona anteriormente por la metodología que se usara aquí empezaremos identificando nuestras actividades y la interacción que tendrán con los factores ambientales.

9.3.1 Resultados De La Evaluación De Impactos Ambientales

Como resultados de la evaluación de impacto ambiental para dicho proyecto según las actividades de desarrollo del proyecto, mediante el método de evaluación de Leopold se resumen la siguiente matriz.

Tabla N° 9.3: Resumen del Matriz de Leopold.

MATRIZ DE LEOPOLD DE ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO DEL TERRENO DE FUNDACION PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA HUISILLUPUNKI		FACTORES AMBIENTALES	ACTIVIDADES DEL PROYECTO	CONSTRUCCION DE REPRESA Y EMBALSE					EMBALSE			VALOR DE IMPACTO
				ACTIVIDADES PRELIMINARES	EXTRACCION DE MATERIAL DE CANTERA	CONSTRUCCION DE PRESA	MEJORAMIENTO Y HABILITACION DE ACCESOS	ATAGUIAS	DEPOSITO DE MATERIAL EXCEDENTE	EMBALSE	DESEMBALSE	
TERRENO DE FUNDACION PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA	AGUA	OFERTA Y /O DISPONIBILIDAD DE AGUA	-8						-8	-9	-5	
		CALIDAD DEL AGUA		-8	-6		-8	-6				
		RECARGA DE AGUA SUBTERRANEA			-5					-7		
	AIRE	CALIDAD DEL AIRE		-8		-7	-5				-6	
		RUIDO					-6					
	SUELO	CALIDAD DEL SUELO	-9		-5							
		GEOMORFOLOGIA						-5				-6
		ESTABILIDAD DE TALUDES			-6					-6		
		EROSION					-5	-4	-6			
		INUNDACIONES			-5		-4		-8			
	FAUNA Y FLORA	DEPOSICION -SEDIMENTOS							-7			
		ESPECIES HIDROBIOLÓGICAS		-7	-6					-8	-9	
		PECES		-6	-7					-9		
		ESPECIES CULTIVADAS								-6		
ESPECIES SILVESTRES DE FLORA		-8	-8	-7					-6			

	FACTORES AMBIENTALES NO ALTERADOS
	IMPACTO NEGATIVO LIGERO
	IMPACTO NEGATIVO MODERADO
	IMPACTO NEGATIVO ALTO

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Donde se visualiza que como resultado de la evaluación; el valor de impacto que se generaría es negativo de consideración moderada evidenciándose los problemas ambientales si no se hace la adecuada gestión ambiental en lo largo del proyecto afectando de manera considerable el río Huisillo que es el principal.

9.4 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL.

El objetivo principal que se consigue lograr con este plan de manejo ambiental es que las actividades externas concernientes al proyecto sean adecuadas lo más internas posible de tal manera que se priorice el valor del patrimonio ambiental del área en estudio donde como fauna y flora se ve el ichu , tola y algunos cactus, y con animales silvestres como zorros, vizcacha y auquénidos; evitando que sean afectados y garantizar su sostenibilidad.

De acuerdo a las evaluaciones de impactos desarrollados se ha encontrado que la construcción de la represa Huisillupunku generara un impacto negativo moderado.

Al respecto, el plan comprende un programa de implementación de caudal ecológico, el cual contempla la modificación de la capacidad de descarga proyectada hacia el río Huancarama, permitiendo una descarga acorde con las estimaciones de caudal ecológico desarrolladas en el presente estudio. Este programa unido a las medidas de manejo ambiental durante el ciclo de vida del proyecto, reducirá notablemente los impactos ambientales asociados a la construcción.

En tanto en el plan de manejo contempla implementación de cuidados medio ambiente, reducción de impactos, restauración y compensación de algún modo los efectos residuales que un logren a ser manejados.

9.4.1 Programas Del Plan De Manejo

A continuación, se detalla el programa que se llevara a cabo en la construcción de la presa Huisillupunku.

Tabla N° 9.4: Programa del plan de trabajo

N°	PROGRAMA ALCANCE	DESCRIPCION
1	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DURANTE LA ETAPA PRELIMINAR	
	a.-Trabajo en campo b.-Recorrido preliminar c.-Exploración del subsuelo ejecución de perforaciones d.-Excavación e.-Pruebas prácticas de campo de permeabilidad en suelo y roca con los métodos carga variable, carga constante y Lugeón.	Evaluación de las condiciones físicas y ambientales. Toma de muestras alteradas
2	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DURANTE LA ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	
	a.-Programa de Manejo de Canteras b.-Programa de Transporte y Almacenamiento de Agregados c.-Programa de Manejo de Talleres, Depósitos de Maquinarias, Vehículos y Equipos d.-Programa de Manejo de Botaderos y Depósito de Materiales Excedentes e.-Programa de Manejo de Residuos Sólidos en Obra f.-Programa de Manejo de Efluentes Líquidos en Obra g.-Programa de Señalización d.-Programa de Seguridad h.-Programa de Capacitación Ambiental y Seguridad i.-Programa de Manejo de Planta de Concreto j.-Programa de Normas de Conducta Laboral k.-Programa de Abandono de Obra l.-Programa de Protección al Medio Socioeconómico m.-Programa de Monitoreo	Las medidas diseñadas han sido elaboradas para el control ambiental en el lugar de generación (zona de construcción de la represa) y el monitoreo de los efectos incluye aguas debajo de la presa en la zona comprendida hasta la confluencia con el río Huisillo.
3	MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DURANTE LA ETAPA DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	
	a.-Programa Ambiental de Manejo de Embalse y Desembalse b.-Programa Ambiental de Purga de Sedimentos – Embalse c.- Programa Ambiental de Manejo de Purga de Sedimentos d.-Programa de Manejo de Residuos Sólido e.-Programa de Manejo de Efluentes Líquidos d.-Programa de Monitoreo e.-Programa de Relaciones Comunitarias f.-programa de implementación de caudal ecológico	Comprende las medidas de manejo para la prevención y control de los impactos asociados a la operación de la presa. Se ha estimado de manera inicial un Caudal ecológico holístico, el cual en la temporada más crítica alcanza 0.7330m ³ /s. Adicionalmente se propone un programa de monitoreo para su determinación específica.
4	MEDIDAS DE RESTAURACIÓN AMBIENTAL COMPENSATORIA	

