

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



TESIS

ESTUDIO, GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA REPRESA
SECSEPAMPA SECTOR ICHUHUANCO-PARURO-CUSCO- 2021

PRESENTADO POR:

- Bach. LIZ SHERLAY ARRIAGA CESPEDES
- Bach. ISAAC MARCA ZEVALLOS

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO GEÓLOGO

ASESOR:

MGT. ING. LUIS RONALD LOPEZ ZAPANA

CUSCO – PERÚ
2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, asesor del trabajo de investigación/tesis titulado: "ESTUDIO GEOLOGICO Y GEOTECNICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA REPRESA SESCEPAMPA, SECTOR ICHUHUANCO, PARURO-CUSCO-2021"

Presentado por:

Bach; LIZ SHERLAY ARRIAGA CESPEDES DNI:47965372

Bach; ISAAC MARCA ZEVALLOS DNI:77810447

Para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO GEOLOGO.

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 02 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del *Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 1%

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera hoja del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 27 de NOVEMBRE de 2023



Firma

Post firma RONALD LUIS LOPEZ ZAPANA

Nro. de DNI 23923900

ORCID del Asesor 0000-0003-0148-6535

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.

2. Identificación de reporte de similitud: OID: 27259:289860080

NOMBRE DEL TRABAJO

**ESTUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO CON
STRUCCION PRESA SECSPAMPASECCE
PAMPA.pdf**

AUTOR

LIZ ISAAC ARRIAGA MARCA

RECUENTO DE PALABRAS

17389 Words

RECUENTO DE CARACTERES

101606 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

125 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

11.6MB

FECHA DE ENTREGA

Nov 27, 2023 2:37 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Nov 27, 2023 2:39 PM GMT-5

● 1% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 1% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)

DEDICATORIA

El principal agradecimiento a Dios, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, a mis padres Mateo Arriaga Mamani e Isabel Céspedes Tapara, a mis hermanas Sonia, Mariela, Zenayda y hermano Ciro, quienes, con su apoyo incondicional, paciencia esfuerzo, y estímulo me han permitido cumplir hoy un sueño más.

A todos los docentes universitarios que influyeron en mi crecimiento académico y personal, y finalmente a mis amigos que estuvieron apoyándonos en este logro personal.

Liz S. Arriaga Céspedes.

En primer lugar, agradezco a nuestro Dios todopoderoso por ser el inspirador y darnos fuerzas para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

Gracias a mis padres Sabino Marca Sutta y Maria Zevallos Zevallos, y a mis hermanos Habrán Marca Zevallos, Manuel Jesús Marca Zevallos, y a mis hermanas Dina Alejandrina Marca Zevallos y Maria Marca Zevallos por estar siempre presentes, acompañándome, guiándome y dándome su apoyo incondicional.

Finalmente, a mis docentes de la universidad y amigos universitarios que estuvieron siempre presente y brindando su apoyo, en este objetivo anhelado.

Isaac Marca Zevallos

AGRADECIMIENTOS

A nuestra Primera Casa de Estudios, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por ser el Alma Mater de nuestra formación profesional.

A la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica, que nos acogió en sus aulas y principalmente aportó en nuestro crecimiento profesional fortaleciendo nuestra formación.

A nuestro Asesor Mg. Ing. Luis Ronald López Zapana, por habernos guiado acertadamente en este proceso de investigación científica, no solo en la elaboración de este trabajo de investigación, sino a lo largo de nuestra carrera profesional.

A los señores docentes dictaminantes, por su apoyo constante en la revisión, sugerencias y recomendaciones para la concretización de esta tesis.

CONTENIDO:

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS.....	4
RESUMEN	9
1 CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES:	10
1.1. INTRODUCCION:.....	10
1.2. UBICACIÓN.....	11
1.2.1 UBICACIÓN POLITICA:.....	11
1.2.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA.	11
1.2.3 UBICACIÓN HIDROGRAFICA.....	11
.....	12
1.3 ACCESIBILIDAD:.....	13
1.4 METODOLOGIA:	14
1.4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.	15
1.4.1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	15
1.4.1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.....	15
1.4.2 OBJETIVOS DE ESTUDIO.....	16
1.4.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	16
1.4.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	16
1.4.3 HIPOTESIS.....	17
1.4.3.1 HIPÓTESIS ESPECIFICA	17
1.4.4 JUSTIFICACION.....	17
1.4.5 MARCO TEORICO REFERENCIAL.....	18
1.4.5.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION.....	18
1.4.6 MARCO TEORICO CONCEPTUAL.....	20
1.4.6.1. DEFICIT DE AGUA EN LA PRESA.....	20
1.4.6.2. FILTRACION.....	21
1.4.6.3. PERMEABILIDAD.....	21
1.4.6.4. MORRENAS.....	21
1.4.3 CONOS DE DEYECCIÓN.....	21
1.4.6.5. ESTRUCTURAS LINEALES (FRACTURAS Y DIACLASAS)	22

1.4.6.6.	PLEGAMIENTOS.....	24
1.4.6.7.	CLASIFICACION DE SUELOS.....	24
1.4.6.8.	CONSISTENCIA DEL SUELO	25
1.4.6.9.	PRUEBA PROCTOR MODIFICADO.....	26
1.4.7	PROCESO METODOLOGICO	26
1.4.7.1.	FASE I: TRABAJO DE PRE CAMPO	26
1.4.7.2.	FASE II: TRABAJO DE CAMPO.....	27
1.4.7.3.	FASE III: TRABAJO DE POST CAMPO	27
1.4.8	EQUIPOS Y MATERIALES.....	28
1.5	CLIMA Y VEGETACION	30
1.6	VARIABLES.....	30
1.6.3	VARIABLE DEPENDIENTE:.....	30
1.6.4	VARIABLE INDEPENDIENTE:.....	30
1.6.5	OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.....	30
2	CAPITULO II: ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS:.....	32
2.1.	GENERALIDADES:.....	32
2.2.	GEOMORFOLOGIA REGIONAL:.....	32
2.3.	GEOMORFOLOGIA LOCAL:	34
2.4.	VALLE GLACIAR:	36
2.5.	FONDO DE VALLE GLACIAR:	36
	37
2.6.	COLINAS.....	37
2.7.	LOMAS.....	39
2.8.	FISIOGRAFIA.....	39
2.9.	FISIOGRAFIA DE LA MICROCUENCA ICHUANCO	40
2.10.	GEODINAMICA INTERNA.....	41
2.11.	SISMICIDAD EN LA ZONA DE INFLUENCIA	41
2.12.	GEODINAMICA EXTERNA.....	43
	CAPITULO III: ASPECTOS GEOLOGICOS.....	44
3.1.	GENERALIDADES:	44
3.2.	UNIDADES GEOLOGICAS LOCALES:.....	44
3.2.1	DEPOSITOS CUATERNARIOS:.....	44
3.2.1.1	DEPOSITOS COLUVIO ALUVIALES	44

3.2.2	DEPOSITOS ALUVIO ELUVIALES (Qh-al-el) HOLOCENO	45
3.2.3	DEPOSITO BOFEDAL (Qh-Bo)-HOLOCENO.....	45
3.2.4	DEPOSITOS LACUSTRES (Qh-la).....	46
3.2.5	GRUPO SAN JERONIMO:.....	46
3.2.5.1	FORMACION SONCCO.....	47
3.2.5.2	FORMACION KAYRA	47
3.3.	UNIDADES GEOLOGICAS REGIONALES:	49
3.4.	LITOESTRATIGRAFÍA	49
3.4.1	FORMACION QUILLQUE	49
3.4.2	GRUPO MURCO	49
3.4.2.1	FORMACION HUINTUYO.....	49
3.4.1.1	FORMACION CHILLOROYA	50
3.4.1.2	FORMACION ARCURQUINA	50
3.4.2	FORMACION CHILCA.....	51
3.4.3	FORMACION HUALHUANI (Ki-hu)	51
3.4.4	GRUPO YUNCAYPATA (Ki).....	52
3.4.4.1	FORMACION AYABACAS (Kis-ayb).....	52
3.4.4.2	FORMACION PAUCARBAMBA (Ki-pau)	52
3.4.5	FORMACION PARURO (Nm-pa)	53
3.4.6	FORMACION RUMICOLCA (NpQ-r)	53
CAPITULO IV: GEOLOGIA ESTRUCTURAL		54
4.1	GENERALIDADES	54
4.2	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL.....	54
4.3	DIAGRAMA DE ESTRUCTURAS PRIMARIAS	54
4.4	TENDENCIAS DE LA DIRECCIÓN DE DIACLASAS.	55
4.5	RESULTADOS	57
4.6	ESTRUCTURAS TECTÓNICAS	57
4.7	PLEGAMIENTOS.....	58
4.8	FALLAMIENTO	58
CAPITULO V: ASPECTOS HIDROLÓGICOS.....		59
5.1	GENERALIDADES	59
5.2	HIDROLOGIA DE LA MICROCUENCA ICHUANCO.....	59
5.3	PARAMETROS MORFOMETRICOS.....	62

5.4	VARIABLES CURVA HIPSOMETRICA.....	63
5.5	ANALISIS Y TRATAMIENTO DE LAS VARIABLES METEOROLOGICAS	64
5.6	HORAS DE SOL	65
5.7	TEMPERATURA.....	66
5.8	EVAPORACION.....	66
5.9	PRECIPITACION.....	67
5.10	ANALISIS Y CALCULO DE INFORMACION HIDROMETRICA	70
CAPITULO VI: ASPECTOS GEOTECNICOS.....		81
6.1	GENERALIDADES	81
6.2	CARACTERIZACION GEOMECANICA.....	81
6.3	ESTACIONES GEOMECANICAS.....	81
6.4	ENSAYO DE RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA.	82
6.5	PESO ESPECIFICO.	83
6.6	ABSORCION.....	83
6.7	CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE PARA LOS MACIZOS ROCOSOS.....	83
6.8	CARACTERIZACION DE MECANICA DE SUELOS.....	84
6.9	CARACTERIZACION FISICO MECANICA DEL SUELO	101
6.10	CANTERAS DE AGREGADOS.....	105
6.11	COSTOS Y PRESUPUESTOS.....	109
6.12	SEGURIDAD EN LA PRESA	110
CONCLUSIONES:.....		111
RECOMENDACIONES:		113
3	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:	114
4	ANEXOS:	116

RESUMEN

El estudio se ubica políticamente en; departamento Cusco, provincia, distrito Paruro, comunidad de Anasaya; geográficamente según Datum WGS84, en zona 19 L, coordenadas; E: 189298 m, N: 8486150 m, altitud de 3890 msnm; hidrográficamente en la cuenca Alto Apurimac, subcuenca Tojohuanca, microcuenca Ichuanco. La presa se construirá en la unidad geomorfológica de valle, con ancho promedio de 150 metros lineales, en donde transita a lo largo la micro cuenca Ichuuanco,

La presa se fundará sobre depósitos cuaternarios y el basamento rocoso consta de; areniscas cuarzosas con intercalación de lutitas rojas de la Fm. Kayra (Ki-mu) en gran medida y en menor, lutita de la Fm. Sonco oligoceno inferior (Sonc- ol-i), el fondo de vaso y medio que rodea al mismo, está constituida por depósitos morrénicos, areniscas de la Fm. Kayra. La zona de construcción y embalse yace sobre pliegues sinclinal y anticlinal, existentes y erosionados, con ejes en dirección NO-SE.

La microcuenca Ichuhanco trasvasa agua a la sub cuenca Tojohuanca, esta presenta; área de 9.57 km², altitud media de 4556.28 msnm. La precipitación media anual es 783.57 mm, temperatura media mínima 0.5 °C y máxima 18.92 °C, temperatura media anual de 8 °C, los caudales ofertados van de 5 a 50 l/s durante el año. El embalse útil de la presa será 3,5 mmc, oferta hídrica anual es 3,2 mmc y al 75 % de persistencia 2,4 mmc. La demanda hídrica es 2,1 mmc con caudal regulado de 75 l/s, según el balance hídrico hay un déficit en los meses de mayo a octubre, el resto hay un superávit. La presa regará 120 ha de cultivo.

La presa se cimentará sobre deposito fluvio glariales - morrénicos, constituido por arenas limosas y gravas(SM-G), siendo la profundidad de cimentación planteada a 2.8 m con 6 metros de dentellón cubierto por geomembrana HDPE de 3.00 mm.

CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES:

1.1. INTRODUCCION:

El estudio geológico y geotécnico como parte del proyecto de la construcción de la presa Secsepampa Comunidad Anasaya del Distrito de Paruro, Provincia de Paruro, Región Cusco, se proyecta a la evaluación del subsuelo del área de la presa efectuando trabajos de exploración de campo y ensayos de laboratorio necesarios para definir su perfil estratigráfico, determinar los parámetros de resistencia y de esta forma poder proporcionar las características físico mecánicas del sub suelo como también brindar las recomendaciones adecuadas para el diseño y asegurar el buen funcionamiento durante su vida útil.

La construcción de las presas se da con fines de regular el flujo hídrico como también embalsar agua para posteriormente dotar a las áreas de riego y consumo humano en temporadas de estiaje, en algunos casos se da para la generación de energía hidráulica que se transforma en generación de energía eléctrica.

Planteamos la construcción de la presa donde aplicaremos y adquiriremos bastantes conocimientos teóricos-prácticos, analizando, investigando, evaluando e interpretando, los problemas y soluciones que esta presenta. Partiendo del interés que en general las presas son grandes obras hidráulicas y es un tema de gran importancia para el país, donde la geología y la geotecnia llevan un papel muy relevante y trascendental en coordinación con otras disciplinas para la fundación de ellas, posteriormente cuya importancia radica en el desarrollo local, y regional del país, lo cual nos motiva a formarnos académicamente como futuros ingenieros geólogos en la rama de la geología y geotecnia aplicado a presas.

1.2. UBICACIÓN

1.2.1 UBICACIÓN POLITICA:

- Departamento: Cusco
- Provincia: Paruro
- Distrito: Paruro
- Comunidad: Anasaya

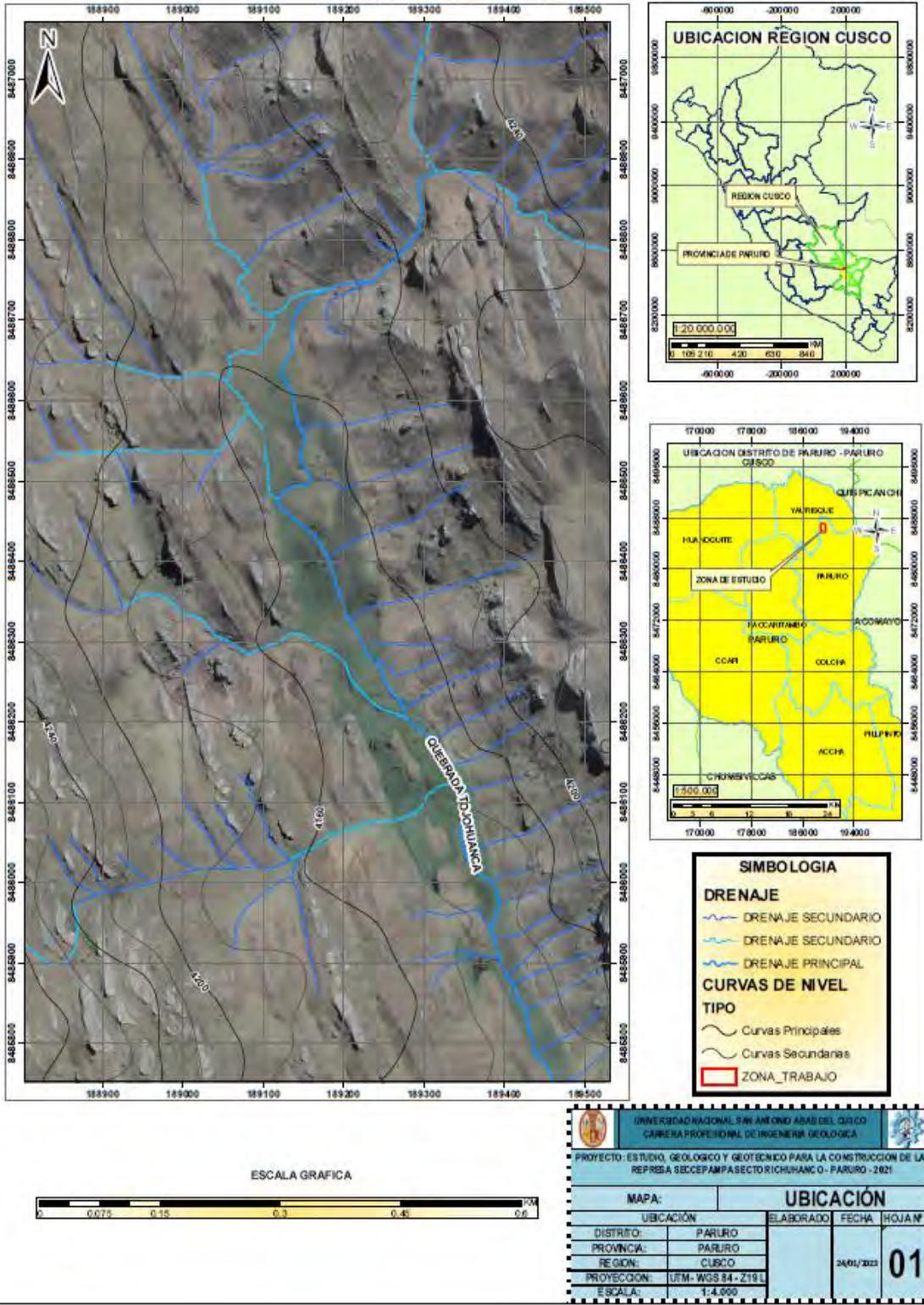
1.2.2 UBICACIÓN GEOGRAFICA.

- Datum: WGS 084
- Zona: 19L
- Norte: 8486539 m
- Este: 189138 m
- Altitud: 4184 m.s.n.m

1.2.3 UBICACIÓN HIDROGRAFICA.

- Cuenca: Alto Apurimac
- Sub Cuenca: Tojohuanca
- Microcuenca: Ichuhuanco

MAPA DE UBICACION



Mapa 01. Mapa de ubicación de la zona de estudio

1.3 ACCESIBILIDAD:

La zona de estudio se encuentra a 48 km de la Ciudad de Cusco, se llega por la vía principal asfaltada Cusco-Paruro desviándose en el km 30 de esta vía, luego se desvía por trocha carrozable de 12km, posteriormente se hace una caminata de 6km para llegar a la zona de estudio. (Imagen 01) Todo el recorrido se da aproximadamente en un tiempo estimado de 3 horas con 15 minutos, esto considerando una movilidad tipo auto y caminata (Cuadro 01).

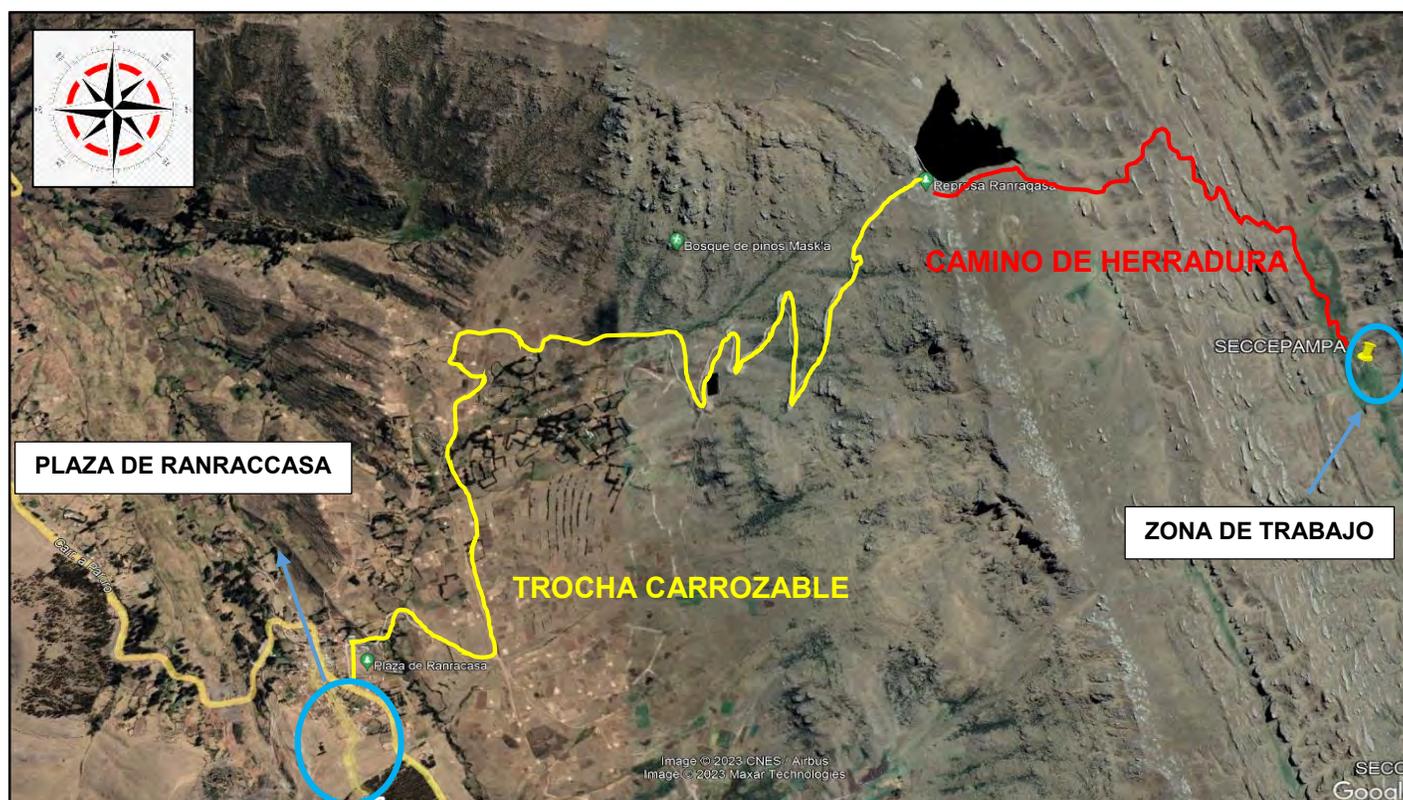


Imagen 01. Imagen satelital del recorrido desde cusco hasta la zona de estudio

Fuente propia

DESDE	A	KM	TIPO DE VIA	MEDIO DE TRANSPORT	TIEMPO
CUSCO	DESVIO	30 km	ASFALTADA	AUTO	90 MIN
DESVIO	PRESA RANRACCASA	12 km	TROCHA CARROSABLE	AUTO	30MIN
PRESA	ZONA DE ESTUDIO	06 km	CAMINO DE HERRADURA	CAMINATA	75MIN

Cuadro 01. Ruta de accesibilidad desde la ciudad de Cusco hacia la zona de la Presa Secsepampa

1.4 METODOLOGIA:

El diseño de investigación del proyecto es no experimental transeccional correlacional causal, porque se manipulan las variables y se realiza un estudio sistemático, donde se recolectan los datos en un momento y tiempo con el propósito de describir las variables, analizar su incidencia o interrelación.