	<p>a.-Proyecto Afianzamiento Hídrico Proyecto: Instalación de Pastos Mejorados en localidad de Huisillo</p> <p>b.-Programa de Manejo Ganadero Acondicionamiento del cauce para mejora del hábitat en el Rio Huancarama - Proyecto de Granjas Piscícolas</p> <p>d.-Proyecto turístico y capacitación comunal para potenciar el turismo rural ecológico y vivencial</p>	<p>Se han propuesto proyectos dirigidos a recuperar el valor ambiental de la zona intervenida y brindar actividades complementarias para las poblaciones asentadas aguas abajo de la presa. Estos proyectos están dirigidos a “compensar” de algún modo, los efectos residuales que no podrán ser manejados a través de las medidas de manejo previstas.</p>
5	<p>MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL DURANTE LA ETAPA DE CIERRE Y/O ABANDONO</p>	
		<p>El cierre de las operaciones está previsto para un horizonte entre 30 a 40 años, se han establecido los lineamientos para el manejo ambiental en esta etapa.</p>

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

9.5 PLAN DE CONTINGENCIA

El Plan de Contingencias tiene la responsabilidad de establecer acciones frente a la ocurrencia de eventos imprevistos en las diversas fases del proyecto, las cuales pueden ser de carácter técnico, accidental o humano, con el fin de proteger la vida humana, los recursos naturales y la propiedad, así como también para evitar retrasos y costos extras durante la ejecución de la obra. Tales contingencias deberán ser tomadas en cuenta desde el estudio preliminar del proyecto utilizando todos los recursos disponibles para que las respuestas a los eventos no previstos sean efectivas y oportunas.

Para el proyecto presa Huisillopunku se están tomando en cuenta las siguientes medidas de contingencia.

- a) Medidas de Contingencia para accidentes en el uso de explosivos.
- b) Medidas de contingencia para la ocurrencia de Sismos.
- c) Medidas de Contingencia para la ocurrencia de deslizamientos.
- d) Medidas de contingencia ante la posibilidad de falla y colapso de estructuras de la presa.
- e) La implementación de un sistema de alerta temprana.

CONCLUSIONES

1. Geomorfológicamente el área de estudio, corresponde a un valle glaciar del Pleistoceno, que se ubica desde 4400 a 5200 msnm. con una superficie de cuenca de 57.47 Km², con un $k_c = 1.5$, que nos indica que tiene una forma oval redonda a oval oblonga, que la hace moderadamente susceptible a sufrir crecidas súbitas. A nivel del vaso de almacenamiento, esta tiene un área máxima de 68 ha. con una longitud máxima de 2.31 km. y una pendiente de 2%, rodeado de montañas bajas, con pendientes de ladera de 0° a menores a 45°, altamente erosionados en la margen izquierda. Hacia al eje de la presa constituye una zona de garganta de la cuenca, con un ancho máxima hacia la cumbre de 160 m y hacia el piso de valle con un ancho de base de 20 m, por donde pasa el río Husillo, con pendientes de ladera de 1° a 45°.

Geológicamente, a nivel del vaso de almacenamiento y aledaños, afloran unidades geológicas desde el cenozoico, representado por formación Alfabamba, de naturaleza volcánica, constituido por andesitas y riolitas. Esta formación es la que ocupa como basamento rocoso el área de embalse y la zona de ubicación de la presa, así mismo como materiales de cobertura, se encuentran depósitos Morrénico (60.42 ha), aluviales (31.44 ha), palustres (13.06 ha), coluviales (33.30 ha) y fluviales (11.37 ha).

A nivel estructural, las fallas regionales tienen orientación andina NO-SE, así como también la falla local que atraviesa la parte superior del borde izquierdo del dique de la presa con dirección NO-SE, esta falla, al igual que las fallas regionales, han generado dos sistemas de fracturas principales, un grupo de fallas de distensión, que se oponen a la dirección de movimiento de las fallas regionales y otro sistema de fracturas paralelas a la dirección del movimiento de las fallas regionales, en el área de estudio se identificó dos fallas principales F1 (Az. 330°, Bz. 65° SW) y F2 (Az. 110°, Bz. 40°SW), esta última es causante de la caída de rocas y derrumbes en el flanco izquierdo del dique de la presa, la cual a su vez presenta dirección de buzamiento a favor de la pendiente, presenta una estratificación con un buzamiento de 10 SE.