El proyecto se basa en un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), el enfoque cualitativo se basa en la evaluación y análisis de las características geomorfológicas-geológicas-hidrológicas-geotécnicas de la zona de estudio, el enfoque cuantitativo se basa en la medición y análisis de las características geomorfológicas-geológicas-hidrológicas- geotécnicas para la construcción de la presa.

El método de investigación es inductivo – deductivo.

- **Inductivo:** Recolección de información de las variables independientes (geomorfología, geología, hidrología y geotecnia), partiendo de las observaciones de hechos y fenómenos, para clasificar y estudiar los datos recaudados, con lo cual finalmente llegaremos a una conclusión.
- **Deductivo:** Llegar al objetivo principal, partiendo de conocimientos anteriores o existentes para llegar a casos particulares en la zona de estudio usando la lógica y razonamiento.

1.4.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

1.4.1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

Actualmente por el paso del tiempo, la Comunidad de Anasaya carece de agua utilizada para la Agricultura, Ganadería y Crianza de truchas en los meses de sequía comprendidos desde abril hasta noviembre, en tal sentido es necesario el almacenamiento de agua en la presa Secsepampa. En la actualidad por el paso del tiempo, la cantidad de agua existente no satisface la demanda e por motivo de incremento de zonas de regadío a 120 hectáreas, lo cual conlleva a un déficit de agua en los meses críticos ya mencionados.

Este estudio se realiza para la evaluación de las características Geotécnicas y Geológicas de los suelos y del vaso de la presa el cual debe embalsar en su capacidad máxima 3.5 MMC (millones de metros cúbicos) en temporada de precipitación, por lo cual este recurso hídrico es posible utilizar en temporadas de estiaje para el cultivo e irrigar las zonas de la comunidad de Anasaya, por lo tanto, es necesario conocer las condiciones que permitan conservar el dique con características convenientes al terreno de fundación y asegurar al estanquidad de la presa.

1.4.1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA.

1.4.1.1.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuáles son las condiciones geológicas y geotécnicas para garantizar la construcción de la presa SECSEPAMPA-ICHUANCO y el abastecimiento necesario de agua para la comunidad de Anasaya?

1.4.1.1.2. PROBLEMAS ESPECIFICOS

- a) ¿La geomorfología de la zona de embalse y cierre son apropiados para la ubicación y construcción de la presa Secsepampa?

- b) ¿Cuáles son las características estructurales y tectónicas del área después de identificar las zonas de fallamiento y plegamiento tanto locales como regionales en el área de construcción de la presa?
- c) ¿Cuáles son las características mecánicas para la cimentación de la presa a construir?
- d) ¿Qué tipo de presa es adecuada para la construcción en la zona de estudio?
- e) ¿Qué características tienen los materiales de cantera para la construcción de la presa Secsepampa-Ichuanco?

1.4.2 OBJETIVOS DE ESTUDIO

1.4.2.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar las características geológico y geotécnicas cuya información nos servirá para el diseño del proyecto y construcción de la presa Secsepampa-Ichuanco.

1.4.2.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- a) Determinar las características geomorfológicas de la zona de embalse y dique de la presa propuesta.
- b) Determinar las características estructurales en el área de construcción de la presa.
- c) Determinar las características mecánicas del suelo y roca para cimentar la presa a construir.
- d) Determinar el tipo de presa adecuada para la zona de estudio.
- e) Determinar las características de los materiales de cantera para la construcción de la presa Secsepampa-Ichuanco.

1.4.3 HIPOTESIS

Las condiciones geológicas y los parámetros geotécnicos ofrecen características favorables para la construcción de la represa Ichuhuanco-Secsepampa.

1.4.3.1 HIPÓTESIS ESPECIFICA

- a. Las características geomorfológicas de la zona de emplazamiento son adecuadas para la construcción de la presa propuesta.
- b) Las características estructurales y tectónicas del área presentan zonas de fallamiento, plegamiento y fracturamiento regional mas no local.
- c) Las características geomecánicas del área de embalse y dique son favorables para la construcción de la presa Secsepampa.
- d) La selección del tipo de presa adecuada se emplazará con materiales disponibles cerca de la zona de embalse y del eje seleccionado.
- e) Las características de los materiales requeridos para el tipo de presa son pertinentes y cumplen con lo requerido según norma.

1.4.4 JUSTIFICACION

El motivo de la investigación del siguiente trabajo, tiene como finalidad brindar datos de caracterización geomorfológica, geológica, hidrológica y geotécnica de los materiales en los que se emplazara la infraestructura de la represa.

La importancia residirá directamente en el área del proyecto de interés que comprende para la ejecución posterior de la presa Secsepampa-Ichuanco, debido que los materiales de cantera deberán garantizar la construcción de la presa.

La ejecución de estudios geológicos y geotécnicos, provee la seguridad necesaria para que el proyecto sea garantizado y permanezca en el tiempo necesario y no presente deterioros durante su vida útil.

El estudio brindara, además de aportar un valor agregado sobre los métodos de análisis, para que se aprovechen cada uno de ellos de acuerdo a sus fortalezas y brindar mejoras, en nuevos proyectos de investigación en recursos hídricos en el Perú.

1.4.5 MARCO TEORICO REFERENCIAL

1.4.5.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACION

- (Daniel Puga Huaranca, 2019); **tesis:** “Estudio geomorfológico, geológico, hidrológico y geotécnico para la construcción de la presa condor senca-callatiac-quiujana-quispicanchi-cusco- 2020”. Este estudio se encuentra ubicado en la microcuenca denominada Callatiac sub cuenca Mayuwasi y cuenca del rio Vilcanota.

Aporte: proporciona información de capacidad de embalse de la represa Condor Senca, evaluación del subsuelo del área de trabajo, ensayos in situ y en laboratorio necesarios para determinar las características mecánicas del suelo capacidad portante o admisible, parámetros de resistencia, análisis de asentamientos, colapsabilidad así como también evaluación geomecánica de los afloramientos rocosos y estudio de canteras de tierra y roca.

- (Galindo Palomino & Barrios Sallo, 2017); **tesis:** “Estudio Geológico-Geotécnico para la construcción de la represa C’ollpa en la Comunidad Campesina Mamanocca del Distrito de Pallpata, Espinar, Cusco”. Este estudio se encuentra ubicado en la microcuenca denominada C’ollpa, políticamente se encuentra dentro de la jurisdicción del distrito de Pallpata, provincia de Espinar, departamento del Cusco es un valle de origen fluvial.

Aporte: Se toma referencia de este estudio, porque este, se encuentra sobre la formación Arcurquina, similar a nuestra zona de estudio. Como también tomamos como referencia la evaluación geomecánica del macizo rocoso en el vaso de la presa y nos indica cual es el comportamiento de un cono aluvial, conos de deyección y depósitos lacustres en construcciones de Presas), brinda recomendaciones adecuadas para un buen funcionamiento y diseño de presas durante su vida útil.

- (Quispe Gallegos, 2016); **tesis:** “Estudio geológico geotécnico para el represamiento de la laguna de Ccomerccochoa del distrito de San Pablo, provincia de Canchis – Cusco”. Este estudio se ubica en la microcuenca denominado Quishuarani políticamente se encuentra dentro de la jurisdicción de la comunidad Songoña, distrito de San pablo , Provincia de Canchis, Departamento del Cusco, es una laguna natural.

Aporte: Este estudio tomamos como referencia debido a que el tipo de presa que se propone es similar a las características de nuestra propuesta por el almacenamiento y material, tomamos en cuenta la evaluación geomecánica de macizos rocosos en el vaso de la presa, principalmente es por escorrentía en épocas de lluvias por parte de las vertientes montañosas empinadas que circundan a la laguna producto de las precipitaciones que se genera en los meses

- (Elisvan Quispe , 2014): Estudio de regulación hídrica en la presa Ranracasa, provincia de yaurisque, provincia de Paruro - región cusco” Este estudio se ubica en la microcuenca denominado Tojohuanca políticamente se encuentra dentro de la jurisdicción de la comunidad Pispita, distrito de Yaurisque , Provincia de Paruro, Departamento del Cusco.

Aporte: Esta investigación nos brinda información sobre el cálculo de volumen total del embalse, volumen susceptible de descargarse íntegramente por la estructura de servicio de acuerdo al plan de operación anual de embalse, calcular cuánta agua se requiere y con cuánta

agua cuenta (lluvia, pozos, riachuelos, ríos, embalses, etc.) y elegir la técnica de captación más adecuada para satisfacer las necesidades de las poblaciones aledañas al proyecto.

- (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002), **libro** llamado: “Ingeniería Geológica”, este libro trata de la ingeniería geológica, como ciencia aplicada a la ingeniería, abarcando desde los estudios geotécnicos para la cimentación de edificios hasta las grandes obras públicas y de infraestructura.

Aporte: El capítulo 11 trata sobre presas, donde se muestra contenido como; tipos de presas, estudios geológicos y geotécnicos, criterios geológicos y geotécnicos de selección de presas, materiales geológicos para la construcción de presas, estanqueidad de embalses, permeabilidad, condiciones de cimentación de presas, sismicidad, entre otras.

- (Instituto Mexicano de tecnología del agua., 2001), **libro** llamado; “Geotecnia en Ingeniería de Presas”.

Aporte: este libro proporciona información básica, global y didáctica sobre la concepción del proyecto y los estudios necesarios para el análisis y diseño de las presas de tierra y enrocamiento. Al tener el carácter práctico, informativo e ilustrativo, esta obra será de utilidad como guía de estudio y diseño o material de consulta.

1.4.6 MARCO TEORICO CONCEPTUAL

1.4.6.1. DEFICIT DE AGUA EN LA PRESA

Relacionada con periodos de caudales circulantes por los cursos de agua o de volúmenes embalsados por debajo de lo normal. Una definición más precisa sería la disminución en las disponibilidades de aguas superficiales en un sistema de gestión durante un plazo temporal dado, respecto a los valores medios, que puede impedir cubrir las demandas de agua al cien por cien.

El déficit puede demorarse durante meses o algún año desde el inicio de la escasez pluviométrica o si las lluvias retornan en poco tiempo, no llegar a manifestarse. (FAO, FIDA, 2013).

1.4.6.2. FILTRACION

Se requiere la aplicación directa de la ley de Darcy para calcular el flujo de agua a través del suelo. En muchos casos el flujo de agua a través del suelo no es sólo en una dirección y no es uniforme sobre toda el área perpendicular al flujo. En tales casos el flujo de agua subterránea se calcula generalmente por el uso de gráficos que se refieren como redes de flujo. El concepto de la red de flujo se basa en la ecuación de continuidad de Laplace, que rige la condición de flujo constante para un punto (Braja M, 2013).

1.4.6.3. PERMEABILIDAD

La permeabilidad puede ser definida como la capacidad del medio rocoso para que el agua fluya a través de sus huecos o vacíos interconectados, se representa por el coeficiente de permeabilidad (González de Vallejo, Ferrer, Ortuño, & Oteo, 2002).

1.4.6.4. MORRENAS

Es una loma o colina alargada o manto de till (material glacial no estratificado) que se deposita cerca de un glaciar. Existen varios tipos de morrenas, que dependen de su relación con el glaciar.

(<https://es.wikipedia.org/wiki/Morrena#:~:text=morrena%20central%3A%20formadas%20por%20la,sobre%20el%20lecho%20del%20glaciar.>)

1.4.3 CONOS DE DEYECCIÓN.

Un cono de deyección, también llamado cono o abanico aluvial, es una forma de modelado fluvial que en planta se caracteriza por tener una silueta cónica o en abanico y una suave

pendiente (entre 1 y 10 grados, dependiendo de la pendiente por la que se desliza). Este depósito de aluviones se genera al final de los valles torrenciales, en las zonas de pie de monte, donde la pendiente de las laderas enlaza con una zona llana.

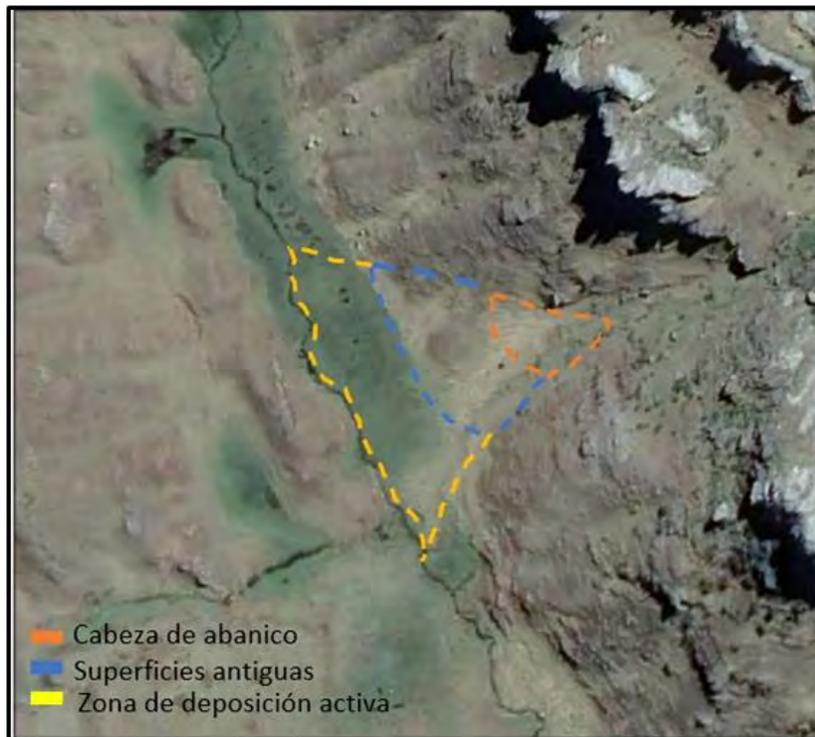


Imagen 02. Cono aluvial que constituye parte del estribo izquierdo de eje propuesto. FUENTE: Propia.

(Fuente: UNESCO/WMO Glosario Internacional de Hidrología).

1.4.6.5. ESTRUCTURAS LINEALES (FRACTURAS Y DIACLASAS)

Una diaclasa es una fractura en las rocas que no va acompañada de deslizamiento de los bloques que determina, excepto una mínima separación transversal. Se distinguen así de las fallas, fracturas en las que sí hay deslizamiento de los bloques. Son estructuras de deformación frágil de las rocas muy abundantes en la naturaleza. (Figura 04)

La orientación de una diaclasa, como la de otras estructuras geológicas, se describe mediante dos parámetros:

Dirección: ángulo que forma una línea horizontal contenida en el plano de la diaclasa con el eje norte - sur.

Buzamiento: ángulo formado por la diaclasa y un plano horizontal imaginario.

Las diaclasas no tienen por qué ser en general planas, ni responder a ninguna geométrica regular, así que los parámetros indicados pueden variar de un punto a otro.

(Fuente: <https://www.geologiaestructural.com/diaclasas/>)



Imagen 03. Orientación de la estratificación, no existen fallas locales que puedan afectar la estructura del Vaso (FUENTE: Propia.)

1.4.6.6. PLEGAMIENTOS

Plegamiento o pliegue, es una deformación de las rocas, generalmente sedimentarias, en la que elementos de carácter horizontal, como los estratos o los planos de esquistosidad (en el caso de rocas metamórficas), quedan curvados formando ondulaciones alargadas y de direcciones más o menos paralelas entre sí.

(Fuente: <https://es.wikipedia.org/wiki/Plegamiento>.)

1.4.6.7. CLASIFICACION DE SUELOS

Para estudiar un material complejo como el suelo (con diferente tamaño de partículas y composición química) es necesario seguir una metodología con definiciones y sistemas de evaluación de propiedades, de forma que se constituya un lenguaje fácilmente comprensible por los técnicos de diferentes especialidades y países. Así, se han clasificado los suelos en cuatro grandes grupos en función de su granulometría.

Fuente: (Vallejo, Mercedes, Luis, & Carlos, 2002)

SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO

Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Ha sido objeto de varias revisiones, con la actual versión propuesta por la Comisión de Clasificación de Materiales para los Tipos de Carreteras Subrasantes y Granulares de la Junta de Investigación de Carreteras en 1945 (Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145).

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELO (SUCS)

Sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS)

%F < 50% Suelo Grueso (Arenoso o Gravoso)... Caso II

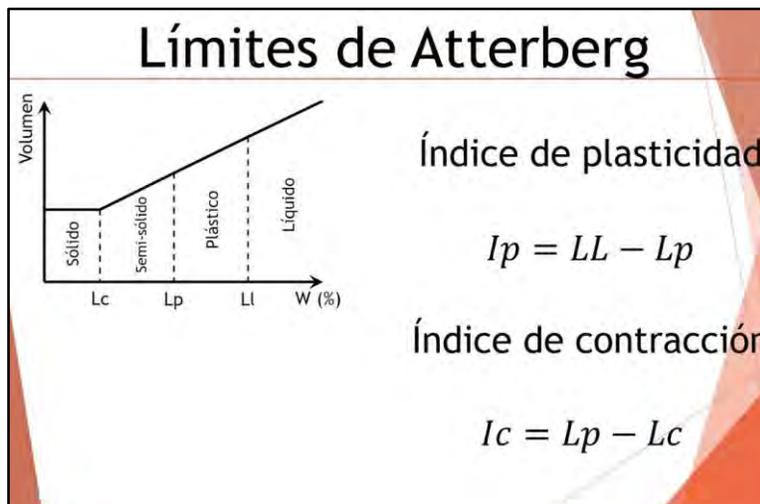
SI % F < 50% %G>%S Suelo GRAVOSO

%F < 5%	5% < %F < 12%	% F > 12%
GW o GP	GW-GC GW-GM GP-GC GP-GM	GC GM

Cuadro 02. El Sistema Unificado de Clasificación se presenta en la tabla 2 y clasifica los suelos en dos grandes categorías. FUENTE: <https://www.coursehero.com/file/32729090/357667668-TABLA-CLASIFICACION-SUCS-pdfpdf>

1.4.6.8. CONSISTENCIA DEL SUELO

Cuando los minerales de arcilla están presentes en el suelo de grano fino, el suelo se puede remover en presencia de algo de humedad sin que se desmorone. Esta naturaleza cohesiva se debe al agua adsorbida que rodea a las partículas de arcilla. En 1900, un científico sueco llamado (DAS, 2013)



Cuadro 03. Sistema unificado de clasificación de suelos basado en el material que pasa por el tamiz número 40.

FUENTE: <https://www.coursehero.com/file/32729090/357667668-TABLA-LIMITES DE CONSISTENCIA>.

El contenido de humedad, expresado en porcentaje, en el que se lleva a cabo la transición del estado sólido al estado semisólido se define como el límite de contracción. El contenido de humedad en el punto de transición del estado semisólido al estado plástico es el límite plástico, y del estado plástico al estado líquido es el límite líquido. Estos límites son también conocidos como límites de Atterberg. (DAS, 2013).

1.4.6.9. PRUEBA PROCTOR MODIFICADO

Con el desarrollo de rodillos pesados y su uso en la compactación en campo, la prueba Proctor estándar fue modificada para representar mejor las condiciones de campo. Esto se refiere a veces como la prueba Proctor modificada (Norma ASTM D-1557 y Norma AASHTO T 180). Para la realización de la prueba Proctor modificada se utiliza el mismo molde, con un volumen de 943.3 cm³, como en el caso de la prueba Proctor estándar. Sin embargo, el suelo es compactado en cinco capas por un martillo que pesa 44.5 N (masa _ 4.536 kg) y tiene una caída de 457.2 mm. El número de golpes de martillo para cada capa se mantiene en 25, como en el caso de la prueba Proctor estándar.