2. A nivel hidrológico, la zona de estudio se encuentra a 4796 msnm, correspondiente a la zona de vida de tundra pluvial. La precipitación anual oscila entre los 832.55 mm. al año, con una precipitación de 75% de persistencia de 504.97mm, y una precipitación efectiva de 659.1

mm/año, a través de las generaciones de caudales media mensuales la cuenca genera para el mes de enero un caudal de 2.478 m³/s, con una media anual de 748 m³/s; en función a estos caudales disponibles generados para los 12 meses del año, considerando el 75% de persistencia, se tiene un volumen de disponibilidad hídrica de la cuenca de 18.850 MMC. Utilizando la fórmula de continuidad de maninc, para un coeficiente de escurrimiento de 0.60 la cuenca Huisillo puede generar un volumen de 17.69 MMC. Considerando solo los meses de lluvia (Diciembre Enero, febrero, marzo). En función de esos parámetros se ha estimado la capacidad de almacenamiento topográfico, teniendo en cuenta que la demanda de agua total de la cuenca es de 16.081 MMC, con lo cual topográficamente se requiere una altura de embalse de 45 m de altura, para un volumen de almacenamiento 17.409 MMC. Desde el punto de vista de generaciones de caudales máximos, haciendo uso del método de hidrograma triangular, la cuenca para área de 57.468 Km² para un T_c=2.33 hr, pendiente igual a 2% y I_{max}= 8.80 mm/h, periodo de retorno de 475 años, con riesgo de falla de 10%, nos genera un caudal máximo de diseño de 50m³/s.

A nivel hidrogeológico en nuestra zona de estudio se ha identificado tres unidades geohidricas: acuíferos (150.70 ha), acuitardos (31.44 ha), Acuicludo (94.54 ha).

En cuanto a la hidroquímica del agua, esta es clorurada cálcica, este debido a la disolución de minerales feldespáticos, asimismo al análisis de conductividad eléctrica y Ph, indican agua de poco tiempo de confinamiento, de origen meteorológico y de acuerdo al ECA3 son aguas aptas para consumo humano y riego.

Según el balance hídrico, Garantizaremos un balance positivo entre la oferta y la demanda de 16.081 MMC, para satisfacer todas las necesidades agrícolas, consumo humano y pecuarios.

3. Según Geodinámica, se han identificado procesos de, remoción de masa, erosión de laderas e hidrodinámicos; el fenómeno de mayor escala que se ha identificado, son de tipo de erosión de laderas, en el flanco izquierdo en la zona de vaso; seguidamente se observa los fenómenos de remoción de masa (derrumbes de rocas) a la altura del dique de la presa; otros fenómenos son puntuales en el lugar; los cuales representan un peligro geodinámico mínimo a moderado.

A nivel de riesgo, estos fenómenos naturales identificados en el entorno del área de estudio, no presentan riesgo alto ni muy alto hacia la construcción de la presa, los de tipo derrumbe, además son mitigables, se pueden tratar con acciones de conservación de suelos (en el vaso de

almacenamiento) y estabilidad de algunos taludes (acciones de cortes de talud en banquetas a la altura del eje del dique).

De acuerdo al estudio de IGP, en el mapa de zonificación sísmica, nuestra zona de estudio está ubicado en la zona 3, así mismo, de acuerdo al inventario de sismos que se tiene del lugar, presentan sismos superficiales de categorías intermedia con intensidades entre VI y VII, indicando que son zonas de carácter inestables; que tiene un factor Z de 0.35, con una aceleración sísmica de 0.32g que corresponde a un periodo de exposición de 50 años y una probabilidad de excedencia del 10%.

4. Según la Geofísica, de acuerdo al resultado de las tres secciones ubicadas en la zona de vaso, el subsuelo presenta resistividades que varían desde 4 a 700 Ω m, distinguiéndose presencia de suelos cuaternarios hasta los 20m., de profundidad aproximadamente, a partir de ello se encuentra una zona de transición, entre los depósitos cuaternarios y el basamento rocoso, en cual se encuentra, fracturada y alterada por la acción de los diferentes factores a la cual fue sometida. En la zona del dique según el resultado de la interpretación de las tres secciones, arroja que el sub suelo presenta resistividades que varían entre 86 y 2200 Ω m., los valores máximos se presentan en la parte superficial en ambos flancos del valle y hacia la parte superficial del fondo de valle, los valores intermedios se observan hacia la parte más profunda, considerada como el basamento rocoso sano, ubicada bajo los 16m de profundidad y los valores inferiores se ubican en la zona media entre los dos rangos.

5. Según la Geotecnia, la valorización del macizo según Bieniawski (RMR) en el eje de presa proyectada, presenta una valoración de 48 en el lado izquierdo y 47 en el lado derecho, la clasificación es de clase II y de una calidad Media. La capacidad admisible de la roca es de 22.99 kg/cm² en promedio. Los cuales nos permite afirmar que las condiciones son favorables. Los suelos en la zona de vaso de la presa proyectada, según la clasificación SUCS, varían desde gravas bien graduadas (GW) hasta suelos arcillosos y limos orgánicos (OH), con índices de plasticidad que varían desde NP hasta 15.54, con presencia de humedad de hasta 9.67% a 64.37% (zonas saturadas). A partir de los ensayos de permeabilidad del tipo Lefranc y Lugeón, el coeficiente de permeabilidad distribuido en el vaso y eje de la presa resulta 1.41×10^{-1} cm/s a 4.70×10^{-5} cm/s; los ensayos realizados en las perforaciones en el eje de la presa dan como resultado el coeficiente de permeabilidad de 1.72×10^{-1} cm/s a

$7.76 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$, el cual indica que a partir de inicio de roca aproximadamente los primeros 15 m son muy permeables a semi permeables y a partir de esa profundidad hasta los 50 m. de profundidad son impermeables, el grado de fracturación no influye directamente en la permeabilidad, ya que se encuentran cerradas y rellenadas. Las canteras de agregado y roca que se proponen son: Cantera de agregado Huancarama con clasificación GW, que tiene un PE=2.50 kg/m³, según la granulometría tiene la proporción de 50% grava, 48% arena y 2% de finas, cumplen los estándares de calidad y son aptos para su uso, en la zona estudio aproximadamente hay un volumen de 22,900 m³; la cantera de Rocas Huisillo que presenta, un porcentaje de pérdida total por abrasión de 22.84 %. Con una resistencia a la compresión de 610.18 kg/cm². Cuyo resultado son aptos para uso de canteras, esta se presenta en volumen abundante alrededor de la presa proyectada.

El embalse según los estudios directos e indirectos, se ha establecido que la cimentación del dique de la presa proyectada sea diseñada como presa de concreto, enrocado o CFRD.

6. A nivel de impacto ambiental las actividades de construcción y operación de la presa Huisillopunku ocasionarán cambios en los componentes bióticos, físicos y socioeconómicos, asociados principalmente a la modificación del régimen de caudales del río.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la ejecución de dique de disipación aguas arriba del vaso de almacenamiento, a la vez que detengan la carga de sedimento, para optimizar el volumen de almacenamiento.
2. Para controlar los procesos erosivos de ladera, se recomienda realizar, zanjas de coronación a la cabecera de surcos y cárcavas, diques de disipación en las cárcavas y repoblamiento de pastos naturales.
Para los derrumbes de roca que se ubicar cerca al dique, se recomienda banquetas, para estabilizar y evitar la caída directa a la estructura.
3. De acuerdo al logueo geotécnico en las perforaciones realizadas a la altura del eje central, se recomienda un nivel de desplante de 10.00m para alcanzar a roca consolidada. a partir del cual se deberá realizar una inyección de cemento 15.00 m.
4. Se recomienda uso de zarandeo en la cantera de agregados, para llegar a la granulometría requerida.
5. En la explotación de cantera de roca deben de mantener los controles de seguridad
6. Se recomienda seguir las medidas de manejo ambiental sugeridas en el presente estudio, a fin de reducir los potenciales impactos ambientales asociados con la construcción y operación de la presa Huisillo.

BIBLIOGRAFÍA

- “Carta Geológica Nacional, Geología de los Cuadrángulos de Chulca y Cayarani Hoja 30-q y 30-r”, (BOLETIN N°51, Serie A; Diciembre, 1994).
- “Carta geológica nacional, geología de los cuadrángulos de chulca y cayarani ”, hojas 30q y 30r”, (Boletín n°51, Oscar, P.M., año 1994)
- “Consideraciones Geológicas para el emplazamiento de las Represas: Huarmislla, Ángeles de Ccarahuasa, Papachacra y Huarichaca. Huancavelica”. (Tesis Espinoza, año 2012).
- “Controles Geológico – Geotécnicos en la etapa constructiva de la obra Central Hidroeléctrica Yanango”, (Tesis, año 2000).
- “Creación Del Servicio De Agua Para Riego En Comunidades Campesinas De Los Distrito De Santo Tomas Y Colquemarca, Provincia Chumbivilcas, Región Cusco”; (Proyecto Especial Regional Plan De Mejoramiento De Riego En Sierra Y Selva - Plan Meriss - Gobierno Regional Cusco).
- “Cuenca hidrológica. En Hidrología”, (2° ed.)(Villón, M., año 2002, pp. 21 -63, Lima: Editorial Villón).
- “Estudio de la temperatura y evapotranspiración. En Evaluación de los Recursos Hídricos de la cuenca del río Mala”, (INRENA año 2007, p. 102, Lima: Editorial INRENA).
- “Estudio Geofísico en La Presa Huisillo Punku”, (Servicio De Consultoria, Diciembre del 2018).
- “Estudio Geológico Geotécnico de la Presa de tierra Cotachaca Distrito Crucero – Carabaya”, (Tesis Llanos, año 2013).
- “Estudio Geológico geotécnico del represamiento del vaso Huisillopunku – Santo Tomas”.
- “Estudio geológico geotécnico para el proyecto construcción presa uchumayo sector sachac”, (Tesis Yngrid, A. y Igor, A., año 2010).
- “Estudio geológico geotécnico para el represamiento de la laguna auroraycocha”, (Tesis Ghiavanny, A. y Luis-Ángel, B., año 2009).

- “Estudio geológico geotécnico para la construcción de la presa Acerococha Kishura. Andahuaylas-Apurímac”, (Tesis Ronal, P. y Nhilton, P. año 2015).
- “Estudio geológico geotécnico para la construcción de la represa quillca. Espinar-Cusco”, (Tesis Francis, P. y Higor, V. año 2015).
- “Estudio Geológico, Geotécnico y Geofísico de la presa Bufay, Provincia de Guyas”, (Tesis Pico, año 2015).
- “Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica”, (Braja M. Das, año 2001, Editorial THOMSON).
- “Geología aplicada a la Ingeniería Civil”, (Plaza, O. año 2008 Madrid).
- “Geología Estructural del Cuadrangulo de Cayarani: Implicancias en el Vulcanismo y Sedimentación”; (Conferencia Paper – Octubre 2014).
- “Geotecnia para la construcción de cortinas impermeables en la III etapa de la presa de relaves Antamina. Ancash”, (Tesis Laura, S., año 2011).
- “Ingeniería de presas, Obras de Toma, Descarga y Desviación”, (Suarez, L. M., año 1982 Caracas, VEGA s.r.l.).
- “Inventario de Fuentes de Agua. En Mapa hidrográfico e inventario de fuentes de agua superficiales en el ámbito de la ATDR Sicuani”, (INRENA, año 2005, p.65, 71, 72, 104,105, Editorial INRENA).
- “Perforaciones y grouting para pantalla de impermeabilización en dique de agua nescafe laguna Yanacocha distrito de san marcos provincia de huari. Ancash”, (Tesis Hector, H. y Berly, M. año 2012).
- “RACEFN Glosario de Geologia”, (RACEFN, año 2020).