1.4.7 PROCESO METODOLOGICO

El proceso metodológico se detalla en diferentes fases:

1.4.7.1. FASE I: TRABAJO DE PRE CAMPO

- Se realiza una revisión bibliográfica de los antecedentes del estudio.
- Se realiza una interpretación (geológica, estructural, litología, etc.) previa del cuadrángulo de la zona de estudio.
- Se observa imágenes satelitales, para ver los accesos y una fotointerpretación previa, en la zona de estudio.
- Se recopila todo el material bibliográfico correspondiente al objeto de investigación.

- Se elabora un cronograma de actividades, una estructura de costos y presupuestos, donde se toman en cuenta tiempos de trabajo, costos de materiales, servicios tomados y gastos que se realizarán durante la elaboración de la tesis.

1.4.7.2. FASE II: TRABAJO DE CAMPO

- Mapeo geológico a escala 1:10000, mediante la cartografía de elementos geomorfológicos, estructuras, afloramientos, litologías y contacto entre ellas. Tomando como guía la carta geológica descargada del INGEMMET.
- Recolección de muestras de suelos, rocas y agua, mediante la prospección de calicatas, afloramientos rocosos y fuentes de agua respectivamente.

1.4.7.3. FASE III: TRABAJO DE POST CAMPO

- Fase de laboratorio; ensayos en laboratorio con las muestras recolectadas, estos ensayos serán de; análisis granulométrico donde por tamizado se determina la granulometría de los suelos, límites de Atterberg donde se determina el límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad, humedad natural del suelo expresada en porcentajes definida de la relación entre el peso del agua y el peso de los sólidos en un volumen de suelo dado, ensayo de corte directo donde se obtiene la cohesión, capacidad portante y ángulo de fricción interna, proctor modificado, compresión simple para determinar la resistencia de la roca, entre otros.

1.4.8 EQUIPOS Y MATERIALES

Se utilizará los siguientes Materiales y Equipos en el Estudio Geológico-Geotécnico.

- ❖ Cartas geológicas descargadas del INGEMMET, cuadrángulo de Cusco zona 19L, específicamente el cuadrante 28t y 28s, con el objetivo de usar esta información como guía para realizar el cartografiado.
- ❖ Planos topográficos, a una escala 1:2500, elaborado a partir de imágenes GDEM ASTER, cuadrante S14W72, descargado de la página del MINAM-Geoservidor, procesándolo mediante la herramienta “contour” en el Software ArcGis. A una escala 1:2000, la obtención de información topográfica se dio partir de la obtención de puntos de campo y estos aplicando el método de triangulación generaron la topografía de la zona de estudio, todo ello con el objetivo de caracterizar el relieve y geometría del terreno.
- ❖ Imágenes Satelitales tipo Landsat descargado de la aplicación informática Sasplanet, proveniente del servidor Google y Bing a una resolución de 18 zoom, con el fin de caracterizar unidades litológicas, geomorfológicas, estructurales mediante la fotointerpretación.
- ❖ Mapa geomorfológico, elaborado por los tesisistas a partir de data digital y cartografía de campo, con el fin de tener zonificado y caracterizado el relieve y las unidades geomorfológicas locales de la zona de estudio.
- ❖ Colores, lápices, lapiceros, con el objetivo tomar apuntes del trabajo de campo y gabinete.
- ❖ Plumones indelebles y acrílicos con el objetivo de marcar las bolsas de muestras y escribir en la pizarra acrílica al encontrar características particulares en la zona de estudio y/o al prospectar calicatas.
- ❖ Escalímetro, para medir dimensiones en los planos a diferentes escalas y realizar apuntes o trazos en el plano a escala.

- ❖ Reglas, para medir y realizar trazos de distancias en planos y papel al realizar mapeos, secciones, dibujos, bosquejos y otros.
- ❖ Brújula tipo Brunton, para la orientación y medición de azimut, rumbos, buzamientos de afloramientos, litologías, estratificaciones, diaclasas, fallas, pliegues.
- ❖ Lupa de zoom 10x y 20x, para la observación de texturas, minerales y microestructuras que no se observan a simple vista o que hay dificultad al observarlo.
- ❖ Wincha de 30 metros, para la medición de distancias relativamente grandes en el cartografiado geológico.
- ❖ Flexómetro de 5 metros, para la medición de distancias relativamente pequeñas, como en la medición de potencia de estratos en la prospección de calicatas, medir potencia de estratos, tamaño de bloques de roca, entre otros.
- ❖ Chaleco de Geólogo, para cargar y portar objetos como; cuaderno de campo, tablero, lupa, ácido clorhídrico, planos, lápices, lapiceros, plumones, colores, brújula, gps, reglas, escalímetro, bolsas de muestras, pequeñas muestras y otros.
- ❖ Equipo SPT, para el ensayo de penetración estándar y muestreo.
- ❖ GPS Garmin 62S, para ubicar la posición geográfica de puntos de calicatas, canteras, fuentes de agua, contactos litológicos, estructuras y características relevantes en el trabajo de campo.
- ❖ Picota de geólogo, para golpear y extraer muestras de roca durante el trabajo de campo.
- ❖ Ácido clorhídrico, para caracterizar rocas y minerales carbonatados.
- ❖ Bolsas de muestra, para guardar y transportar muestras de rocas y suelo.
- ❖ Saquillos, para guardar y transportar muestras de suelo y roca acumuladas.
- ❖ Cámara fotográfica, con el objetivo de obtener fotografías del trabajo realizado en campo y características relevantes encontradas en la zona de estudio.

1.5 CLIMA Y VEGETACION

La zona se encuentra entre 3850 y 4184 msnm y pertenece a la Región Puna, según Javier Pulgar y Vidal, el área de estudio presenta una temperatura promedio anual que fluctúa entre 0.5 a 18 °C, presentándose las heladas entre los meses abril a julio, teniendo un clima frío, con precipitaciones promedio anual mayor a 783.57 mm. La vegetación es de tipo pajonal y césped de puna conformada por pastos naturales desarrollados en pendientes suaves a empinadas.

1.6 VARIABLES.

1.6.3 VARIABLE DEPENDIENTE:

- Estructura de la presa.
- Diseño de la presa.
- Cimentación de la presa.
- Embalse de la presa.

1.6.4 VARIABLE INDEPENDIENTE:

- Geotecnia
- Geología

1.6.5 OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

		INDICADORES	INDICES	DATOS		
VARIABLE INDEPENDIENTE	Geología	Estratigrafía	Litología	Tipo de roca	Roca ígnea, metamórfica, sedimentaria	
				Potencia	Metros, centímetros	
		Geología Estructural	Formas estructurales	Estrato y/o laminas	Metros, centímetros	
				Deformaciones	Fallas, pliegues, discordancias	Kilómetros, metros
		Geomorfología	Pendiente	Clases	0-2, 2-4, 4-8, 8-15, 15-25, 25-50, 50-75, +75	
				Fisiografía	Planicie	Fondo de valle, terrazas, conos, altiplanos
					Montaña	Altas, bajas, vertientes, disectadas, etc.
		Geodinámica	Remoción en Masa	Deslizamientos	Factor de seguridad	
				Caída de roca		
		Hidrología	Parámetros hidrológicos	Caudal	m3/s	
	Precipitación			mm/h		
	Geotecnia	Geomecánica de Rocas	Propiedades físico mecánicas	Clasificación geomecánica del macizo rocoso, RMR, RQD.	%, puntuación, clase, calidad.	
			Estabilidad	Flancos	Factor de seguridad	
		Geomecánica de Suelos	Propiedades físico mecánicas	Límites de consistencia, Granulometría, Corte directo	%, clasificación sucs, kg/cm2	
VARIABLE DEPENDIENTE	Construcción de la presa, estructura de la presa, diseño, cimentación, embalse de la presa					

CAPITULO II: ASPECTOS GEOMORFOLOGICOS:

2.1. GENERALIDADES:

El lugar de la presa se encuentra ubicado en la margen derecha del río Apurímac, está compuesta por la sub cuenca Tojohuanca y la micro cuenca Ichuanco, la zona presenta una geografía moderadamente accidentada, correspondiente a una geomorfología típica de la Cordillera de los Andes; montañoso, altiplanicie y de valle configurado por el movimiento de masas glaciares, con pendientes bajas, moderadas y elevadas.

2.2. GEOMORFOLOGIA REGIONAL:

La zona de estudio se ubica geográficamente en la unidad morfo tectónica Cordillera de los Andes, específicamente en los Andes centrales. donde se observa la presencia de grandes elevaciones con altas mesetas o altiplanicies.

2.2.1. UNIDADES MORFOESTRUCTURALES

2.2.1.1. CORDILLERA OCCIDENTAL

Es la unidad más elevada de la Cordillera de los Andes, destacándose por constituir una cadena montañosa de dirección NO-SE, con rumbos regionales que cambian hacia el Oeste en las proximidades de las deflexiones de Abancay (Latitud 13°S-14°S), y Huancabamba (Latitud 5° 30'S).

2.2.1.2. CORDILLERA ORIENTAL.

Esta unidad tiene de Sur a Norte un rumbo paralelo a la Cordillera Occidental teniendo un fuerte arqueamiento Este-Oeste conocido como la Deflexión de Abancay. La Cordillera Oriental es menos elevada que la Cordillera Occidental, salvo en su sector meridional, siendo su relieve en general más abrupto, especialmente en los sectores donde la cortan transversalmente los ríos

Marañón, Mantaro, Apurímac y Urubamba. La formación de la Cordillera Oriental se inicia durante el tectonismo Hercínico (Devónico) sobre un basamento o núcleo Precambriano (Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, 1995).

La unidad Cordillera Oriental se sitúa al norte y al NE de las Altiplanicies, de las cuales se halla separada por una zona de fallas NO-SE a E-O. La morfología es agreste. Los cerros son empinados, de una altura media de 4, 700 a 5 ,000 m.; sus cimas son los testigos de la superficie de erosión (Marocco, 1978).



Imagen 04 Geomorfología regional de la zona del proyecto

Fuente ingemmet

2.3. GEOMORFOLOGIA LOCAL:

2.3.1. MICROCUENCA ICHUANCO

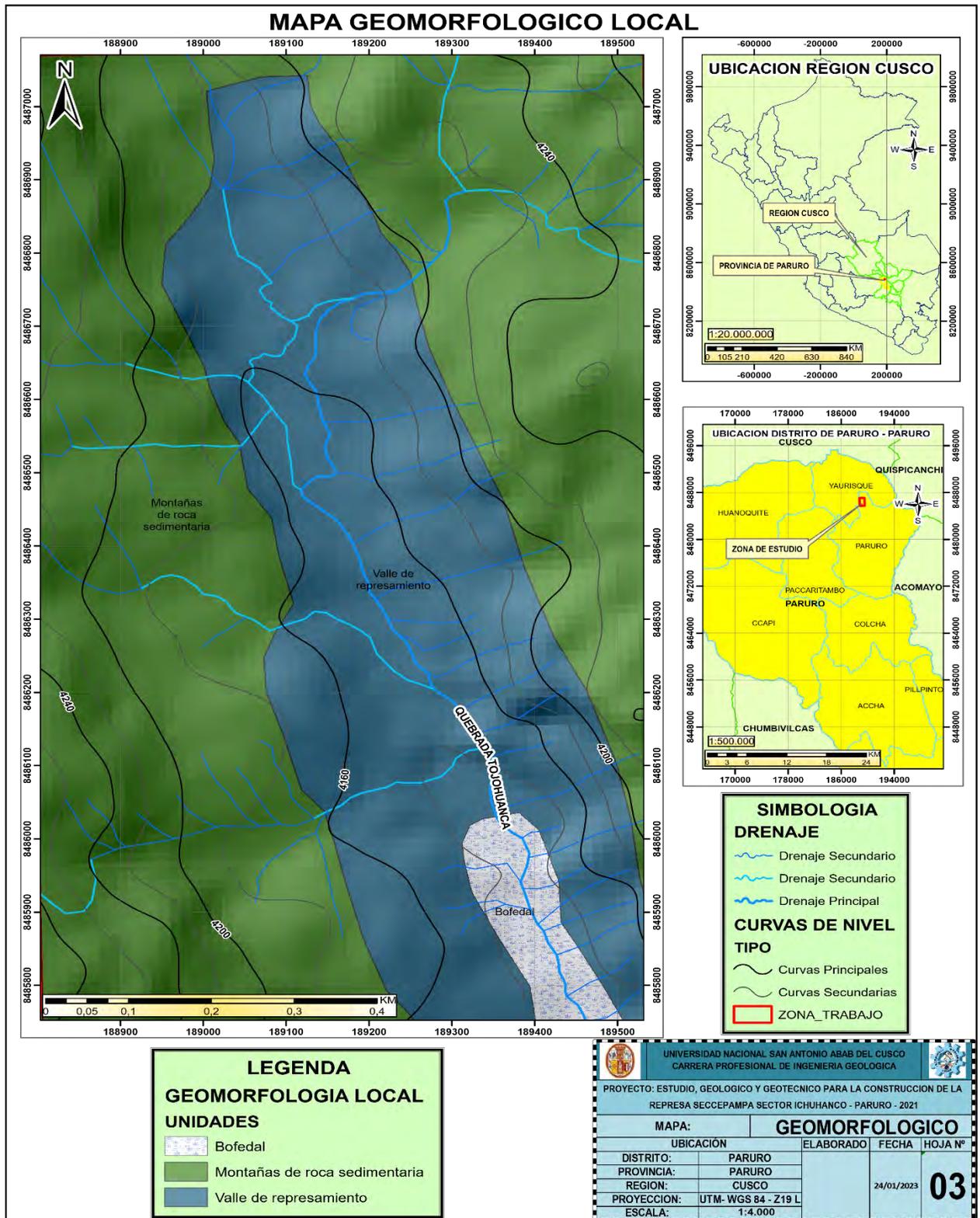
El área de estudio específicamente en la microcuenca Ichuanco, tiene pendientes de clase C, D, E, F, G donde el rango de pendiente va de 2 a 62%; con una pendiente predominante de 10 a 20 % que es denominada moderadamente empinada con un área de, 4.02 km² del total, que equivale a un 62.84%; y con una pendiente escasa de 40-65% que es denominada muy empinado con un área de 0.62 km² del total que equivale a un 0.76%.

En el siguiente cuadro se describe detalladamente las pendientes de la Microcuenca Ichuanco.

PENDIENTES DE LA MICROCUENCA ICHUANCO						
Nro	Clase	Rango	Descripción	Area (ha)	Area (Km2)	Porcentaje (%)
1	C	4-8	Moderadamente inclinado	13.51	0.26	1.84
2	D	8-15	Fuertemente inclinado	40.26	1.60	6.34
3	E	15-25	Moderadamente empinado	418.34	3.43	55.97
4	F	25-50	Empinado	132.90	0.36	31.64
5	G	50-75	Muy empinado	5.24	0.04	0.92
TOTAL				653.17	6.57	100.00

Tabla 01: Pendientes de la microcuenca ichuanco.

Fuente: Propia.



Mapa 02. Mapa geomorfológico de la zona de estudio.

Fuente: propia

2.4. VALLE GLACIAR:

Esta unidad geomorfológica será designada como el vaso que contiene a otras geos formas es el valle glaciar que tiene un perfil transversal en forma de V con un ancho promedio de 140, una longitud aproximada de 900 km desde la cabecera del valle hasta la zona del eje de presa y un aproximado de 2.5 km aguas abajo del eje de presa hasta el final del valle glaciar.

2.5. FONDO DE VALLE GLACIAR:

Está constituido por los relieves llanos formados por áreas pantanosas y lacustres, en cuyas áreas se encuentran turberas, relictos de la actividad glaciar del talud se encuentran conos de deyección procedentes de vertientes cuyas quebradas son perpendiculares al valle, en tanto que la planicie fluvial presenta un típico modelo anastomosado o trezado con áreas saturadas hidrológicamente.

Esta configuración está presente en todo el fondo de valle como se ve en la imagen.



Fotografía 01. Vista del fondo de valle glaciar, con bofedales y sección en "V" del valle. Zona del embalse.

Fuente: propia



Fotografía 02. Altiplanicies en la sub cuenca de Tojohuanca con pequeñas lagunillas temporales y ríos secos.

Fuente: propia



Fotografía 03 y 04 Altiplanicies en la sub cuenca de Tojohuanca, a la derecha presa en la zona de Yaurisque.

Fuente:propia

2.6. COLINAS

Compone gran parte lo constituyen elevaciones que fluctúan entre 4000 y 5400 m.s.n.m. en la que la acción geodinámica de las quebradas en las partes altas es muy activa, donde se observa fuerte socavamiento de las paredes laterales de valles de sección transversal en “V” con pendientes abruptas, las crestas son redondeadas.



Fotografía 05. Alineamiento de cerros en la cuenca de Tojohuanca conformadas por areniscas, conglomerados y lutitas

Fuente:propia



Fotografía 06: Alineamiento de cerros más elevados en la cuenca de Tojohuanca conformadas por Calizas generalmente

Fuente: propia

2.7. LOMAS

Constituida por promontorios aislados o contiguos que se desarrolla al pie de la Unidad denominada Cerros, tienen superficies de forma suavemente onduladas con altitudes de 4000 a 4200 m. y laderas con pendientes suaves. Este ente se encuentra entre las unidades de Cerros y Altiplanicie.

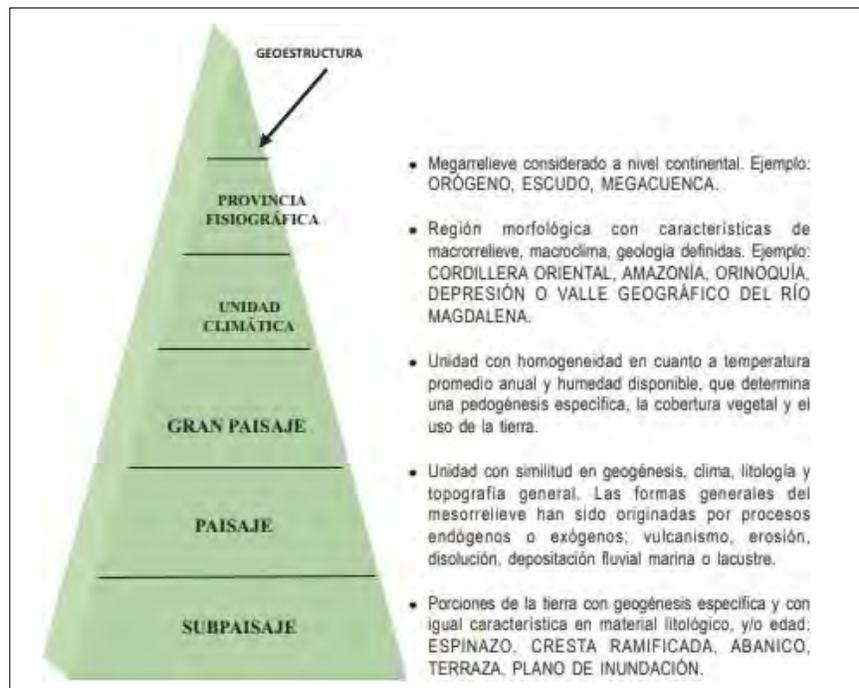


Fotografía 07: Lomas entre las cumbres altas y las planicies en la sub cuenca de Tojohuanca.

Fuente: propia

2.8. FISIOGRAFIA

La descripción fisiográfica de la microcuenca Ichuanco se realiza en un orden jerarquizado según la metodología del Centro de Investigación y Desarrollo en Información Geográfica-CIAF (Villota, 1997), que se muestra en la siguiente Figura.



Cuadro 04. Clasificación de la fisiografía según la metodología CIAF

FUENTE: (Villota, 1997)

2.9. FISIOGRAFIA DE LA MICROCUENCA ICHUANCO

La Microcuenca Ichuanco se ubica en la geo estructura de la Cordillera de los Andes, esta es una cadena de montañas con mayores dimensiones por la cual es considerada una de las más importantes del mundo, ubicados en la provincia fisiográfica de la cordillera occidental, la unidad climática es fría húmeda donde se presenta precipitaciones anuales mayores a 1000 mm, con temperatura media anual de 4-8 °C, en gran paisaje se presentan dos unidades, como son relieve montañoso y valle, se tiene también dos unidades de paisaje las montañas bajas, valle fluvioglaciario; finalmente se tiene los sub paisajes que en el siguiente cuadro mostramos como unidad predominante tenemos las laderas de montaña baja moderadamente empinada con un 66.24% y un

FISIOGRAFIA DE LA MICROCUENCA ICHUANCO									
Nr o	Clase	Descripción	Rango	Geoestructura	Provincia Fisiográfica	Unidad Climática	Gran Paisaje	Paisaje	Sub Paisaje
1	C	Moderadamente inclinado	4-8	Cordillera de los Andes	Cordillera Occidental	Frio Humedo	Relieve Montañoso	Montañas Bajas	Cimas de montaña baja
2	D	Fuertemente inclinado	8-15				Valle	Valle Fluvioglaciario	Fondo de Valle Fluvioglaciario
3	E	Moderadamente empinado	15-25				Relieve Montañoso	Montañas Bajas	Laderas de Montaña Baja Moderadamente Empinado
4	F	Empinado	25-50				Relieve Montañoso	Montañas Bajas	Laderas de Montaña Baja Empinado
5	G	Muy empinado	50-75				Relieve Montañoso	Montañas Bajas	Laderas de Montaña Baja Muy Empinado

Tabla 02: fisiografía de la microcuenca Ichuanco

sub paisaje que se presenta con menor frecuencia son las laderas de montañas bajas muy empinado con un 0.86%.

2.10. GEODINAMICA INTERNA

2.11. SISMICIDAD EN LA ZONA DE INFLUENCIA

La zona de estudio se encuentra en una zona de intensidad sísmica VI, lo que indica que el sismo es sentido por todos, pero los daños vienen a ser menores según la Escala Modificada de Mercalli, en la zonificación de peligro sísmico se encuentra en la zona 2, donde factor de zona es 0.25, específicamente se encuentra entre los parámetros de aceleración sísmica de 0.30-0.32 g, lo que indica que se encuentra en una zona de sismicidad media.

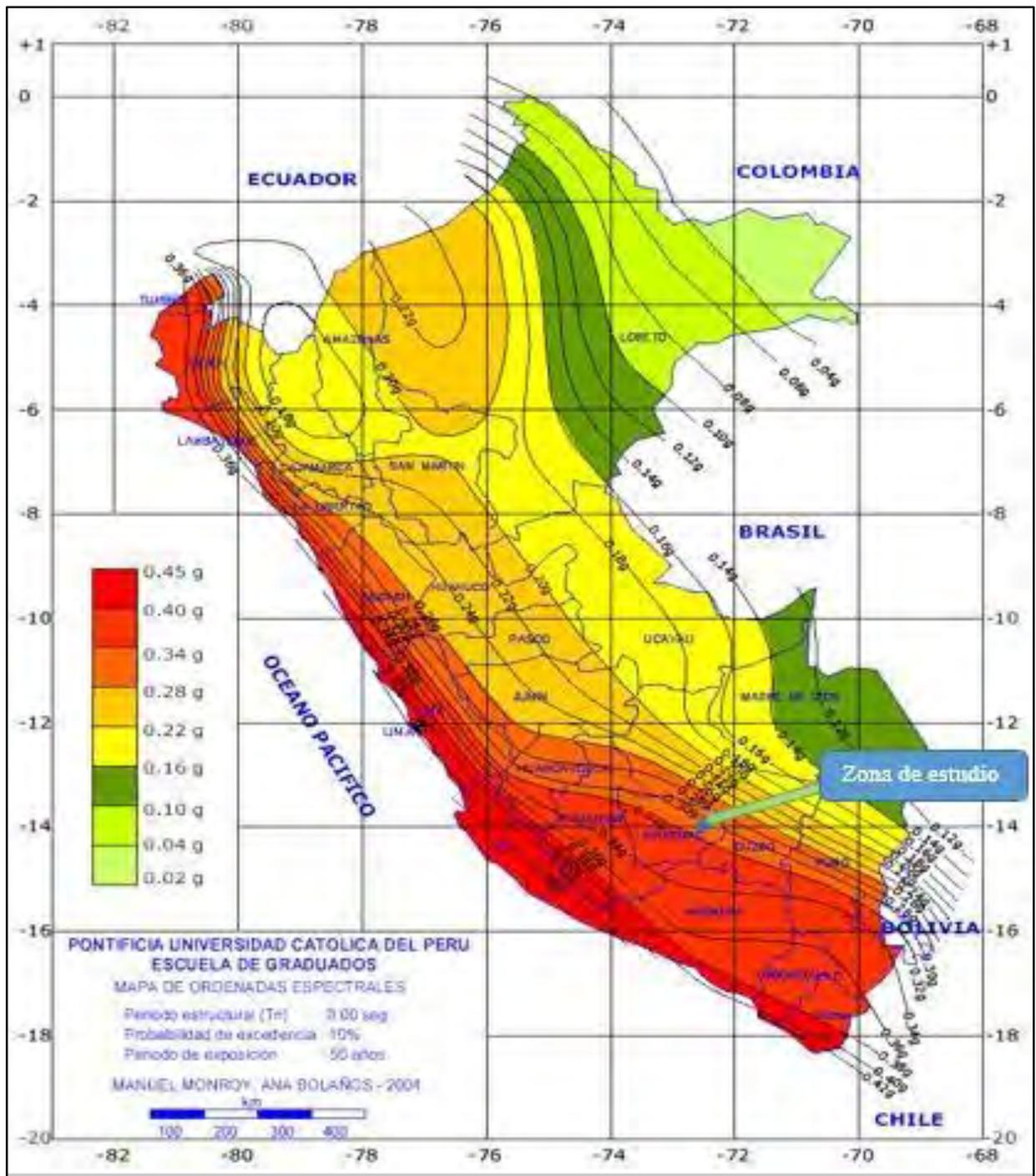


Imagen 05: Mapa de aceleraciones sísmicas del Perú

PARAMETRO DE DISEÑO	MAGNITUD	DESCRIPCION
Zona	2	Mapa de Zonificación Sísmica
Factor de Zona (Z)	0.25	Tabla N° 1
Tipo de perfil	Tipo S2	Suelos Intermedios.
Parámetros del suelo (Tabla N° 4)	$T_p=0.6$ $TL=2.00$ seg. $S=1,20$	Periodo predominante Factor de Ampliación del Suelo
Categoría de la edificación	A2	Edificaciones Esenciales.
Factor de Uso (U)	1,5	Tabla N° 5
Factor de Seguridad	3	

Tabla 03: Parámetros de diseño sísmico. (Norma E030)

2.12. GEODINAMICA EXTERNA

En la zona de estudio no se observaron fenómenos de geodinámica externa actuales, como son asentamientos, corrimientos, deslizamientos en masa activos que influyan en las obras, existe la probabilidad de caída de rocas por el desprendimiento de laderas producto de un movimiento sísmico de gran magnitud.

Existen deslizamientos antiguos que se estabilizaron a través del tiempo que no afectan en la construcción de la represa.

CAPITULO III: ASPECTOS GEOLOGICOS

3.1. GENERALIDADES:

Las unidades geológicas regionales presentes datan del periodo jurásico, cretácico, terciario y cuaternario, pertenecientes al grupo San Jerónimo, localmente se mapeo a una escala 1:10 000, donde se muestra la formación Sonco, compuesta por lutitas, areniscas en gran parte de la zona del proyecto. En los flancos de la zona del vaso se tienen afloramientos de rocas del Grupo San Jerónimo y Depósitos Cuaternarios (Depósitos fluvioglaciares; Depósitos Coluviales; Depósitos Aluviales); suelos residuales producto de la alteración o meteorización de los afloramientos rocosos como las lutitas y areniscas.

En la quebrada de Ichuhuanco el basamento rocoso está conformado por lutitas y areniscas intercaladas pertenecientes al Grupo San Jerónimo, estos estratos están dispuestos con una orientación N340 y buzamientos de 50 – 70 grados con dirección al NE y SE. Estos afloramientos están en dirección andina NW a SE.

3.2. UNIDADES GEOLOGICAS LOCALES:

3.2.1 DEPOSITOS CUATERNARIOS:

3.2.1.1 DEPOSITOS COLUVIO ALUVIALES

Depósitos producto de la caída de rocas junto suelos producto de la gravedad se transporta a un lugar más estable, depositándose suelo fino, guijas, bolones y bloques de roca, con cantidades importantes de vegetación en estas áreas. Estos depósitos forman parte de las laderas del flanco izquierdo de los bofedales de Tojohuanca, y están constituidos por arenas limosas poco plásticas con contenido de gravas, bolones y bloques de diferentes tamaños y formas, de regular compactación, poco húmedos y con regular materia orgánica en su parte superficial, se emplazan en sectores con alternancia entre depósitos coluviales.

3.2.2 DEPOSITOS ALUVIO ELUVIALES (Qh-al-el) HOLOCENO

De edad Cuaternaria, estos materiales se hallan en los cauces antiguos y recientes, así como también en las laderas del valle de Tojohuanca y quebradas, formando respectivamente pequeñas terrazas y conos aluviales. Están constituidos por gravas con arenas y poco fino las gravas son de formas redondeadas a subredondeados en matriz arenosa y areno arcillosa que podrían servir como material de préstamo, los depósitos eluviales se encuentran producto de la alteración de las rocas en contacto con el agua y depositación in situ, observándose niveles de esto antes de llegar al Substrato rocoso como son las lutitas y areniscas.



Fotografía 08, 09: Se observan en ambos márgenes depósitos aluvio- coluvial-eluviales emplazadas en la zona de Ichuahuanco

Fuente: propia

3.2.3 DEPOSITO BOFEDAL (Qh-Bo)-HOLOCENO

Constituida por sedimentos en ambiente subacuoso, abundante vegetación, conformado por arenas, gravas y niveles orgánicos a lo largo de los vasos.

3.2.4 DEPOSITOS LACUSTRES (Qh-la)

Se originan por la acumulación de sedimentos finos intercalados entre arcillas y arenas de grano fino y grano grueso. La presencia de estos sedimentos sugiere la presencia de una lagunilla de corto estadio, por lo que el espesor puede alcanzar 1.00m en zonas de mayor espesor, y se encuentran en niveles delgados entremezclados con materia orgánica oscura.



Fotografía 10, 11: Se observan depósitos lacustres que se encuentran en pequeños niveles y también se encuentran los depósitos eluviales y bofedales

Fuente: propia

3.2.5 GRUPO SAN JERONIMO:

El Grupo San Jerónimo se presentan bajo un sólo conjunto que corresponde a las formaciones Kayra y Soncco. Fotogeológicamente y cartográficamente, son fáciles de distinguir ya que su alternancia areniscas-limolitas resaltan en la topografía, formando secuencias, las que se hallan plegadas. Afloran ampliamente al norte de Limatambo y Huarcocondo, prolongándose hasta la parte sur de la Cadena de nevados Huayanay-Paljay. En su límite oeste está en contacto con un cuerpo diapírico (Diapiro de Maras), el cual trunca a estas secuencias sedimentarias

3.2.5.1 FORMACION SONCCO

El miembro I, constituido por lutitas grises y marrones de llanura de inundación intercaladas con areniscas finas de color gris y matriz limosa, con niveles de cobre (malaquitas) y el Miembro II, constituido por areniscas de grano fino a grueso de color marrón, con clastos blandos y matriz limo arenoso, intercaladas con conglomerados de clastos intrusivos y volcánicos, aflora en esta provincia en una gran extensión.



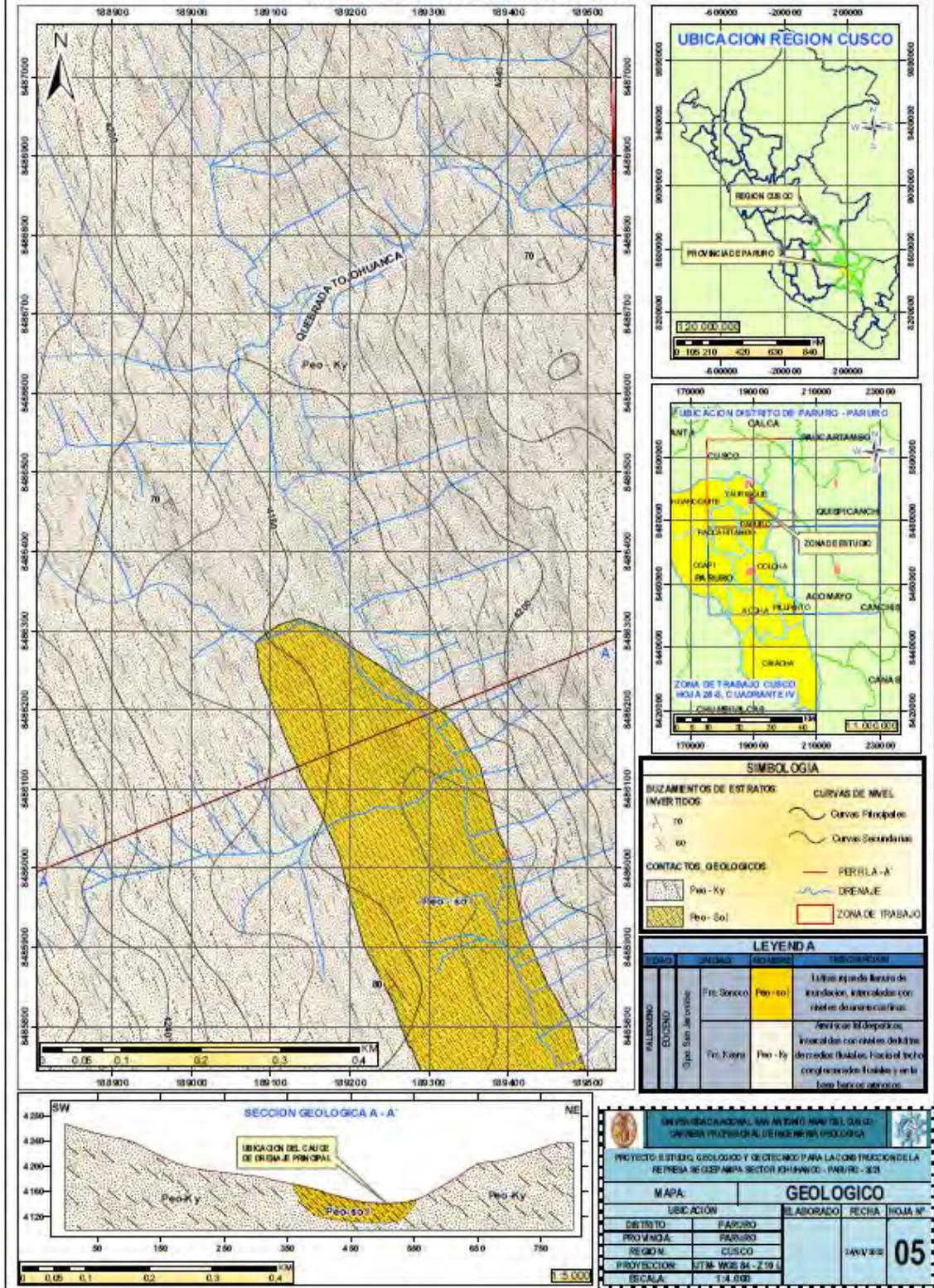
Fotografía 12, 13: Ubicacion de los afloramientos rocosos de la formación soncco.

Fuente: propia

3.2.5.2 FORMACION KAYRA

Está esencialmente constituida por areniscas feldespáticas, intercaladas con niveles de lutitas rojas. Este conjunto se desarrolló en un medio fluvial entrelazado y llanura de inundación. La parte media-superior es más gruesa y está compuesta por areniscas y micro conglomerados con clastos volcánicos y cuarcíticos de un medio fluvial altamente entrelazado.

MAPA GEOLOGICO LOCAL



Mapa 03. Mapa geológico de la zona de estudio.

Fuente: propia

3.3. UNIDADES GEOLOGICAS REGIONALES:

La geología regional se encuentra a una escala de 1/50000 del INGEMET, donde encontramos las siguientes unidades lito estratigrafías.

3.4.LITOESTRATIGRAFÍA

3.4.1 FORMACION QUILLQUE

Al oeste de la ciudad de Cusco en los flancos del anticlinal de Puquín, y en los flancos de los anticlinales de Saylla, Occopata y Sondor. Igualmente lo hace de manera amplia al norte de Accha, entre San Juan de Quihuares y Rondocan, en Acomayo y en la zona de la laguna de Pomacanchi en el extremo sureste del cuadrante II.

3.4.2 GRUPO MURCO

3.4.2.1 FORMACION HUINTUYO

Dávila D. (1987) emplea el nombre de Huintuyo para esta formación porque hacia el Este del pueblo homónimo se observan los afloramientos más representativos de la secuencia inferior del Grupo Murco.

En el área de estudio se observan aguas debajo de las cochas de Huallatacocha en las quebradas afloran intercalaciones de areniscas con limolitas o lutitas. Las areniscas son cuarzosas blanquecinas en estratos desde los 10 a 20 cm., hasta los 5 m, con una granulometría media; la estratificación es plana observándose cierta laminación y en los estratos gruesos se tiene estratificación oblicua. Las limolitas o lutitas son de color gris claro a oscuro, algunos niveles se les puede clasificar como lutitas carbonosas, otras como lutitas areniscosas; la estratificación es muy delgada y laminar.



Fotografía 14, 15: Formación Huintuyo aguas debajo de las cochas de Huallatacocha y vista en la carretera Antapallpa –Yanacocha

Fuente: propia

3.4.1.1 FORMACION CHILLOROYA

Mendivil S. (1978) designó como Formación Chillorolla a sedimentos arenisco-lutáceos que afloran en las inmediaciones del caserío de Chillorolla situado en la trocha que va hacia la mina Katanga

En esta formación se encuentran emplazadas las 4 cochas de Hualatapampa, que consiste de una intercalación de areniscas grises a blanquecinas con limolitas y lutitas de color rojo a veces verdes, los que constituyen estratos medianos a gruesos. Las areniscas generalmente presentan estratificación sesgada, esta caracterizadas por su marcada dureza, coherencia, debido al cementante silíceo. Las limolitas son marrones y ocurren en capas delgadas a medianas.

3.4.1.2 FORMACION ARCURQUINA

La Formación Arcurquina es una secuencia calcárea de calizas gris a gris oscuras, dolomías en capas medianas, margas y lutitas en porcentaje reducido, constituyendo conjuntos afines que se caracterizan por su composición, textura y secuencia que sobreyace a los clásticos Murco, formando cuerpos alargados y unitarios de gran extensión o de reducida área

constituyendo los lugares de mayor altitud en el área, con frecuencia se han formado escarpas abruptas y aristas agudas controladas por las capas de estratificación, también se puede apreciar superficies cársticas de aspecto rugoso debido a la acción de la meteorización que ha formado dolinas, cavernas, siendo la caverna de mayor amplitud.



Fotografía 16: Secuencia del Grupo Murco en la base con la formación Huintuyo sobresaliendo y la Fm Chilloroya hacia la zona media donde se emplazan las cochas de Huallatapampa y coronando el cerro la Fm Arcurquina .

Fuente: propia

3.4.2 FORMACION CHILCA

Esta unidad se encuentra en los mismos lugares donde aflora la Formación Quilque, aunque en la mayoría de los casos se halla erosionada parcialmente. Esta formación se encuentra en discordancia erosional sobre la Formación Quilque (Paleoceno inferior) y bajo la Formación Kayra (Eoceno inferior).

3.4.3 FORMACION HUALHUANI (Ki-hu)

Aflora al este del cerro Quepuro, donde hace parte de un anticlinal (cuadrante III). La base está cortada por las dioritas de Quepuro y el techo infrayace discordantemente a la Formación Arcurquina. En la zona aparentemente no aflora la Formación Mara ya que las calizas Arcurquina parecen deslizadas sobre la Formación Hualhuani. Litológicamente, está constituida por una secuencia monótona de cuarcitas y areniscas cuarcíticas de grano fino a medio de medio fluvial a

litoral, aunque también hay capas con areniscas de grano grueso. El color varía de blanco a oscuro al techo. Presenta buena estratificación en bancos desde 0,20 a más de 3 m. Generalmente, las rocas se hallan bien compactas y macizas. Las cuarcitas pueden estar intercaladas con escaso niveles de lutitas negras.

3.4.4 GRUPO YUNCAYPATA (Ki)

3.4.4.1 FORMACION AYABACAS (Kis-ayb)

La Formación Ayavacas o Calizas Yuncaypata (KALAFATOVICH, 1957) aflora también de manera disarmónica a caótica. En muchas zonas no aparecen dentro del Grupo Moho y en otros casos lo hacen de manera abundante, como resultado de deslizamientos sinsedimentarios tal como se observa al norte de Acomayo (cuadrante II) y en algunos sectores al norte de Cusco. Estas calizas se hallan frecuentemente dolomitizadas, sin embargo, se ha podido reconocer facies margosas gris oscuras, facies mudstone bioturbadas o no, facies wackestone-packstone más o menos bioclásticas y menos frecuentemente facies grainstone con oolitos de bioclastos o granos de cuarzo. Algunas facies aparecen con figuras de emersión (disolución), con aspecto de brechas y figuras de estructuras de tipo slump.

3.4.4.2 FORMACION PAUCARBAMBA (Ki-pau)

La Formación Paucarbamba sobreyace a la Formación Huancané e infrayace a la Formación Maras no datada, esta última bajo la Formación Ayavacas o calizas Yuncaypata de edad Albiana-Turoniana. Por correlaciones regionales y por sobreyacer a la Formación Huancané se le asignaba una edad comprendida entre el Aptiano superior-Albiano inferior. Esta formación se puede correlacionar tentativamente con la Formación Pariahuanca del centro del Perú, considerada de edad Aptiana superior-Albiana inferior (WILSON, 1963) y con la Formación Murco de la cuenca occidental.

3.4.5 FORMACION PARURO (Nm-pa)

Aflora en los alrededores del poblado de Paruro, se prolonga al norte hasta Yaurisque y al sur hasta Cusibamba y NO de Acomayo, correspondiendo a la cuenca Paruro alargada NNO-SSE (35 km por 3 km). Esta cuenca está controlada por las fallas NOSE y NNO-SSE de Colcha-Coyabamba-Acomayo y Yaurisque-Papres-Acomayo. La Formación Paruro sobreyace en discordancia angular a las formaciones Muñani, Soncco, Punacancha y al Grupo Moho. Esta formación está dividida en dos miembros. El Miembro I está compuesta por lutitas y limolitas lacustres, areniscas fluviales y algunos conglomerados fluviales.