ANEXO

Tabla 01: Matriz de consistencia del Estudio Geológico y Geotécnico del terreno de fundación para la construcción de la presa Huisillopunku – Santo Tomas.

MARCO REFERENCIAL	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>Tesis- Estudio geológico – geotécnico para la construcción de la presa Acerococha Kishura -Andahuaylas Apurimac, por: Ronald Paucar Alcarraz, Nhilton Pacheco Surco, 2015</p> <p>Tesis- Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa quillea – Espinar – Cusco, por: Francis prado alzorra y Higor Velasquez Paucar, 2015</p> <p>Tesis- Perforaciones y grouting para pantalla de impermeabilización en dique de agua nescafe laguna Yanacocha distrito de san marcos provincia de huari departamento Ancash, por: Hector Huaisara Enciso y Berly Montesinos Perez, 2012</p> <p>Tesis- Geotecnia para la construcción de cortinas impermeables en la iii etapa de la presa de relaves – Antamina, por: Laura Sequeieros , 2011</p> <p>Boletín n° 51, Carta geológica nacional “geología de los cuadrángulos de chulca y cayarani” hojas 30q y 30r, por: Oscar Palacios Moncayo, 1994.</p>	<p>PROBLEMA PRINCIPAL:</p> <p>¿Cuáles son las características Geológicas y Geotécnicas del terreno de fundación para la construcción de la presa Huisillopunku – Santo Tomas, que garantice su estabilidad y estanqueidad?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar las características Geológicas y Geotécnicas del terreno de fundación para la construcción de la presa Huisillopunku – Santo Tomas, que garantice su estabilidad y estanqueidad.</p>	<p>Las características Geológicas y Geotécnicas del terreno de fundación de la presa Huisillopunku – Santo Tomas, son favorables para la construcción de la presa proyectada.</p>	<p>VARIABLES DEPENDIENTES:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Características Geotécnicas 	<p>MÉTODO:</p> <p>Análítico – descriptivo - explicativo</p> <p>PROCEDIMIENTO</p> <p>La metodología se divide en 3 etapas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Trabajo en gabinete I ◆ Trabajo en campo ◆ Trabajo en gabinete II <p>TÉCNICAS:</p> <p>Se realizaran comparaciones con trabajos en zonas similares, generación de diferentes mapas Y consultas en libros de la especialidad a la cual se dirige este trabajo.</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Recopilación bibliográfica, cartográfica, fotográfica y su análisis. ◆ Hacer el mapeo geológico, realizar ensayos geotécnicos e hidrogeológicos, diseño de perfiles e identificar los riesgos.. ◆ Procesar los datos, analizar e interpretar los resultados y obtener las conclusiones y recomendaciones para finalmente redactar el informe.
	<p>PROBLEMAS SECUNDARIOS</p> <p>1.- ¿Cuáles son las características Geológicas del terreno de fundación para la construcción de la presa Huisillopunku – Santo Tomas, que garantice su estabilidad y estanqueidad?</p> <p>2.- ¿Cuáles son las características Geotécnicas del terreno de fundación para la construcción de la presa Huisillopunku – Santo Tomas, que garantice su estabilidad y estanqueidad?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>1.- Evaluar las características geomorfologías, geológicas y estructurales del terreno de fundación del eje y vaso de almacenamiento proyectado.</p> <p>2.- Evaluar las condiciones hidrológicas e hidrogeológicas del área de estudio.</p> <p>3.- Identificar los peligros de geodinámica externa e interna que influyen en el área de estudio.</p> <p>4.- Determinar las características geológicas del subsuelo, a través de ensayos de geofísicas en el eje de la presa y vaso de almacenamiento.</p> <p>5.- Evaluar las características geotécnicas del terreno de fundación de la presa proyectada.</p> <p>6.- Identificar los impactos ambientales del proyecto de tesis para la construcción de la presa Huisillo.</p>	<p>JUSTIFICACIÓN</p> <p>El estudio Geológico y Geotécnico del terreno de fundación de la presa Huisillopunku – Santo Tomas, comprende la determinación de las características Geológicas y Geotécnicas del área de emplazamiento de la presa, que permita realizar el diseño del dique de la presa y establecer las condiciones para su estanqueidad del vaso de presa, y así garantice su estabilidad y estanqueidad de la presa proyectada.</p> <p>La construcción de la presa permitirá un mejor aprovechamiento del potencial hídrico existente y por ende un incremento en la productividad de la agricultura de la zona afectada, beneficiara las comunidades de Huaracco, Allhuacchuyo, Urinsaya Layo, Llique, Hanansaya, Pfullpuri, Puente Ccoyo Uscamarca, Mellotora, Colca Huayllapata, pertenecientes a los distritos Santo Tomas y Colquemarca, y abarcará un área de riego por aspersión de 2431 Ha.</p> <p>El presente trabajo de tesis sirve para optar el Título, grado de Ingeniero Geólogo de los autores.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTES</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Geomorfología ◆ Geología ◆ Estructural ◆ Hidrología ◆ Hidrogeología ◆ Geodinámica ◆ Geofísica <p>INDICADORES</p> <ul style="list-style-type: none"> ◆ Litología ◆ Fisiografía ◆ Pendiente ◆ Discontinuidades ◆ Precipitación ◆ Evapotranspiración ◆ Caudal ◆ Permeabilidad 	

Fuente: Elaborado por los tesisistas.