3.4.6 FORMACION RUMICOLCA (NpQ-r)

Se denomina Formación Rumicolca a un conjunto de cuerpos volcánicos de dimensiones pequeñas que afloran a lo largo del límite entre la Cordillera Oriental y las Altiplanicies, en particular en la zona de estudio.

Estos cuerpos volcánicos se les puede identificar en las fotografías aéreas por su textura rugosa, por formar pequeños cuerpos y por sobresalir en el relieve. Se han identificado los cuerpos de Huaccoto, Huacachahuna, Tipon, Oropesa, Norte de Oropesa, Huambutío.

CAPITULO IV: GEOLOGIA ESTRUCTURAL

4.1 GENERALIDADES

La geología estructural viene relacionada al proceso evolutivo de los diferentes esfuerzos compresivos y distensivos generados durante las fases tectónicas producto de la tectónica de placas.

4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL LOCAL

El Área de trabajo se registra estructuras de variado origen que afectaron a las diferentes rocas del lugar. Se observan fracturamiento y direcciones de flujo característico que permiten identificar dominios estructurales. Limitada por fracturas de orientación andina que han sido cubiertas discordantemente por unidades lito estratigráficas jóvenes, la reactivación de fallamientos antiguos de tipo normal se manifiestan en estos lugares por saltos verticales de dimensión decimétrica. Los sucesivos esfuerzos compresivos tanto de la Fase Peruana como la Fase Incaica, desarrollando plegamientos apretados amplios y simétricos o forman estructuras monoclinales.

Con respecto a las fallas expuestas en el Vaso de la Represa, estas tienen una particularidad, de ser fallas sin-sedimentaria o lístricas, es decir que han estado activas durante el proceso de sedimentación, estas se encuentran en la parte posterior del flanco derecho e izquierdo de los vasos de Ichuhuanco, estas tienen una dirección promedio NW-SE, existe fallas en otras direcciones que se hallan emplazadas fuera del rango de embalsamiento. En general el fallamiento del area no tiene incidencia alguna en la infraestructura a ser construida.

4.3 DIAGRAMA DE ESTRUCTURAS PRIMARIAS

Se realizó el registro de datos estructurales de estructuras primarias, con una tendencia general de NNW –SSE e inclinación hacia el NE con alto grado (entre 62° y 72°) en este caso predominan la disposición de la estratificación en bancos de areniscas intercaladas con limolitas y lutitas con escasa presencia de fallas locales que puedan influir en la estructura de los vasos.

ESTE	NORTE	ALT	BUZAMIENTO	AZIMUT
189409.473	8484592.12	4241	72.5	354.2
189750.537	8484956.27	4110	62.3	345.3
189807.776	8484740.14	4124	21.6	331.4
189207.373	8486193.79	4155	71.1	339.1

Tabla 04: Rumbos y buzamientos de la zona de estudio

4.4 TENDENCIAS DE LA DIRECCIÓN DE DIACLASAS.

En base a un promedio de 25 mediciones de estructuras lineales en cada estación micro tectónica, se ha establecido las tendencias de dirección preferente de diaclasas con el uso del software Rocscience Dips.

Sistema NO –SE

En el área de la Estación Micro tectónica N° 1, ubicada en el flanco sur se ha obtenido una tendencia en las diaclasas de dirección NO-SE, con un buzamiento de alto ángulo mayormente, tal como se observa en el diagrama de polos. Esta dirección es coincidente con la dirección regional, por lo que esta tendencia sugiere que esta relación es la estructura mayor del valle Ichuanco.

Las direcciones obtenidas de la estación micro-tectónica, son las tendencias dominantes que actualmente están definidas en los grados de fracturamiento y diaclasa de los afloramientos rocosos.

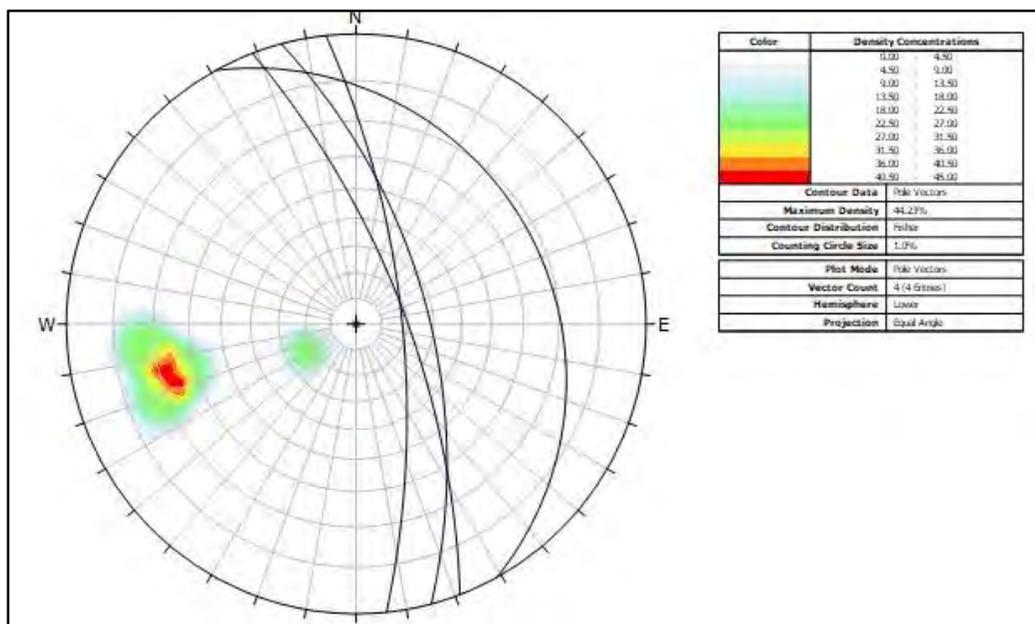


Imagen 06: Tendencias de fracturas en la EMT Nro 1 en una direccion NO-SE

Fuente: propia

Sistema ONO – ESE

En el área de la estación Microtectónica N° 2, ubicada en el flanco sur del valle Ichuanco se ha obtenido una tendencia en las diaclasas una dirección ONO-ESE, Esta dirección sugiere una relación con la dirección de pequeños valles y quebradas aledaños al valle Ichuanco por el sector sur.

Sistema NNE-SSO

En el área de la estación Microtectónica N° 3, ubicada en el flanco nor este del valle Ichuanco se ha obtenido una tendencia en las diaclasas una dirección NNE-SSO, con alto y medio ángulo de buzamiento. Esta dirección sugiere una relación con la dirección de pequeños valles y quebradas aledaños al valle Ichuanco por el sector nor este.

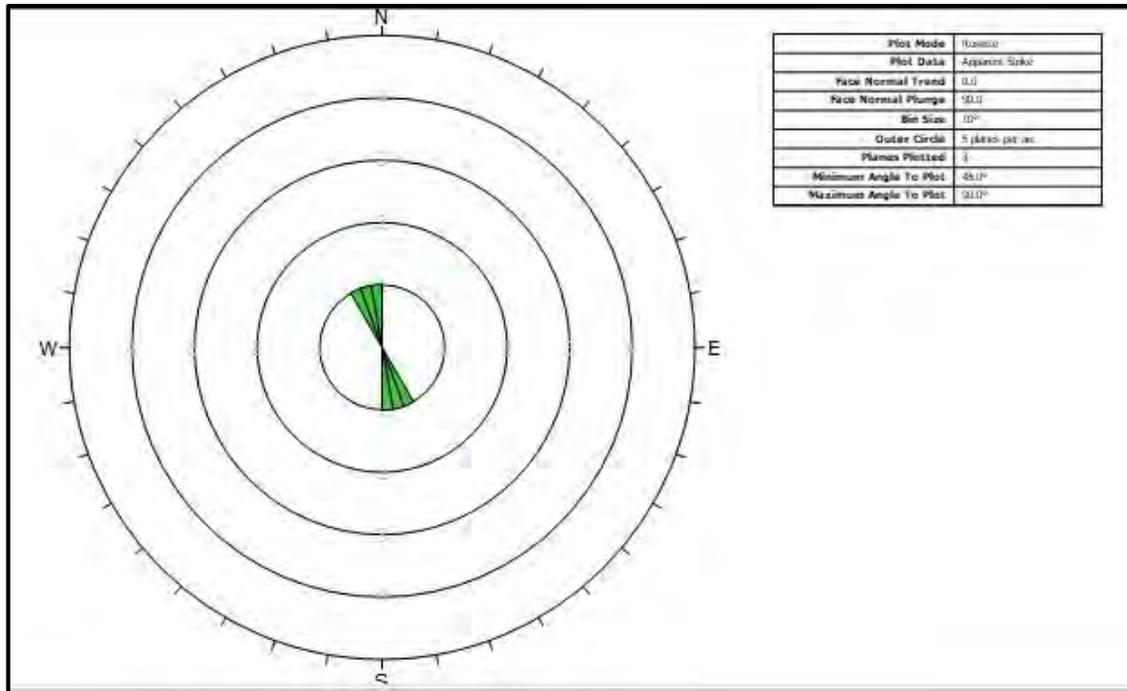


Imagen 07: Las direcciones de los estratos se encuentran de NW a SE en toda la zona en estudio

Fuente: propia

4.5 RESULTADOS

Se reconocen tres sistemas principales de diaclasas, NO –SE, NNE-SSO, y ONO – ESE, en el cual el sistema NNE-SSO, se puede asociar a la falla del flanco sur que tienen dirección 15°NE y el sistema NO-SE con la falla medida en el flanco norte del valle Ichuanco que tiene dirección 115°NE. Estas asociaciones de direcciones nos permiten aseverar presencia de fallas locales post cretáceas, sin actividad neotectónica, y que intervienen en el modelamiento morfológico actual del valle Ichuanco.

4.6 ESTRUCTURAS TECTÓNICAS

La historia geológica del área de estudio ha evolucionado como consecuencia de los esfuerzos compresivos y distensivos generados durante las fases tectónicas que suscitaron en la zona de estudio.

4.7 PLEGAMIENTOS

En el flanco sur del Valle Ichuanco hacia la desembocadura del río, se observa un plegamiento amorfo hacia el sur este con buzamientos suaves entre 10° y 20°.

Esta estructura no tiene influencia negativa o que puedan afectar la infraestructura planteada en el Proyecto, dada su estabilidad de las rocas respecto a la estructura.

4.8 FALLAMIENTO

La historia geológica del sistema de fallas de la región, de acuerdo a los estudios estratigráficos y estructurales efectuados, indican eventos tectónicos andinos de dos fases, una de compresión orogénica (Steinman, 1992), que ha producido eventos de emersión de la región, y otra principal producida durante el Eoceno (Megard, 1967) que ha producido plegamientos de ejes E-O. (Gobierno Regional de Apurímac, 2014).

CAPITULO V: ASPECTOS HIDROLÓGICOS

5.1 GENERALIDADES

El estudio Hidrológico en la zona de emplazamiento de la presa presenta unidades hidrogeológicas importantes que se describen, como acuicludos y acuíferos.

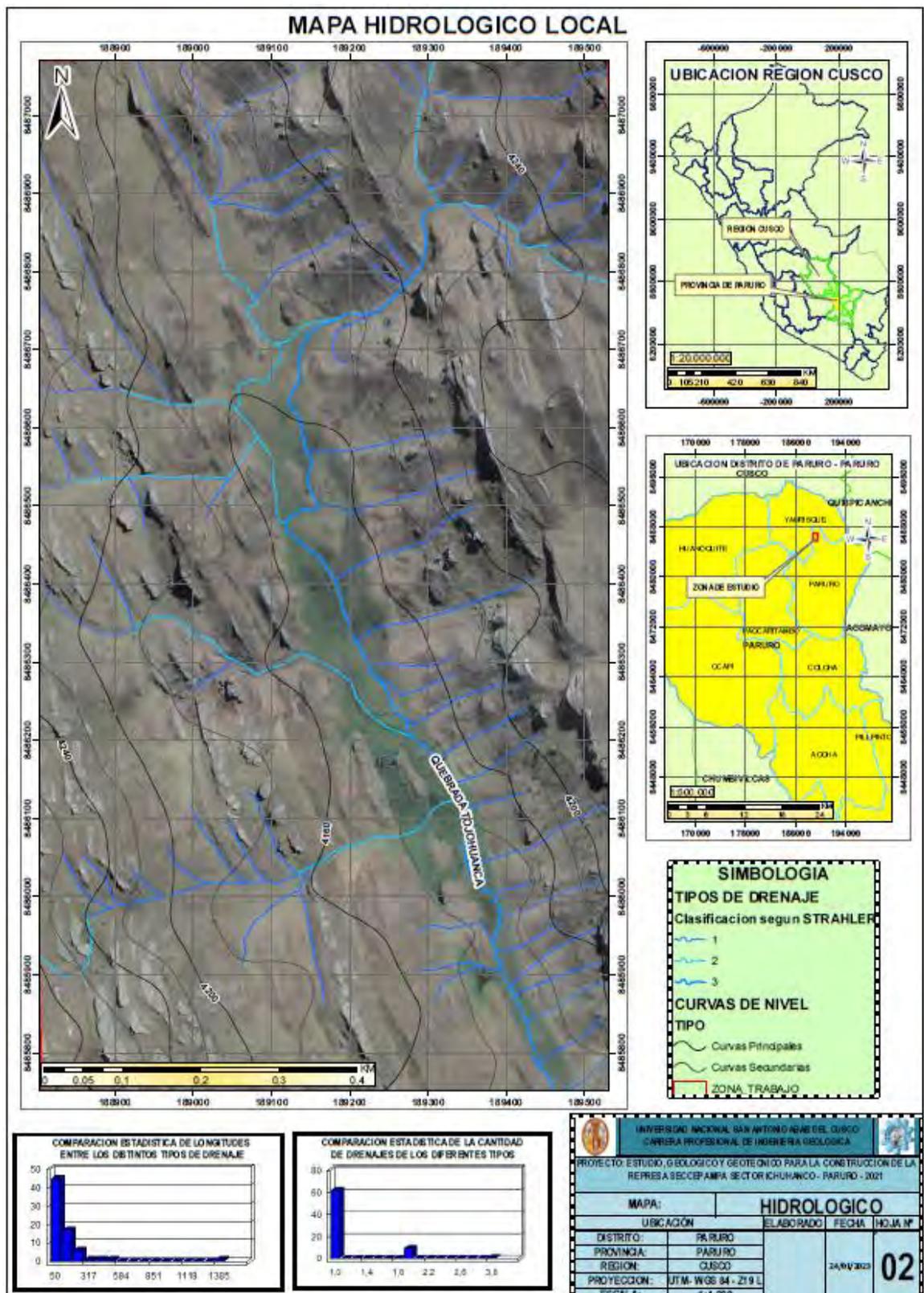
Se recabo información hidrometeorológica del SENAMHI, algunos cálculos realizados, como también se generó dicha información necesaria, se usaron estaciones cercanas al área de estudio como; Yauri, Paruro, Macusani, entre otros. Finalmente, con este estudio determinamos el dimensionamiento del vaso de la presa y el balance hídrico de ella para así garantizar la oferta y demanda de agua en el proyecto.

5.2 HIDROLOGIA DE LA MICROCUENCA ICHUANCO

La microcuenca Ichuhanco, tiene un área de 9.57 km² lo que nos indica que siendo un área menor que 25 km² tiene la denominación de Microcuenca según Campos Aranda (1992); esta tiene una forma alargada cuya cota mínima es de 3825 m.s.n.m. y su cuota superior es de 4200 m.s.n.m. se trata de una microcuenca en “V”, con taludes moderadamente empinado, empinado y en algunas zonas fuertemente empinados y un valle profundo.

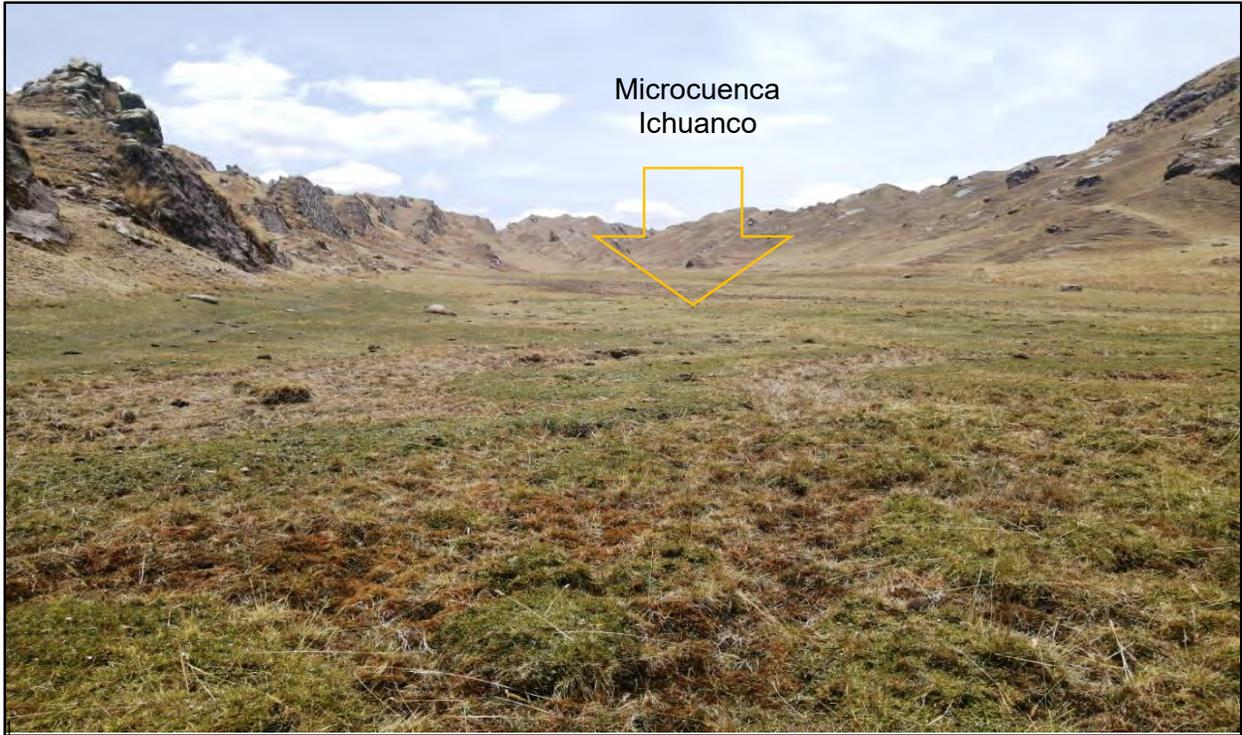
5.2.1 ACUÍCLUDOS

Son las formaciones geológicas que, conteniendo agua en su interior incluso hasta la saturación, no la transmiten y por lo tanto no es posible su explotación. Se pueden citar como ejemplos los depósitos de arcillas de cualquier origen.



Mapa 4. Mapa hidrológico de la zona de estudio.

Fuente: propia



Fotografía 17: Se muestra la microcuenca Callatiac hacia el Sur

Fuente: propia



Fotografía 18: Se muestra la cantidad de agua presente en la microcuenca Ichuanco.

Fuente: propia

5.3 PARAMETROS MORFOMETRICOS

PARAMETROS MORFOMETRICOS DE LA MICROCUENCA ICHUANCO				
PARAMETROS		UND	NOMENCLATURA	MICROCUENCA CALLATIAC
Superficie total de la cuenca		Km ²	At	9.57
Perimetro		Km.	P	12.64
Centro de Gravedad de la cuenca (UTM)		m	ESTE (X)	189138
		m	NORTE (Y)	8486359
FORMA DE LA CUENCA	Coefficiente de Compacidad (Kc)	s/U	$Kc = 0.28 P / (At)^{1/2}$	0.96
	Longitud paralela al curso más largo	Km.	LB	3.79
	Ancho Medio	Km.	$AM = At / LB$	1.36
	Factor de Forma (Kf)	s/U	$Kf = AM / LB$	1.06
	Lado Mayor	Km.	$L = Kc * (\pi * A)^{1/2} / 2 * (1 + (1 - 4 / \pi * Kc^2))$	4.66
	Lado Menor	Km.	$B = At / L$	1.43
SISTEMA DE	Orden de Red Hidrica		4	
	Long. Total de corrientes	Km.	Lt	10.83
	Longitud del río principal	Km.	Lr	4.79
	Densidad de drenaje	Km./Km ²	$Dd = Lt / At$	198
Desnivel total de la cuenca		Km.	Ht	0.61
Desnivel total del río		m.	Htm	240.15
Altura máxima cuenca		m.s.n.m.	Hcu	4200.12
Altura media de la cuenca		m.s.n.m.	Hm	3800.30
PENDIENTE CUENCA Y CAUCE PRINCIPAL	Pendiente cuenca (Criterio del Rectangulo Equivalente)	m/m	$Ic = 100 * Ht / B$	0.414587
	Pendiente media del cauce principal	m/m	$Im = (Hmáx - Hmín) / Lr$	0.06

Tabla 05: Parámetros Morfométricos de la Microcuenca Ichuanco.