Tabla N° 02: Logueo de perforación - Sondeo 01

Proyecto :	ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DEL REPRESAMIENTO DEL VASO HUISILLOPUNCO				Hecho por :	Ing. Edwin Gutierrez Quispe														
Ubicación :	HUISILLOPUNCO - SANTO TOMAS				Revisado por :															
Perforación :	S - 01				Perforista :	Elias O. Melgarejo Arellano														
Nivel freático :	11.60 m				Fecha inicio :	13/11/2018														
Coordenadas :	Este:	801288	Norte:	8368489	Fecha fin :	16/11/2018														
Profundidad proyectada :	50.00 m				Equipo :	EXPLORER SAT 140														
Profundidad ejecutada :	22.20 m				ANEXO :	019														
Logueo de la perforación																				
Tuberías usadas	De (m.)	Hasta (m.)	Perforación (m.)	Recuperación		ROD (%)	Descripción de material	Perfil Geológico	Recuperación en grafica (%)				ROD en grafico(%)				ENSAYOS LEFRANC	ENSAYOS LUCEON	ENSAYOS KUBENSA	PERMEABILIDAD
				(m)	(%)				20	40	60	80	20	40	60	80				
Perforación HQ 22.20 m Revestimiento HWT 10.10 m.	0.00	0.50	0.50	0.50	100.00	-	0.00 - 9.40 m. Deposito coluvial - Aluvial , de color gris, presenta fragmentos de roca volcanica con algo de matriz areno-limosa, fragmentos de T _{max} de 4", de forma angulosa. Fragmentos: 75% Arena: 10% Finas: 15%	Qco-Qal	20	40	60	80	20	40	60	80	LEF-01	7.98 x 10 ⁻¹		
	0.50	0.90	0.40	0.35	87.50	-														
	0.90	1.50	0.60	0.50	83.33	-														
	1.50	2.20	0.70	0.60	85.71	-														
	2.20	3.00	0.80	0.45	56.25	-														
	3.00	4.00	1.00	0.50	50.00	-														
	4.00	4.60	0.60	0.40	66.67	-														
	4.60	5.50	0.90	0.65	72.22	-														
	5.50	6.30	0.80	0.40	50.00	-														
	6.30	7.40	1.10	0.80	72.73	-														
Perforación HQ 22.20 m	7.40	8.60	1.20	0.65	54.17	-	9.40 - 12.45 m. Grava en matriz arenosa de grano fina limosa, de color gris claro, presenta grava de T _{max} . 3" de forma sub-redondeada a redondeada, compacidad densa a muy densa. Grava: 75% Arena: 10% Finas: 15%	Qfl-Qal	20	40	60	80	20	40	60	80	LEF-02	1.72 x 10 ⁻¹		
	8.60	9.40	0.80	0.40	50.00	-														
	9.40	10.50	1.10	0.60	54.55	-														
	10.50	11.50	1.00	0.60	60.00	-														
	11.50	12.50	1.00	0.85	85.00	-														
	12.50	13.30	0.80	0.80	100.00	0.00														
	13.30	14.90	1.60	1.60	100.00	33.13														
	14.90	15.90	1.00	1.00	100.00	0.00														
	15.90	17.00	1.10	1.00	90.91	26.00														
	17.00	18.30	1.30	1.30	100.00	39.23														
Perforación HQ 22.20 m	18.30	19.10	0.80	0.75	93.75	25.33	ROCA	ROCA	20	40	60	80	20	40	60	80	LEF-03	7.67 x 10 ⁻³		
	19.10	20.60	1.50	1.50	100.00	65.33														
	20.60	22.20	1.60	1.60	100.00	71.25														
	22.20																			

Perforación HQ. 51	Datos de Perforación						ROCA	Diagrama de Fracturas	LUGAR	Dimensiones
	Profundidad (m)	Diámetro (cm)	Velocidad (m/s)	Rotación (rpm)	Presión (MPa)	Resistencia (MPa)				
18.30	19.40	1.10	1.10	100.00	0.00	18.30 - 21.65 m. Roca volcanica la cual se observa brechado por cizallamiento , de color gris claro algo verdosa, se observa espejos de falla , se observa q las fracturas estan rellenas por arcilla y en algunos caso por calcita. Roca moderadamente alterada A-3, moderadamente resistente R-3 y muy fracturado a triturado F-4 a F5.	[Diagrama de Fracturas]	LUG-03	1.62 x 10 ^-5	
19.40	20.80	1.40	1.40	100.00	7.14					
20.80	21.60	0.80	0.80	100.00	37.50	21.65 - 25.22 m . Roca volcanica la cual se observa brechado por cizallamiento , de color gris claro algo verdosa, se observa espejos de falla, se observa q las fracturas estan rellenas por arcilla y en algunos caso por calcita. Roca moderadamente alterada A-3, moderadamente resistente R-3 y fracturado F-3 .	[Diagrama de Fracturas]	LUG-04	7.76 x 10 ^-5	
21.60	22.40	0.80	0.80	100.00	52.50					
22.40	23.10	0.70	0.70	100.00	58.57	25.22 - 31.80 m . Roca volcanica , de color gris rojizo algo verdoso, se observa espejos de falla, se observa que las fracturas estan rellenas por arcilla y en algunos caso por calcita. Roca poco alterada A-2, resistente R-4 y masiva a poco fracturado F-1 a F2.	[Diagrama de Fracturas]	LUG-05	2.22 x 10 ^-5	
23.10	24.70	1.60	1.60	100.00	14.38					
24.70	26.30	1.60	1.60	100.00	73.75	31.80 - 33.40 m. Roca volcanica , de color gris verdoso, se observa espejos de falla, se observa algunas franturas verticales a sub-verticales presenta costras de crisocola. Roca moderadamente alterada A-3, moderadamente resistente a resistente R-3 a R-4 y poco fracturado F2.	[Diagrama de Fracturas]	LUG-06	2.16 x 10 ^-5	
26.30	27.90	1.60	1.60	100.00	81.88					
27.90	28.90	1.00	1.00	100.00	98.00	33.40 - 42.30 m . Roca volcanica, de color gris verdosa algo rojizo, se observa espejos de falla, se observa algunas venillas de calcita y presencia de costras verdosas crisocola.. Roca poco alterada A-2, resistente R-4 y masivo a poco fracturado F-1 a F-2.	[Diagrama de Fracturas]	LUG-07	4.89 x 10 ^-4	
28.90	30.50	1.60	1.60	100.00	98.75					
30.50	32.10	1.60	1.60	100.00	100.00	42.30 - 50.00 m . Roca volcanica, de color gris verdosa , se observa espejos de falla, se observa rellenos de calcita, yeso y arcilla, tambien se observa fracturas subverticales , presencia de costras verdes de crisocola. Roca poco alterada A-2, resistente R-4 y fracturado F-3.	[Diagrama de Fracturas]			
32.10	33.70	1.60	1.60	100.00	86.25					
33.70	35.00	1.30	1.30	100.00	100.00					
35.00	36.60	1.60	1.60	100.00	100.00					
36.60	38.20	1.60	1.60	100.00	100.00					
38.20	39.80	1.60	1.60	100.00	100.00					
39.80	41.40	1.60	1.60	100.00	95.00					
41.40	43.00	1.60	1.60	100.00	81.88					
43.00	44.20	1.20	1.20	100.00	52.50					
44.20	45.80	1.60	1.60	100.00	48.75					
45.80	47.40	1.60	1.60	100.00	56.88					
47.40	49.00	1.60	1.60	100.00	62.50					
49.00	50.00	1.00	1.00	100.00	36.00					

OBSERVACIONES		LEYENDA	
			Coluvial - aluvial
			Roca Volcanica

GRADO DE ALTERACION		GRADO DE RESISTENCIA DE LA ROCA		GRADO DE FRACTURACION DE LA ROCA	
A-1	ROCA SANA	R-0	EXTREMADAMENTE DEBIL 1-0.5 MPa	F-1	<2 FRACT./m (MASIVA)
A-2	ROCA POCO ALTERADA (APRECIABLE OXIDACION DE LAS JUNTAS)	R-1	MUY DEBIL 5-1MPa (SE DESHACE ENTRE LOS DEDOS)	F-2	2-5 FRACT./m (POCO FRACTURADO)
A-3	ROCA MODERADAMENTE ALTERADA (MATRIZ POCO ALTERADA)	R-2	DEBIL 25-5 MPa (SE DESHACE CON DIFICULTAD ENTRE LOS DEDOS)	F-3	6-10 FRACT./m (FRACTURADO)
A-4	ROCA MUY ALTERADA (MATRIZ PROFUNDAMENTE ALTERADA)	R-3	MODERADAMENTE RESISTENTE 50-25 MPa (SE PUEDE CORTAR CON NAVAJA)	F-4	11-20 FRACT./m (MUY FRACTURADO)
A-5	ROCA EXTREMADAMENTE ALTERADA (SOLO CON VESTIGIOS DE LA FRACTURA)	R-4	RESISTENTE 100-50 MPa (SONIDO MUERTO, QUIEBRA CON FACILIDAD CON MARTILLO)	F-5	>20 FRACT./m (TRITURADO)
A-6	SUELO RESIDUAL (to da la roca es suelo) (NO SE CONSERVA ESTRUCTURA NITEXRURA DE LA ROCA)	R-5	MUY RESISTENTE 250-100 MPa (SONIDO METALICO, DIFICIL DE QUEBRAR CON MARTILLO)		
		R-6	EXTREMADAMENTE RESISTENTE > 250 MPa		