Fuente: propia

5.4 VARIABLES CURVA HIPSOMETRICA

VARIABLES DE LA CURVA HIPSOMETRICA DE LA MICROCUENCA ICHUANCO									
	CO TA MENOR	CO TA MAYOR	CO TA PROMEDIO	AREA	AREA	AREA ACUMULADA	AREA QUE QUEDAN SO BRE LAS ALTITUDES	PO RCENTAJE DE AREA	PO RCENTAJE QUE QUEDAN SO BRE LAS ALTITUDES
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)=ΣA-(6)	(8)=[(5)/7354.226] X 100	(9)=[(7)/7354.226] X 100
	(m.s.n.m.)	(m.s.n.m.)	(m.s.n.m.)	(m ²)	(Km ²)	(Km ²)	(Km ²)	(%)	(%)
1	3300	3320	3310	136710.027	0.137	0.137	6.514	2.056	97.944
2	3320	3340	3330	104445.557	0.104	0.241	6.409	1.571	96.374
3	3340	3360	3350	98310.260	0.098	0.339	6.311	1.478	94.895
4	3360	3380	3370	85132.928	0.085	0.425	6.226	1.280	93.615
5	3380	3400	3490	88573.148	0.089	0.513	6.137	1.332	92.283
6	3400	3420	3410	220520.290	0.221	0.734	5.917	3.316	88.967
7	3420	3440	3430	208490.731	0.208	0.942	5.708	3.135	85.832
8	3440	3460	3450	199424.084	0.199	1.142	5.509	2.999	82.834
9	3460	3480	3470	223245.900	0.223	1.365	5.285	3.357	79.477
10	3480	3500	3590	420568.897	0.421	1.785	4.865	6.324	73.152
11	3500	3520	3510	275078.908	0.275	2.061	4.590	4.136	69.016
12	3520	3540	3530	276233.434	0.276	2.337	4.313	4.154	64.862
13	3540	3560	3550	310855.587	0.311	2.648	4.003	4.674	60.188
14	3560	3580	3570	321629.240	0.322	2.969	3.681	4.836	55.352
15	3580	3600	3690	338326.470	0.338	3.308	3.343	5.087	50.264
16	3600	3620	3610	322551.903	0.323	3.630	3.020	4.850	45.414
17	3620	3640	3630	328396.235	0.328	3.958	2.692	4.938	40.476
18	3640	3660	3650	412328.393	0.412	4.371	2.279	6.200	34.276
19	3660	3680	3670	433448.484	0.433	4.804	1.846	6.518	27.758
20	3680	3700	3790	391510.406	0.392	5.196	1.454	5.887	21.871
21	3700	3720	3710	317256.535	0.317	5.513	1.137	4.771	17.100
22	3720	3740	3730	316943.815	0.317	5.830	0.820	4.766	12.334
23	3740	3760	3750	221228.475	0.221	6.051	0.599	3.327	9.008
24	3760	3780	3770	121564.714	0.122	6.173	0.477	1.828	7.180
25	3780	3800	3890	120057.217	0.120	6.293	0.357	1.805	5.374
26	3800	3820	3810	104727.954	0.105	6.398	0.253	1.575	3.799
27	3820	3840	3830	78390.947	0.078	6.476	0.174	1.179	2.621
28	3840	3860	3850	74254.598	0.074	6.550	0.100	1.117	1.504
29	3860	3880	3870	70849.562	0.071	6.621	0.029	1.065	0.439
30	3880	3900	3990	25931.291	0.026	6.647	0.003	0.390	0.049
31	3900	3920	3910	3247.712	0.003	6.650	0.000	0.049	0.000
TOTAL				6650233.70	6.650			100.000	

Tabla 06: Variables de la curva Hipsométrica de la Microcuenca Ichuanco,

Fuente: Propia



Gráfico 01: Curva Hipsométrica de la Microcuenca Ichuanco

Fuente: Propia

5.5 ANALISIS Y TRATAMIENTO DE LAS VARIABLES METEOROLOGICAS

Para el análisis y tratamiento de las variables climáticas se usaron las siguientes estaciones:

UBICACIÓN POLÍTICA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS				
Nro	Nombre de Estación	Región	Provincia	Distrito
1	Yauri	Cusco	Espinar	Espinar
2	Curahuasi	Apurímac	Abancay	Curahuasi
3	Paruro	Cusco	Paruro	Paruro
4	Anta Ancachuro	Cusco	Anta	Zurite
5	Macusani	Puno	Carabaya	Macusani
6	Kayra	Cusco	Cusco	San Jeronimo

Tabla 07: Ubicación política de las estaciones meteorológicas usadas.

Fuente: Propia

UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE ESTACIONES METEOROLÓGICAS								
Nro	Nombre de Estación	Coordenadas (WGS 84)				Coordenadas Geográficas		Tipo de Estación
		Zona	Este	Norte	Altitud (m.s.n.m.)	Latitud	Longitud	
1	Yauri	19L	239873.17	8360516.92	3927	14°49'1" S	71°25'1" W	convencional
2	Curahuasi	18L	745152.60	8500658.70	2763	13°33'8" S	72°44'5" W	convencional
3	Paruro	19L	192377.10	8476168.30	3084	13°46'3" S	71°50'41" W	convencional
4	Anta Ancachuro	18L	801449.16	8509365.30	3340	13°28'6" S	72°12'57" W	convencional
5	Macusani	19L	344624.92	8444057.59	4345	14°4'12" S	70°26'20.7" W	convencional
6	Kayra	19L	188929	8499786	3204	14°47'5.2" S	70°42'56.5" W	convencional

Tabla 08: Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas usadas

Fuente: Propia

5.6 HORAS DE SOL

Se cuenta con registros de horas sol de 10 años de la estación Paruro y Yauri del 2001-2010; la cantidad mayor de horas sol se da en el mes de agosto con 237.36 horas y la mínima en el mes de febrero con 155.72 horas, también tenemos una cantidad de horas media anual de 207.77 horas de sol y un total de 2262.67 horas anual.

En el siguiente Cuadro se muestra los valores media anual mensual de horas sol para el área de estudio.

HORAS Y DECIMAS DE SOL (2001-2010)												
ESTACIONES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PARURO	166.24	149.07	156.73	184.04	199.17	180.12	188.04	216.00	212.39	212.34	216.14	169.97
YAURI	166.89	162.37	189.44	221.89	271.97	262.11	270.79	258.71	246.76	247.21	240.82	197.37
MEDIA MENSUAL	166.56	155.72	173.09	202.97	235.57	221.12	229.42	237.36	229.58	229.78	228.48	183.67
MEDIA ANUAL	207.77											

Tabla 09: Registro de horas Sol Media Mensual y anual

Fuente: Senamhi

En la etapa de estudio se recorrió la microcuenca, se observó que la microcuenca produce agua superficial con fines de recarga del vaso de presa; algunos cursos de agua que se forman por la precipitación.

Los acuíferos son estratos o formaciones geológicas que permiten la circulación del agua por sus poros y/o grietas, en condiciones económicamente aprovechables, en nuestro caso para conocimiento del comportamiento de las aguas debajo de presiones de agua incrementadas por aguas de represamiento. Los acuíferos son capas o formaciones con materiales muy variados como gravas de río, calizas agrietadas, areniscas porosas poco cementadas, arenas de playa, algunas formaciones volcánicas y depósitos de dunas.

5.7 TEMPERATURA

Se cuenta con registros de temperatura mínima, media y máxima solo de 1 estación; Yauri, con registros de 15 años, la temperatura mínima anual es de 0.5°C, la temperatura máxima anual es de 18.92 °C y la temperatura media anual es de 8.00 °C.

En los siguientes cuadros se muestra los valores promedio mensuales y anuales de la temperatura por estación.

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (°C)												
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Yauri	8.89	8.77	8.63	7.50	5.10	3.00	2.85	4.03	5.93	7.59	11.02	8.76
Media mensual	8.89	8.77	8.63	7.50	5.10	3.00	2.85	4.03	5.93	7.59	11.02	8.76
Media anual	6.84											

TEMPERATURA MAXIMA MEDIA MENSUAL (°C)												
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Yauri	16.56	16.01	16.21	16.11	16.04	15.73	15.16	16.52	17.73	18.46	19.48	18.19
Media mensual	16.56	16.01	16.21	16.11	16.04	15.73	15.16	16.52	17.73	18.46	19.48	18.19
Media anual	18.90											

TEMPERATURA MINIMA MEDIA MENSUAL (°C)												
Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
Yauri	1.60	1.82	1.61	-0.86	-5.95	-9.44	-9.56	-8.12	-5.70	-2.65	-1.00	0.97
Media mensual	1.60	1.82	1.61	-0.86	-5.95	-9.44	-9.56	-8.12	-5.70	-2.65	-1.00	0.97
Media anual	0.5											

Tabla 10, 11: registros de temperatura mínima, media y máxima de la estación.

Fuente. propia

5.8 EVAPORACION

Se cuenta con registros de las estaciones Paruro, Yauri, en la zona de estudio el mes que se produce mayor evaporación es junio con 58.7 mm y el mes que tiene menor evaporación es noviembre con 38.3 mm, la media anual mensual es de 47.98 mm.

En el siguiente cuadro se describe.

EVAPORACION EN EL AREA DE ESTUDIO (mm)												
ESTACION	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
MACUSANI	48.7	50.5	53.0	52.4	41.7	38.3	40.9	48.0	47.5	49.0	58.7	47.1
MEDIA MENSUAL	48.7	50.5	53.0	52.4	41.7	38.3	40.9	48.0	47.5	49.0	58.7	47.1
MEDIA ANUAL	47.98											

Tabla 12: Evaporación del área de estudio (mm)

Fuente: Propia

5.9 PRECIPITACION

Para obtener la Precipitación se identificaron 3 estaciones pluviométricas, cercanas a la zona de estudio, dicha información fue obtenida a través del SENAMHI, las estaciones a usar son; Paruro, Santo Tomas y Anta, las cuales cuentan con 30 años de registros, entre 1987 y 2016.

A dichas estaciones seleccionadas se les realizó el análisis de consistencia usando como estación de referencia a Paruro, para evaluar la consistencia de la información pluviométrica mediante la curva doble masa, con ello poder identificar fenómenos de no homogeneidad e inconsistencia de los datos, para posteriormente corregir, completar y extender datos faltantes mediante el método de regresión lineal simple.

Años	Paruro	Sto Tomas	Anta Ancachuro	Promedio
1987	822.9	938.2	816.5	811.3
1988	1688.7	1876.4	1696.7	1702.9
1989	2589.6	2814.7	2319.5	2545.6
1990	3455.4	3752.9	2869.8	3348.5
1991	4321.3	4691.1	3533.0	4174.8
1992	5187.1	5629.3	4274.7	4968.1
1993	6125.9	6567.5	6084.7	6013.8
1994	7159.2	7505.8	8147.1	7141.2
1995	7864.4	8444.0	9099.7	8011.0
1996	8735.2	9382.2	10428.7	9000.9
1997	9718.2	10320.4	11599.3	9963.3
1998	10513.9	11258.6	12302.5	10800.3
1999	11294.8	12167.0	13696.9	11780.0
2000	12005.1	13041.5	14701.2	12728.9
2001	12898.4	13919.9	16339.0	13819.0
2002	13915.8	14715.5	17634.8	14857.3
2003	14750.4	15503.8	18568.0	15720.7
2004	15578.1	16514.4	19467.6	16607.4
2005	16175.2	17311.3	20061.3	17323.9
2006	16995.0	18340.8	20993.7	18248.8
2007	17848.9	19236.8	21897.4	19106.4
2008	18578.2	20024.6	22720.4	19876.3
2009	19416.1	20751.8	23695.4	20734.9
2010	20411.4	21661.8	24718.1	21614.8
2011	21364.9	22608.8	25840.7	22630.1
2012	22350.1	23726.5	26866.7	23695.2
2013	23312.8	24684.2	27683.3	24601.6
2014	24238.9	25725.9	28474.0	25548.1
2015	25104.7	26814.8	29364.8	26485.4
2016	25914.2	28100.2	30225.4	27431.3

Tabla 13: Análisis doble masa usando la precipitación acumulada por estación.

Fuente: Propia

A partir de este análisis se procedió a corregir, completar y extender datos faltantes mediante el método de regresión lineal simple como ya se mencionó. Ahora se realizó el cálculo de precipitación media mensual y media anual mensual en la zona de estudio mediante el método de Análisis de Regionalización (Precipitación vs Altitud).

MICROCUCNIA ICHUANCO														
REGISTRO DE PRECIPITACION MENSUAL ACUMULADA (mm)														
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	1996	298.4	234.8	144.9	56.5	6.0	1.9	4.8	29.0	15.8	86.7	80.3	167.7	1,126.8
2	1997	250.7	182.1	184.4	55.5	10.9	5.2	9.9	19.6	16.1	52.9	117.8	174.6	1,079.7
3	1998	221.5	187.5	165.8	53.8	9.8	3.2	9.9	3.5	8.9	70.1	73.5	112.6	920.1
4	1999	208.9	225.9	192.2	83.7	4.3	3.4	2.3	7.7	48.9	55.7	57.4	168.6	1,059.0
5	2000	208.7	253.0	150.3	42.9	12.9	12.4	10.2	19.6	21.7	97.8	47.3	189.7	1,066.6
6	2001	351.0	249.9	254.1	46.0	19.6	3.2	24.7	19.9	17.2	84.8	73.1	99.8	1,243.4
7	2002	178.1	279.3	198.2	73.5	20.6	8.9	30.8	15.5	47.4	108.7	99.1	156.6	1,216.7
8	2003	206.0	177.4	198.5	44.1	11.1	2.8	5.4	24.8	21.9	57.4	47.0	180.6	977.1
9	2004	208.5	245.2	84.8	43.3	7.1	13.2	24.8	17.2	42.8	57.0	72.5	205.3	1,021.7
10	2005	136.2	163.8	133.8	49.6	2.2	5.8	5.6	10.7	12.9	73.9	77.5	155.0	827.0
11	2006	234.6	193.0	158.8	91.1	11.6	9.1	8.3	10.8	5.2	68.6	115.5	132.3	1,038.9
12	2007	162.7	208.6	197.5	50.3	15.2	6.2	6.2	13.1	9.1	47.9	95.1	180.1	992.0
13	2008	195.9	145.4	96.2	25.3	11.1	5.0	9.9	6.4	18.9	78.3	100.6	168.5	861.5
14	2009	170.9	179.1	113.7	47.6	6.8	5.8	10.1	8.6	17.4	59.6	222.5	144.9	987.0
15	2010	266.6	193.3	129.2	43.4	21.4	4.5	2.8	8.1	6.5	55.3	62.1	188.4	981.7
16	2011	189.0	268.4	221.3	67.9	9.8	6.6	4.7	6.5	39.3	73.1	88.1	160.0	1,134.8
17	2012	204.0	260.1	189.0	77.2	3.8	7.6	5.0	12.4	27.3	71.3	119.7	285.8	1,263.1
18	2013	166.2	218.1	114.1	37.7	5.0	10.5	3.8	24.8	16.1	119.5	114.4	214.6	1,044.8
19	2014	240.6	197.8	142.9	62.7	22.0	6.2	9.7	7.4	42.4	70.3	73.7	189.3	1,065.0
20	2015	227.0	192.1	198.9	97.4	7.9	3.3	10.4	24.1	21.5	63.9	103.6	156.1	1,106.2
21	2016	127.2	310.9	141.4	76.7	11.0	4.6	8.1	13.2	21.3	90.0	62.4	115.4	982.3
N° Datos		21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Media		212.0	217.4	162.4	58.4	11.0	6.2	9.9	14.4	22.8	73.5	90.6	168.9	1,047.4
Desv. Estandar		52.0	42.4	43.3	18.9	5.9	3.1	7.6	7.3	13.5	18.9	37.8	39.9	112.5
Coef. Variacion		24.5	19.5	26.6	32.3	53.8	51.0	77.2	50.5	59.2	25.7	41.7	23.7	10.7
Prec. Max.		351.0	310.9	254.1	97.4	22.0	13.2	30.8	29.0	48.9	119.5	222.5	285.8	1,263.1
Prec. Min.		127.2	145.4	84.8	25.3	2.2	2.8	2.3	3.5	5.2	47.9	47.0	99.8	827.0
P al 75 % pe		176.9	188.8	133.2	45.7	7.0	4.0	4.7	9.5	13.7	60.7	65.2	141.9	971.5

Tabla 14: Precipitación mensual acumulada (mm) en la microcuenca Ichuanco.

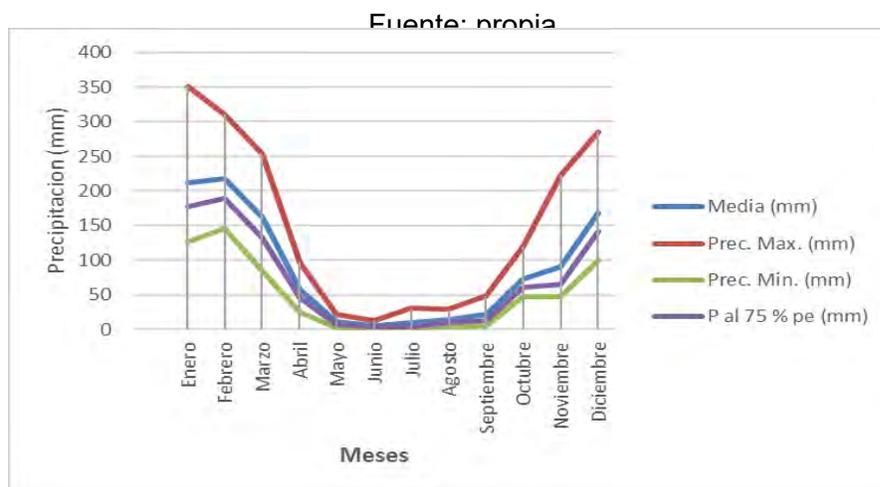


Grafico 02: Variación de la precipitación mensual en la microcuenca Ichuanco

Fuente: propia

Estas precipitaciones fueron calculadas a una altitud media de la microcuenca Ichuanco; por ejemplo, se observa que la mayor precipitación media mensual se da en los meses de enero y febrero con 212 y 217.4 mm respectivamente, la menor precipitación media mensual se da en los meses de junio y julio con 6.2 y 9.9 mm respectivamente.

5.10 ANALISIS Y CALCULO DE INFORMACION HIDROMETRICA

5.10.1 CAUDAL:

En la zona de estudio no se cuenta con alguna estación hidrométrica por ende nos vemos en la necesidad de generar caudales y volúmenes mensuales en el punto de captación. Para la generación de la escorrentía superficial usamos el método de Lutz Scholz, partiendo de la generación de precipitación efectiva y la obtención de la ecuación integral de generación de caudales.

MICROCUENCA ICHUANCO														
CAUDALES GENERADOS MEDIO MENSUAL (m ³ /s)														
Nº	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1	2020	0.519	0.395	0.350	0.070	0.021	0.014	0.015	0.018	0.018	0.032	0.129	0.299	0.157
2	2021	0.452	0.404	0.294	0.063	0.020	0.014	0.015						0.125
Nº Datos		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Q-MEDIO		0.412	0.502	0.301	0.071	0.021	0.015	0.015	0.016	0.020	0.053	0.093	0.276	0.149
Q 75%		0.318	0.402	0.190	0.048	0.019	0.014	0.013	0.014	0.017	0.035	0.050	0.231	
Desv. Estandar		0.151	0.146	0.131	0.026	0.003	0.001	0.002	0.002	0.005	0.026	0.089	0.120	0.027
Coef. Variacion		0.037	0.029	0.044	0.037	0.016	0.006	0.016	0.013	0.025	0.049	0.096	0.043	0.018
Q-MAX		0.860	0.793	0.593	0.125	0.026	0.016	0.021	0.020	0.030	0.126	0.445	0.632	0.860
Q-MIN		0.166	0.257	0.103	0.030	0.015	0.013	0.011	0.012	0.013	0.029	0.031	0.091	0.011

Tabla 15: Caudales generados (m³/s) en el punto de captación para la microcuenca Ichuanco

Fuente: Propia

En la generación de caudales para el punto de captación (trasvase) se muestra que hay un mayor escurrimiento medio mensual en los meses de enero y febrero con 0.412 y 0.502 m³/s respectivamente. Un menor escurrimiento medio mensual en los meses de junio y julio, ambos con un caudal de 0.015 m³/s.

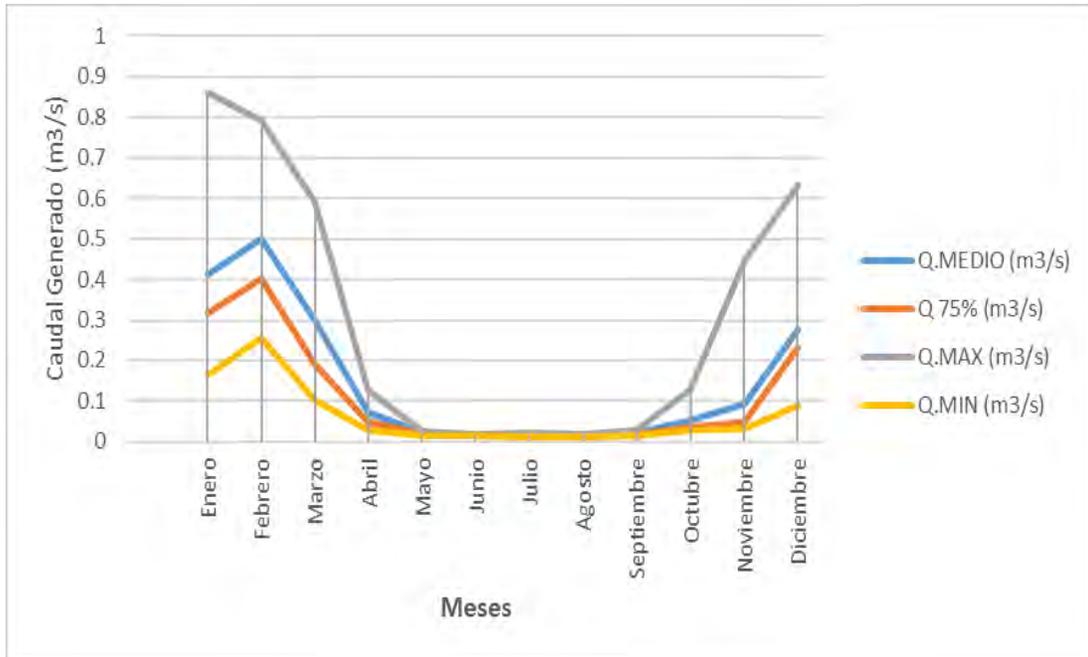


Grafico 03: Variación de caudales generados (m3/s) en el punto de captación de la microcuenca Ichuanco. Fuente: Propia

5.10.2 CAUDAL AFORADO

En el punto de captación de la microcuenca Ichuanco se aforó el caudal que discurre en el mes de febrero, midiendo la velocidad del agua con un flotador, y sacando el área de la sección del río y finalmente estimando que discurre un caudal de 11.1068 l/s o 0.008 m3/s.

5.10.3 CAUDAL ECOLOGICO

El cálculo del caudal ecológico se realizó de acuerdo a los criterios especiales para determinar caudales ecológicos del ANA (Autoridad Nacional del Agua), equivalente al 95 % de persistencia, la obtención de este caudal es con el objetivo de la conservación y preservación del ecosistema.

DETERMINACION DE CAUDAL ECOLOGICO (m3/s)												
Caudal (m3/s)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Q medio	0.412	0.502	0.301	0.071	0.021	0.015	0.015	0.016	0.020	0.053	0.093	0.276
Q ecologico	0.205	0.295	0.187	0.048	0.016	0.015	0.014	0.015	0.017	0.048	0.058	0.227
Q minimo	0.166	0.257	0.103	0.030	0.015	0.013	0.011	0.012	0.013	0.029	0.031	0.091

Tabla 16: Caudal ecológico (m3/s)

Fuente: Propia

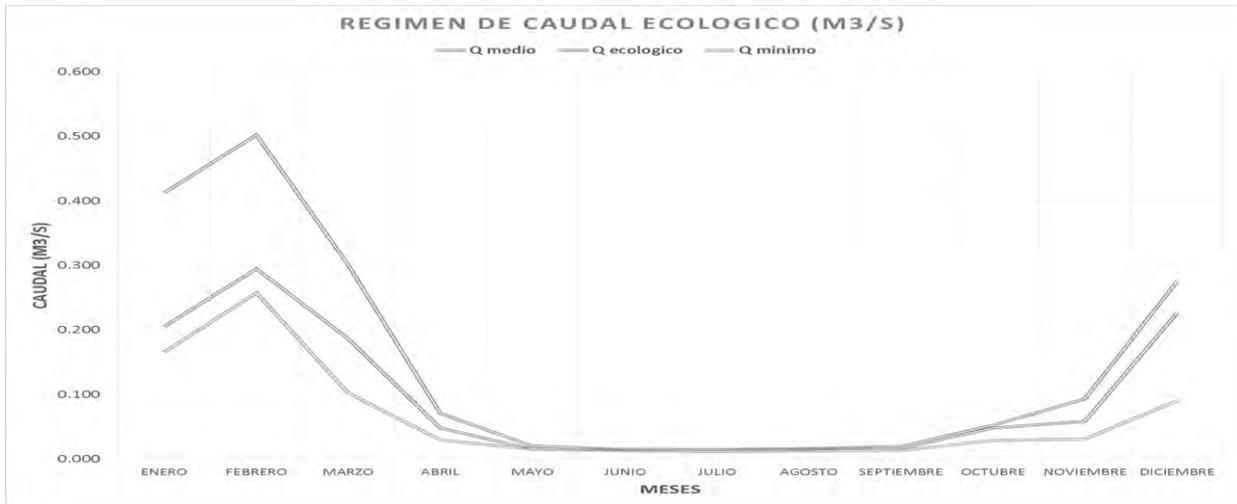


Grafico 04: Régimen de caudal ecológico
Fuente: Propia

5.10.4 PERMEABILIDAD

Para el cálculo del coeficiente de permeabilidad (k) o también llamado conductividad hidráulica (K), se realizó un ensayo de permeabilidad in situ por el método de carga variable a una profundidad de 0.5 metros, con lo cual, de acuerdo al cuadro de coeficiente de permeabilidad, determinamos que el suelo posee un drenaje pobre o relativamente impermeable, lo cual concuerda con el tipo de suelo ML que se tiene en la zona de represamiento.

	100	10	1	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
Drenaje	Bueno				Pobre				Prácticamente impermeable			
Tipo de suelo	Grava limpia	Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava			Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcilla estratificada				Suelos "impermeables", es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición			
					Suelos "impermeables", modificados por la vegetación o la descomposición. ^d							

Cuadro 05: Coeficiente de permeabilidad k en cm/s

Fuente: propia

Los resultados del ensayo de permeabilidad a su densidad máxima obtenidos tienen coeficientes (K) entre 1.12 y 3.90 cm/s, que corresponden a un grado de permeabilidad muy baja y se hallan aptos desde el punto de vista de su permeabilidad para la conformación en una presa de tierra.



Fotografía 19,20, 21: cálculo de permeabilidad *in situ*.

Fuente: Propia

5.10.5 POROSIDAD

Se trata de una porosidad primaria la que se encuentra en la zona de fundación de la presa Secsepampa, donde se determinó y obtuvo un 22.64 % de porosidad (n) y una relación de vacíos (e) de 0.47.

Con la ley de Darcy se calculó el caudal de infiltración que a continuación se muestra el cálculo.

$$Q = K \text{ cm/seg} \frac{h \text{ m}}{Nd} \times \frac{A \text{ cm. } 100 \text{ m}}{L \text{ cm}} \times Nf$$

Donde:

Q = Caudal de infiltración (cm³/seg).

K = Coeficiente de permeabilidad (cm/seg).

H = Perdida de carga total (cm).

Nf = Número de canales de flujo

Nd = Número de caídas de potencial

A = Anchura de la sección en el punto (cm).

L = largo de la sección en el punto (cm).

A y L son incógnitas, pero se cancelan ya que la red es cuadrada debido a la intersección de la red de flujo con las líneas equipotenciales.

$$Q = 6.7 \times 10^{-5} \text{ cm/seg} \frac{940 \text{ cm}}{16} \times 100 \text{ cm} \times 15$$

$$Q = 5,904375 \text{ cm}^3/\text{seg}$$

$$Q = 0.005904375 \text{ lt/seg}$$

5.10.6 NIVEL FREÁTICO

El nivel freático del terreno de fundación depende mucho de los niveles de operación del vaso de la presa, entonces definimos que el nivel freático se encontrara por encima del nivel de cimentación.

5.10.7 CAPACIDAD DE ENVASE DEL VASO DE LA PRESA

Para determinar la capacidad de embalse se realizó a partir de la curva área, capacidad y elevación, donde se muestran las áreas o superficie entre dos curvas de nivel que van de 10 en 10, para posteriormente obtener el volumen entre curva y curva, finalmente obtener el volumen de almacenamiento de la presa, con lo que nos ayudara a definir los niveles de operación de la presa.

Cota	H (m)	H acum (m)	A debajo (m2)	Vol (m3)	Vol acum (m3)	Vol acum (MM3)
4250	0.00	-21.00		-	-	-
4240	10.00	-20.00	2042.58	1,021.29	1,021.29	0.0010
4230	10.00	-19.00	11307.502	6,675.04	7,696.33	0.0077
4220	10.00	-18.00	15979.481	13,643.49	21,339.82	0.0213
4210	10.00	-17.00	19435.733	17,707.61	39,047.43	0.0390
4200	10.00	-16.00	22598.509	21,017.12	60,064.55	0.0601
4190	10.00	-15.00	25724.178	24,161.34	84,225.89	0.0842
4180	10.00	-14.00	28911.158	27,317.67	111,543.56	0.1115
4170	10.00	-13.00	32031.843	30,471.50	142,015.06	0.1420
4160	10.00	-12.00	35,029.05	33,530.45	175,545.51	0.1755
4150	10.00	-11.00	37,581.76	36,305.41	211,850.92	0.2119
4140	10.00	-10.00	40,032.24	38,807.00	250,657.92	0.2507
4130	10.00	-9.00	42,150.47	41,091.35	291,749.27	0.2917
4120	10.00	-8.00	44,119.59	43,135.03	334,884.30	0.3349
4110	10.00	-7.00	46,522.93	45,321.26	380,205.56	0.3802
4100	10.00	-6.00	48,479.89	47,501.41	427,706.96	0.4277
4090	10.00	-5.00	50,379.04	49,429.46	477,136.42	0.4771
4080	10.00	-4.00	52,283.96	51,331.50	528,467.92	0.5285
4070	10.00	-3.00	54,200.69	53,242.33	581,710.25	0.5817
4060	10.00	-2.00	56,085.35	55,143.02	636,853.27	0.6369
4050	10.00	-1.00	58,026.20	57,055.78	693,909.05	0.6939
4040	10.00	0.00	60,278.11	59,152.16	753,061.20	0.7531
4030	10.00	1.00	63,887.12	62,082.61	815,143.82	0.8151
4020	10.00	2.00	81,788.78	72,837.95	887,981.77	0.8880
4010	10.00	3.00	112,593.32	97,191.05	985,172.82	0.9852
4000	10.00	4.00	123,529.21	118,061.27	1,103,234.09	1.1032
3990	10.00	5.00	133,398.61	128,463.91	1,231,698.00	1.2317
3980	10.00	6.00	139,046.14	136,222.38	1,367,920.38	1.3679
3970	10.00	7.00	143,273.84	141,159.99	1,509,080.37	1.5091
3960	10.00	8.00	147,362.38	145,318.11	1,654,398.47	1.6544
3950	10.00	9.00	151,534.00	149,448.19	1,803,846.66	1.8038
3940	10.00	10.00	156,122.63	153,828.31	1,957,674.98	1.9577
3930	10.00	11.00	160,670.36	158,396.49	2,116,071.47	2.1161
3920	10.00	12.00	164,974.02	162,822.19	2,278,893.66	2.2789
3910	10.00	13.00	169,268.49	167,121.25	2,446,014.91	2.4460
3900	10.00	14.00	173,565.06	171,416.77	2,617,431.68	2.6174
3890	10.00	15.00	177,720.20	175,642.63	2,793,074.31	2.7931
3870	10.00	16.00	182,000.57	179,860.38	3,572,934.70	3.4802

Tabla 17: Elevación-Áreas- volúmenes parciales y acumulados del vaso de la presa

Fuente: Propia

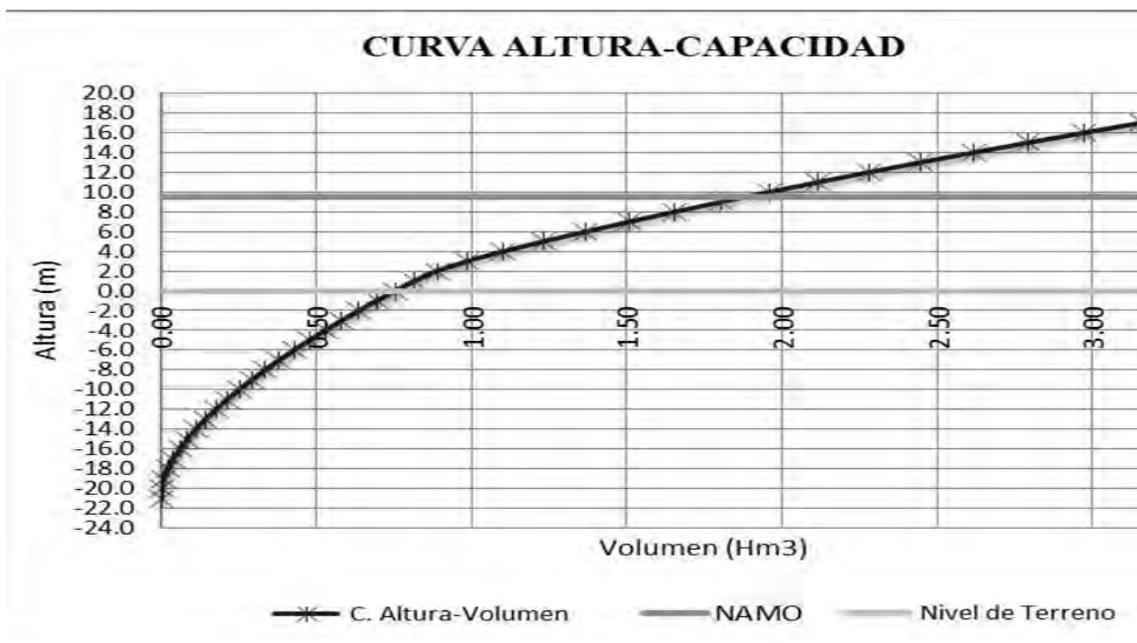


Grafico 05: Curva de Altura-Capacidad del vaso

Fuente: Propia

El grafico nos muestra que el volumen máximo o total que puede almacenar el vaso de la presa Secsepampa es de 3 572 200 m³.

5.10.8 OFERTA HIDRICA:

La Microcuenca Ichuanco cuenta con la siguiente oferta hídrica:

OFERTA HIDRICA												
MESES	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Q. medio (m ³ /s)	0.4121	0.5017	0.3011	0.0707	0.0208	0.0147	0.0149	0.0159	0.0199	0.0526	0.0934	0.2761
Volumen parcial(Hm ³)	1.104	1.214	0.780	0.189	0.054	0.039	0.040	0.038	0.053	0.136	0.250	0.716
Volumen total (Hm ³)	3.240											
Q 75% (m ³ /s)	0.3176	0.4019	0.1904	0.0478	0.0189	0.0138	0.0134	0.0141	0.0171	0.0351	0.0496	0.2310
Volumen parcial (Hm ³)	0.851	0.972	0.494	0.128	0.049	0.037	0.036	0.034	0.046	0.091	0.133	0.599
Volumen total (Hm ³)	2.46											

Tabla 18: Oferta hídrica de la microcuenca Ichuanco, caudal y volumen almacenable

Fuente: Propia

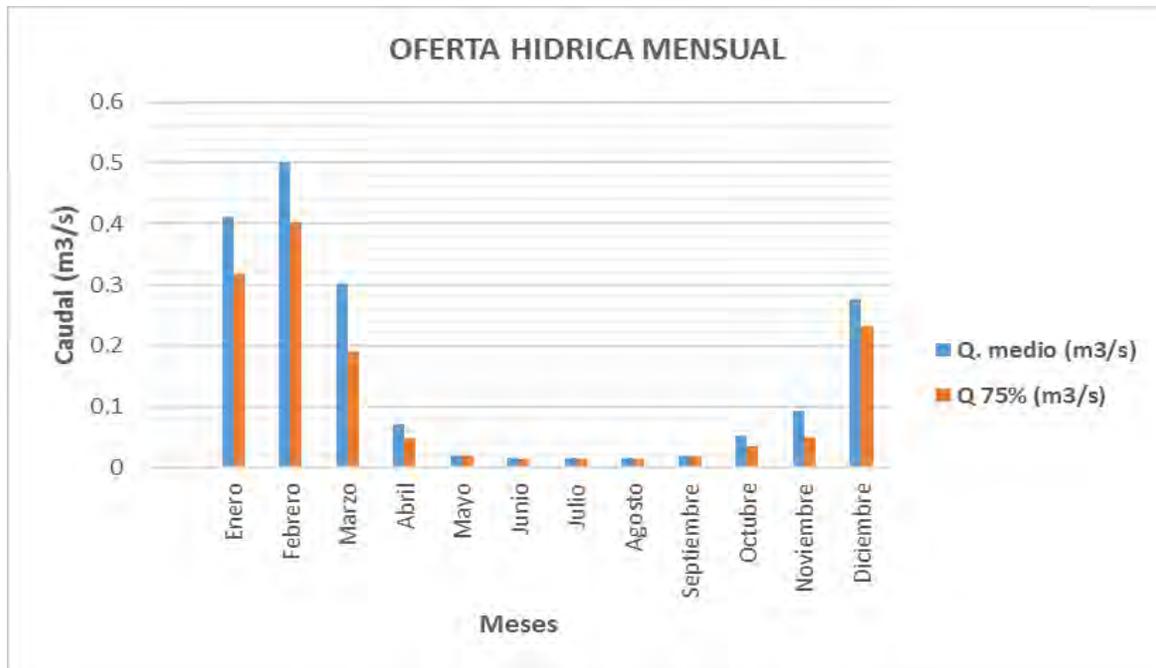


Grafico 06: Variación de caudal medio y al 75 % de persistencia ofertado por la microcuenca Ichuanco
Fuente: Propia

Se observa el caudal ofertado mensualmente, pero también el volumen que produce toda la cuenca durante el año, la que llega a un volumen de $V = 3.48 \text{ m}^3$, al 75 % de persistencia se almacena un volumen de 2.4 Hm^3 . Por lo que la presa requiere un volumen útil de $3\,480\,200 \text{ m}^3$ con lo que garantiza la ejecución del proyecto.

5.10.9 DEMANDA HIDRICA

La presa se fundará para almacenar 3.5 MMC para el abastecimiento de regadío de 120 hectáreas ubicados en la comunidad de Anasaya, por ende, se hace un análisis a la demanda de agua, la cual obedece al cálculo de coeficiente de cultivo (K_c), evapotranspiración potencial y precipitación efectiva en la zona de cultivo.

5.10.9.1 CEDULA DE CULTIVO

La cedula de cultivos en pleno desarrollo del proyecto considera prioritariamente cultivos de papa, trigo, haba, arveja, quinua, tarwi, kiwicha, oca, lisas hortalizas, avena forrajera y pastos cultivados.

CULTIVOS	SIN PROYECTO					CON PROYECTO			
	1° Camp.	Secano	2° Camp.	Total		1° Camp.	2° Camp.	Total	
	ha	ha		ha	%	ha		ha	%
MAIZ GRANO	46.0			46.0	17.0	54.1		54.1	20.0
PAPA	18.5			18.5	6.9	26.9		26.9	10.0
TRIGO	13.8			13.8	5.1	26.9		26.9	10.0
QUINUA	8.3			8.3	3.1	26.9		26.9	10.0
HABA GRANO	21.0			21.0	7.8	26.9		26.9	10.0
TARWI	6.4			6.4	2.4	13.6		13.6	5.0
HABA VERDE				0.0	0.0		40.5	40.5	15.0
HORTALIZAS (*)				0.0	0.0		40.5	40.5	15.0
AVENA FORRAJERA				0.0	0.0	26.9		26.9	10.0
CULTIVOS PERENNES				0.0	0.0			0.0	0.0
FRUTALES						13.6		13.6	5.0
PASTO CULTIVADO (1)	36.0			36.0	13.3	54.1		54.1	20.0
Sub Total Area cultivada	150.0	0.0	0.0	150.0	55.6	269.9	81.0	350.9	130.0
DESCANSO Y/O PASTO NATURAL	60.9	0.0		60.9	44.4			0.0	0.0
Total Area Explotada	210.9	0.0		210.9	100.0	210.9		210.9	130.0
Intensidad de Uso	0.56					1.30			

Tabla 19: Cedula de Cultivos e intensidad de uso de suelo.

Fuente: PLAN MERISS CUSCO.

5.10.9.2 ESTIMACION DE LA DEMANDA

CULTIVOS	%	AREA	COEFICIENTES DE USO CONSUNTIVO MENSUALIZADOS (Kc)											
		há	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN
AREA CULTIVADA		AREA	148.60	148.60	175.40	229.65	243.00	256.45	269.90	269.90	269.90	256.45	209.70	168.85
	%		55.06%	55.06%	64.99%	85.09%	90.03%	95.02%	100.00%	100.00%	100.00%	95.02%	77.70%	62.56%
Kc ponderado			0.79	0.84	0.80	0.82	0.71	0.72	0.85	0.83	0.82	0.67	0.69	0.80
ETP	mm		93.22	107.37	119.13	135.17	138.87	134.83	125.64	109.68	113.50	102.31	98.14	87.84
ETR (Consumo Teórico)	mm		74.08	89.90	95.27	110.37	98.22	97.56	106.75	91.41	93.22	68.36	68.06	70.13
PE 75 %	mm		2.14	3.05	11.82	43.91	50.17	100.00	113.76	122.21	102.64	35.28	2.99	2.92
Demanda unitaria neta	m ³ /há		719.44	868.45	834.50	664.61	480.55	-24.43	-70.05	-307.95	-94.18	330.78	650.66	672.06
Eficiencia de riego	%		0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52	0.52
Demanda bruta de agua	m ³ /há		1376.04	1661.06	1596.12	1271.19	919.12	-46.72	-133.99	-589.01	-180.13	632.68	1244.50	1285.42
Días por mes	días		31	31	30	31	30	31	31	28	31	30	31	30
Jornada de riego	horas		24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Modulo de riego	l/s/ha		0.51	0.62	0.62	0.47	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	0.24	0.46	0.50
Caudal de demanda en Captación	l/s		76	92	108	109	86	0	0	0	0	63	97	84
Caudal de demanda en Captación	m ³ /s		0.076	0.092	0.108	0.109	0.086	0.000	0.000	0.000	0.000	0.063	0.097	0.084
Volumen requerido por mes	m ³		204,480	246,834	279,960	291,928	223,347	0	0	0	0	162,251	260,972	217,044
VOLUMEN TOTAL REQUERIDO	m ³		3 500 250.5											
Eficiencia de Conduccion	0.970		Caudal medio regulado		60	l/s								
Eficiencia de Distribucion	0.980													
Eficiencia de Aplicación	0.550													
Eficiencia de Riego	0.523													

Tabla 21: Estimación de la demanda con proyecto,
Fuente: PLAN MERIS CUSCO.