Fuente: Elaboracion propio

Tabla N° 04: Logueo de perforación - Sondeo 03

Proyecto :		ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO DEL REPRESAMIENTO DEL VASO HUISILLOPUNCO				Hecho por :		Ing. Edwin Gutierrez Quispe												
Ubicación :		HUISILLOPUNCO - SANTO TOMAS				Revisado por :														
Perforación :		S-03				Perforista :		Elias O. Melgarejo Arellano												
Nivel freático :		0.00 m				Fecha inicio :		17/11/2018												
Coordenadas :		Este: 801206		Norte: 8368444		Fecha fin :		29/11/2018												
Profundidad proyectada :		50.00 m				Equipo :		EXPLORER SAT 140												
Profundidad ejecutada :		50.55 m				ANEXO :		021												
Logueo de la perforación																				
Tubería usada	Desde (m)	Hasta (m)	Perforación (m)	Recuperación		ROD (%)	Descripción de material	perfil Geológico	Recuperación en grafica (%)				RQD en grafico(%)				ENSAYOS LEFRANC	ENSAYOS LUGFON	K (cm/Seg)	PERMEABILIDAD
				(m)	(%)				20	40	60	80	20	40	60	80				
Revestimiento HWT 10.10 m	0.00	0.50	0.50	0.50	100	-	0.00 - 0.50 m: Gravilla con arena de grano fina a media, de color marron grisaceo, gravilla de Tmax. 3/4", de forma redondeado a sub-redondeado compacidad medianamente densa a densa. Grava: 65% Arena: 30% Finas: 5%	Qf1 - Qal	20	40	60	80	20	40	60	80				
	0.50	1.30	0.80	0.50	63	-			20	40	60	80	20	40	60	80				
	1.30	2.10	0.80	0.60	75	-	0.50 - 3.40 m: Grava en matriz arenosa de grano fina, de color marron grisaceo, grava de Tmax. 3 1/2", de forma redondeado a sub-redondeado compacidad suelta. Grava: 55% Arena: 40% Finas: 5%		20	40	60	80	20	40	60	80				
	2.10	2.70	0.60	0.40	67	-			20	40	60	80	20	40	60	80				
	2.70	3.40	0.70	0.50	71	-			20	40	60	80	20	40	60	80				
	3.40	4.20	0.80	0.50	63	-	3.40 - 5.20 m: Arena de grano fina con grano , de color gris pardusco, grava de Tmax. 1 1/2", de forma redondeado, compacidad densa. Grava: 55% Arena: 35% Finas: 10%		20	40	60	80	20	40	60	80				
	4.20	5.20	1.00	0.60	60	-			20	40	60	80	20	40	60	80				
	5.20	6.50	1.30	0.70	54	-	5.20 - 9.40 m: cantos y grava en matriz arenosa de grano gruesa , de color gris, grava de canto Tmax. 4" y grava de Tmax. 2 1/2", de forma Sub-redondeada a redondeado, compacidad densa a muy densa. presencia de gravas de roca volcanica similar al afloramiento de roca la cual indica una transicion a roca.		20	40	60	80	20	40	60	80				
	6.50	7.50	1.00	0.60	60	-			20	40	60	80	20	40	60	80				
	7.50	8.30	0.80	0.50	62	-			20	40	60	80	20	40	60	80				
8.30	9.00	0.70	0.50	71	-	Grava: 65% Arena: 30% Finas: 5%	20	40	60	80	20	40	60	80						
9.00	9.70	0.70	0.50	71	-		20	40	60	80	20	40	60	80						
Perforación HQ 50.55 m	9.70	10.40	0.70	0.70	100	88.57	9.40 - 11.30 m: Roca volcanica, de color gris claro verdoso, roca poco alterada a moderadamente alterada A-02 a A-03, resistente R-04 y fracturado F-03.	Roca	20	40	60	80	20	40	60	80	LEF-01		6.396 x 10 ^-3	
	10.40	11.30	0.90	0.90	100	48.89			20	40	60	80	20	40	60	80				
	11.30	12.90	1.60	1.60	100	74.38			20	40	60	80	20	40	60	80				
	12.90	14.50	1.60	1.60	100	86.25			20	40	60	80	20	40	60	80				
	14.50	16.10	1.60	1.60	100	94.38	11.30 - 18.50 m: Roca volcanica, , de color gris verdoso, se observa algunas fracturas sub-verticales, roca poco alterada a moderadamente alterada A-02 a A-03, resistente R-04 y poco fracturado a masivo F-01 a F-02.		20	40	60	80	20	40	60	80	LUG-01		1.76 x 10 ^-4	
	16.10	17.20	1.10	1.10	100	40.00			20	40	60	80	20	40	60	80				
	17.20	18.50	1.30	1.30	100	80.77			20	40	60	80	20	40	60	80				
	18.50	19.50	1.00	1.00	100	99.00			20	40	60	80	20	40	60	80				
	19.50	21.05	1.55	1.55	100	90.32			20	40	60	80	20	40	60	80	LUG-02		4.38 x 10 ^-5	
	21.05	22.40	1.35	1.35	100	71.85	18.50 - 24.00 m: Roca volcanica, , de color gris verdoso, se observa algunas fracturas cerradas por arcillas , roca sana A-01, resistente R-04 y poco fracturado a masiva F-01 a F-02.		20	40	60	80	20	40	60	80				
22.40	24.00	1.60	1.60	100	75.00		20	40	60	80	20	40	60	80						

Imagen 02: certificado de aprobacion de reglamento de calidad del agua para consumo humano.

Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda.
 Av. Tulumayo 76B
 Cusco - Perú
 Telefax: 084 234727
 Celular: 975 713 500
 RPC: 074 787 101
 RPM: # 713 522
 laboratorio@louispasteur@yahoo.es
 www.tblouispasteur.com

OPINIONES E INTERPRETACIONES
INFORME DE ENSAYO
 LLP-3358-2015

Pag. 1 de 1

DECRETO SUPREMO N°031/2010 MINSA – APRUEBAN REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO

Determinaciones	Unidad de Medida	Límite Máximo permisible	Valores Hallados
pH	Valor de pH	6.5-8.5	6.97
Turbiedad	NTU	5	1.80
Conductividad	µS/cm	<2000	204.50
Clor		Aceptable	Aceptable
Color	UCV	15	5
Sólidos totales disueltos	mg/L	1000	140.70
Cloruros Cl	mgCl/L	250	38.45
Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ /L	250	1.44
Dureza total	mgCaCO ₃ /L	500	0.17

Observaciones

De acuerdo a los ensayos realizados la muestra analizada cumple con los límites establecidos por la norma. DECRETO SUPREMO N°031/2010 MINSA – APRUEBAN REGLAMENTO DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA CONSUMO HUMANO.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad de producto o una certificación del Sistema de Gestión de la calidad que lo produce. Este documento no podrá ser reproducido parcialmente sin la autorización del Laboratorio Louis Pasteur S.R.Ltda. Los resultados sólo se refieren a los temas ensayados. El presente informe de ensayo se refiere únicamente a la muestra analizada.



Foto N° 1. panorámica donde se muestra el área de estudio de la presa Huisillopunku proyectada (setiembre del 2018)

Imagen 01: Resultado del ensayo corte directo saturado