5.10.10 BALANCE HIDRICO

En el balance hídrico de este proyecto se consideró el valor del caudal medio mensual ofertado de la microcuenca Ichuanco, los meses de superávit son enero, febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre, los meses de déficit son mayo, junio, julio, agosto, septiembre y octubre.

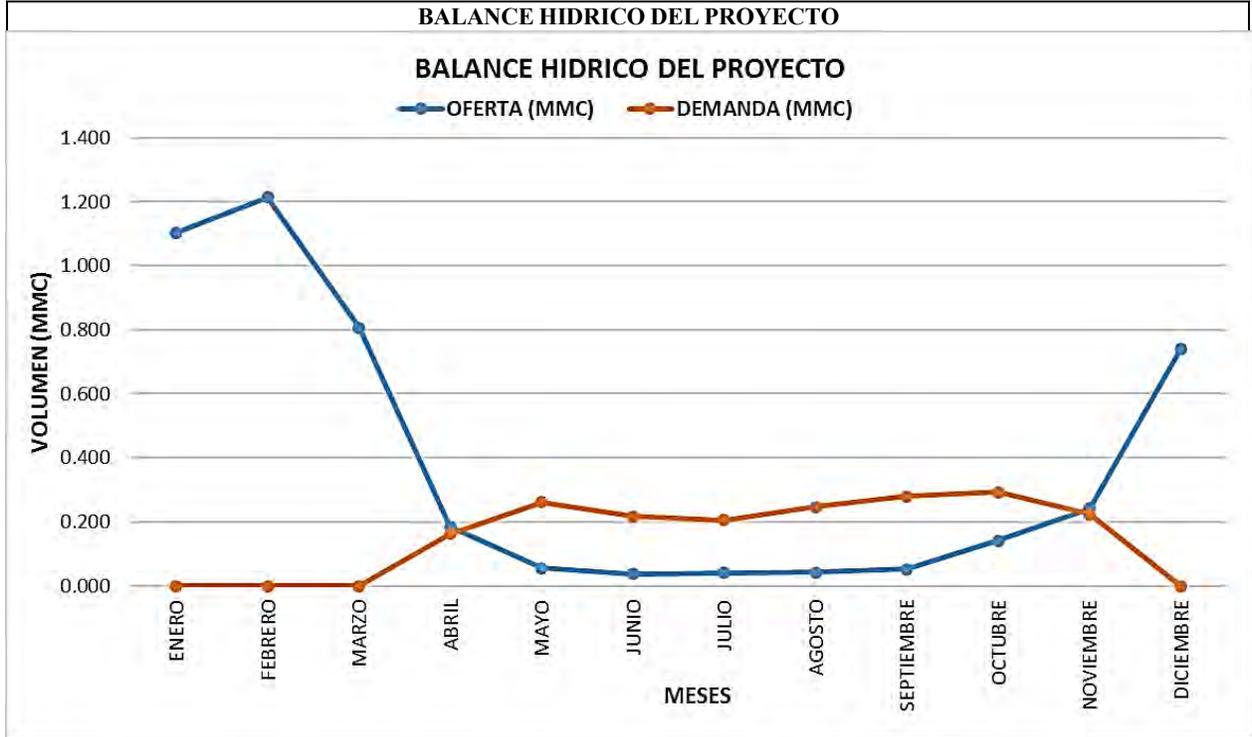


Grafico 07: Balance Hídrico del Proyecto.
Fuente: Propia

5.10.11 OPERACIÓN DE LA PRESA

La zona que se abastecerá con agua cuenta con 120 hectáreas, donde los meses de diciembre a marzo, por la presencia de lluvias, los cultivos no demandaran agua directamente de la presa, quizás excepcionalmente ante la ocurrencia de sequias, debiendo en esta circunstancia si soltar o dotar agua para los cultivos. La presa Secsepampa se aperturara en el mes de abril soltando un caudal promedio mensual de 75 l/s, hasta agotarse en el mes de diciembre.

CAPITULO VI: ASPECTOS GEOTECNICOS

6.1 GENERALIDADES

Se ha desarrollado durante 05 días en compañía de la supervisión y equipo de diseño del proyecto para la visita de campo y reconocimiento del eje y definición del mismo.

La evaluación ha consistido en hacer estudios de mecánica de suelos, rocas y canteras.

La excavación de calicatas con el apoyo de personal de la zona, cinta métrica, lampa y pico para el muestreo, bolsas y etiquetas. Así mismo se ha utilizado una posteadora para definir el espesor del material orgánico en el vaso de las presas.

6.2 CARACTERIZACION GEOMECANICA.

Para determinar las características geotécnicas del macizo rocoso de las areniscas de la formación Soncco, se ha realizado la valoración del macizo rocoso mediante el método de RMR de Bieniawski, para lo cual ha sido necesario la ubicación de estaciones geomecánicas de manera que con esta información se pueda realizar una interpretación de la dinámica estructural concurrente y que pueda tener influencia en la infraestructura proyectada.

6.3 ESTACIONES GEOMECANICAS.

Se han realizado estaciones geomecánicas los cuales han sido elegido los afloramientos del macizo rocoso de manera sistemática en cada uno de los tres ejes existentes en esta cuenca de Tojohuanca, de los que se han obtenido información importante para determinación la valoración del macizo rocoso. Los resultados de estas estaciones han permitido establecer la tendencia general de las fracturas cuya dirección dominante es NNW - SSW, lo que implica que tienen relación con la dirección de estratificación y otro sistema como accesoria de dirección NE-SW de modo casi perpendicular al primer sistema, lo que sugiere que la dirección de las fracturas está asociada a la dirección de estratificación y esfuerzos de las fallas lístricas.

6.4 ENSAYO DE RESISTENCIA DE LA MATRIZ ROCOSA.

Se han realizado ensayos de resistencia de la matriz rocosa mediante el ensayo de compresión simple (UCS) con el uso del Martillo de Smith o esclerómetro en el eje de la presa Seccepampa, con la finalidad de utilizar estos valores en la valoración del macizo rocoso mediante el método de RMR de Bieniawski, así como realizar los cálculos de capacidad portante admisible. Para dicho cálculo se ha utilizado la metodología normalizada.

Nro de ensayo	SECCEPAMPA I CUENCA DE TOJOHUANCA PARURO					
	SECCEPAMPA MARGEN IZQUIERDA		SECCEPAMPA ZONA CENTRAL LUTITAS		SECCEPAMPA MARGEN DERECHA	
	HORIZONTAL	DATOS VALIDOS	VERTICAL	DATOS VALIDOS	VERTICAL	DATOS VALIDOS
1	42		14		32	
2	44	44	15		28	
3	44	44	16	16	32	32
4	40		16		36	36
5	48	48	18	18	32	
6	44	44	16	16	28	
7	40		15		32	32
8	44	44	16	16	33	33
9	43		22	22	38	38
10	42		16		32	
Nro de valores Máx	48		22		38	
Nro de valores Min	40	44	14	16	28	32
Promedio	43.1	44.8	16.4	17.6	32.3	34.2
SD	2.3	1.8	2.2	2.6	3.1	2.7
CLASIFICACIÓN	80 - 90 Mpa		12.5 - 25 Mpa		50- 60 Mpa	
	DURA		BLANDA		MODERADAMENTE DURA	
						

Resultados de la resistencia a la compresión en la zona de Seccepampa I

Para hallar el valor de compresión simple a partir de cada uno de los puntos ensayados, se ha tomado como dato, la densidad de la roca obtenida 24 kN/m² para las areniscas y 22kN/m² para las lutitas, a partir de su masa y volumen de las muestras obtenidas.

Con valores obtenidos se tienen entre 50 y 90 Mp para el eje de la presa

Siendo los valores más bajos en las zonas de lutitas que tienen entre 15 y20 Mp cuyo afloramiento se encuentra en la zona central de embalse.

6.5 PESO ESPECIFICO.

Para obtener el peso específico se ha tomado como muestras rocas de los ejes de Seccepampa y Tojohuanca, cuyos resultados son los siguientes:

RESUMEN DE LA ROCA EVALUADA	
TIPO DE ROCA	Sedimentaria
NOMBRE DE LA ROCA	Arenisca
PESO ESPECIFICO	2.33 gr/cm ³

Tabla 23. Pesos específicos del tipo de roca en la zona de estudio.

Fuente: propio

6.6 ABSORCION.

El porcentaje de absorción de la Arenisca en muestra de mano de los ejes de Seccepampa y Tojohuanca han dado como resultado lo siguiente.

	Peso con humedad natural	Peso después de 24 hrs de sumergido	% de absorción
Muestra 1	1678	1647	1.8
Muestra 2	2350	2326	1.6

Tabla 24. Resultados de laboratorio de la prueba de absorción.

Fuente: propia.

6.7 CAPACIDAD PORTANTE ADMISIBLE PARA LOS MACIZOS ROCOSOS

La capacidad portante admisible de los macizos rocosos de los ejes de presas propuestas en la cuenca Tojohuanca ha sido obtenido mediante ensayos de esclerómetro in situ en los afloramientos de las márgenes derecha e izquierda, así como en la zona central donde se hallan la lutitas.

Se ha utilizado la metodología utilizada por los códigos americanos, inglés y el del ISRM, cuyo resumen se extracta en el siguiente cuadro.

SECCEPAMPA III CUENCA TOJOHUANCA PARURO								
UBICACIÓN	Valor promedio Esclerometro Mpa	Valor de la resistencia Mpa	RESITENCIA A LA COMPRESION			Capacidad portante Adm(kg/cm2)		
			Codigo americano	codigo Ingles (DIN 1054)	ISRM	Codigo americano	codigo Ingles (DIN 1054)	ISRM
Margen Izquierda	34.4	54	550.65	No considera	550.65	22.03	20.00	275.3
Zona central	35.6	56	571.04	No considera	571.04	22.84	20.00	285.5
Margen derecha (Base)	38	65	662.82	No considera	662.82	26.51	40.00	331.4

En base a estos resultados es recomendable utilizar el valor del código americano, dado que los valores son más conservadores y de alguna manera reflejan lo que se observa en campo.

6.8 CARACTERIZACION DE MECANICA DE SUELOS

6.8.1 UBICACIÓN DE LAS CALICATAS

Se realizó 06 calicatas en el eje proyectado de presa, en zonas estratégicas, como complemento para la determinación del perfil estratigráfico y posterior caracterización del suelo.

6.8.2 EXCAVACION DE LAS CALICATAS DEL VASO Y DIQUE

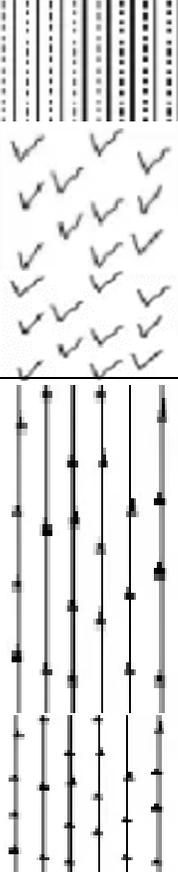
La finalidad de la excavación de las calicatas es el estudio del emplazamiento de la presa, el área de excavación superficial, verificar las densidades de campo donde se implantará la presa.



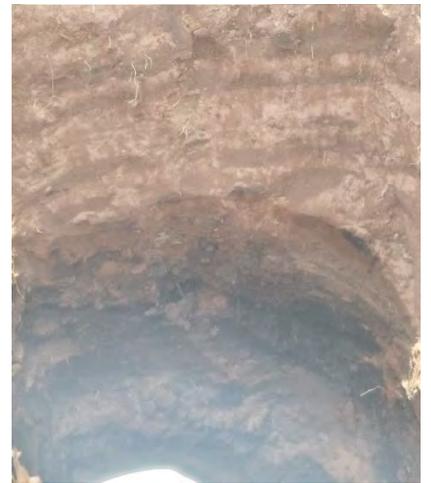
Fotografía 22, 23: Vista de la excavación de calicatas para la posterior caracterización del suelo.

Fuente: Propia

6.8.2.1 CALICATA 1 (FLANCO DERECHO):

SIMB	PROF	IMG	SUCS	N.F.	COLOR	DESCRIPCIÓN
	0		OH	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">NO PRESENTA N.F.</p>	Marrón rojizo	Suelo de cobertura de color marrón rojizo, con raíces de ichu y pasto.
	10		PT		Gris oscuro	Turbas de color negro de baja densidad con algunos bolones de hasta 30 cm de tamaño.
	20				SM	Gris oscuro.
30						
	40					
	50					
	60					
	70					
	80					
	90					
	100					
	110					
	120					
	130					
	140					

Fotografías Calicata:



Cuadro 07: Descripción Litológica de la calicata 01 con código C-01

Fuente: propia

6.8.2.2 CALICATA 2 (FLANCO DERECHO):

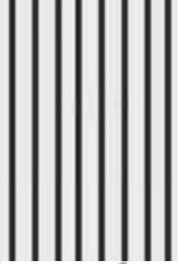
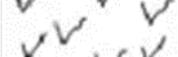
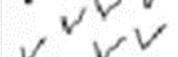
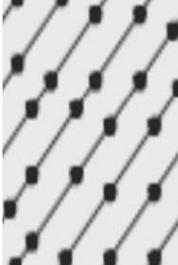
SIMB	PROF	IMG	SUCS	N.F.	COLOR	DESCRIPCIÓN		
	0 10 20 30 40 50 60		OH	NO PRESENTA N.F.	Pardo	Suelo Orgánico Agrícola en estado semi compacto con presencia de raíces.		
	70 80 90 100 110					PT	Gris Oscuro	Turba de color gris oscuro, en estado semi compacto con presencia de bolones de 30-35 cm. Aproximadamente.
	120 130 140 150 160						GM - SC	Gris claro.

Fotografías Calicata:



Cuadro 08: Descripción Litológica de la calicata 02 con código C-02
Fuente: Propia

6.8.2.3 CALICATA 3 (FLANCO IZQUIERDO):

SIMB	PROF	IMG	SUCS	N.F.	COLOR	DESCRIPCIÓN	
	0		OH	NO PRP PRESENTA N.F.	Marron rojiso	Suelo Organico Agricola en estado semi compacto con presencia de raíces.	
	10				ML	pardo	Limo de baja plasticidad en estado semi compacto
	20						
	30						
	40						
	50						
	60						
	70						
	80						
	90						
	100		PT	Gris oscuro	Turba de color gris oscuro, en estado semi compacto		
	110						
	120						
	130						
	140						
	150						
	160		SC	oscuro.	ARENA ARCILLOSA gris oscuro, en estado semi compacto, con 33.32 % de humedad, 13.92 % de grava, 40.98 % de arena y un 45.10 % de material fino que pasa la malla N°200. Con 37.25 % de Limite líquido. Limite plástico 28.15 %. Índice de plasticidad 9.1%.		
Fotografías Calicata:							

Cuadro 09: Descripción Litológica de la calicata 03 con código C-03

Fuente: Propia

6.8.2.4 CALICATA 4 (FLANCO IZQUIERDO):

SIMB	PROF	IMG	SUCS	N.F.	COLOR	DESCRIPCIÓN	
	0		ML	NO PRESENTA N.F.	Gris rojiso.	Suelo en estado semi compacto con presencia de raíces dispersas.	
	10						
	20						
	30						
	40						
	50						
	60						
	70						
	80						
	90						
	100						
	110						
	120						
	130						
	140						
			GM		Gris oscuro.	Grava limosa con arena (GM) de color gris oscuro, en estado semi compactado, con 12.49 % de humedad, 52.56 % de grava, 25.466 % de arena y un 21.99 % de material fino que pasa la malla N°200. Con limite liquido 30.67%, limite plástico 23.75 % e índice de plasticidad de 6.92%.	

Fotografías Calicata:



Cuadro 10: Descripción Litológica de la calicata 04 con código C-04
Fuente: Propia

6.8.2.5 CALICATA 5 (DIQUE):

SIMB	PROF	IMG	SUCS	N.F.	COLOR	DESCRIPCIÓN
	0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120		ML	NO PRESENTA N.F.	Pardo amarillento	Suelo en estado semi compacto con presencia de raíces dispersas.
			GM		Pardo.	Grava limosa arenosa (GM) de color pardo con presencia de lutitas, en estado compacto, con 4.31 % de humedad, 44.71 % de grava, 33.44 % de arena y un 21.84 % de material fino que pasa la malla N°200. Con limite liquido 29.67%, limite plástico N.P e índice de plasticidad NP.

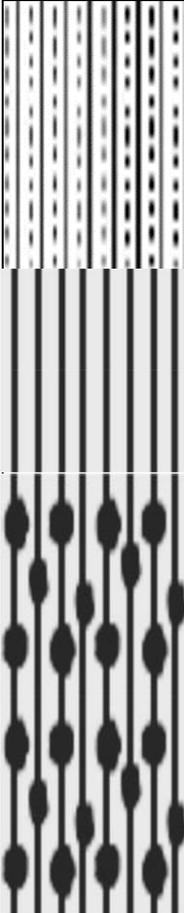
Fotografías Calicata:



Cuadro 11: Descripción Litológica de la calicata 05 con código C-05

Fuente: Propia.

6.8.2.6 CALICATA 6 (VASO):

SIMB	PROF	IMG	SUCS	N.F.	COLOR	DESCRIPCIÓN
	0		OH	NO PRESENTA N.F.	Gris claro.	Suelo Orgánico con abundancia de raíces en estado compacto con espesor de 0.50m.
	10					ML
	20		GM		Gris oscuro.	
30						
40						
50						
60						
70						
80						
90						
100						
110						
120						
130						
140						
150						
160						

Fotografías Calicata:



Cuadro 12: Descripción Litológica de la calicata 06 con código C-06
Fuente: Propia

6.8.3 INFORMACION DE LAS CALICATAS

En la zona de cimentación de la presa se han considerado 06 calicatas, correspondiendo 4 calicatas (C-01, C-02, C-03 Y C-04) en la zona del eje de presa, además permite esta analizar la fundación del aliviadero y su canal de evacuación. Y las otras 02 calicatas rodeando la presa y 02 puntos SPT en el eje del dique.

Se han encontrado niveles de gravas medianamente graduadas y arenas con un porcentaje menor, se presentan en la zona del estribo izquierdo representado por el cono aluvial (cono de deyección) hasta la cota 4100 mnsnm, por debajo del nivel de fundación, y en el estribo derecho se ubican las morrenas hasta la cota 4105 msnm.

UBICACION	GRANULOMETRIA			LIMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACION	CNT. HUMEDAD
	GRAVA (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)	L.L	L.P	I.P	SUCS	
CALICATAS DE CIMENTACION								
C-01	12.70	42.15	40.15	46.45	24.76	21.69	SM	24.20%
C-02	54.13	25.16	20.71	NP	NP	NP	GM-SC	20.93 %
C-03	13.92	40.98	45.10	37..25	28.15	9.1	SC	33.32 %
C-04	52.56	25.46	21.99	30.67	23.75	6.92	GM	12.49 %
C-05	44.71	33.44	21.84	29.67	NP	NP	GM	4.31 %
C-06	54.13	25.16	20.71	NP	NP	NP	GM	14.93

Tabla 25: resultados obtenido en laboratorio de suelos de las muestras extraídas.

Fuente: Laboratorio de Suelos Geoming Service

ITEM	SECTOR ICHUANCO	PUNTO DE EXPLORACIÓN	COORDENADAS UTM			TIPO DE EXPLORACIÓN	CON FINES DE	FORMACIÓN GEOLÓGICA
			NORTE	ESTE	ALTITUD			
1	PARURO ICHUANCO	- CALICATA 01	8486382	189191	4117	CALICATA	CIMENTACIÓN	LUTITAS DE LA FORMACION KAYRA
2	PARURO ICHUANCO	- CALICATA 02	8486157	189316	4113	CALICATA	CIMENTACIÓN	LUTITAS DE LA FORMACION KAYRA
3	PARURO ICHUANCO	- CALICATA 03	8486133	189258	4104	CALICATA	CIMENTACIÓN	LUTITAS DE LA FORMACION KAYRA
4	PARURO ICHUANCO	- CALICATA 04	8486060	189344	4106	CALICATA	CIMENTACIÓN	ARENISCAS DE LA FORMACION SONCCO)
5	PARURO ICHUANCO	- CALICATA 05	8486042	189374	4105	CALICATA	CIMENTACIÓN	ARENISCAS DE LA FORMACION SONCCO)
6	PARURO ICHUANCO	- CALICATA 06	8485998	189309	4099	CALICATA	CIMENTACIÓN	ARENISCAS DE LA FORMACION SONCCO)
7	PARURO ICHUANCO	- PUNTO 01	8486034	189334	4103	ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR	CIMENTACIÓN	ARENISCAS DE LA FORMACION SONCCO)
8	PARURO ICHUANCO	- PUNTO 02	8485995	189375	4101	ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR	CIMENTACIÓN	ARENISCAS DE LA FORMACION SONCCO)

Cuadro 13: Ubicación de los puntos estratégicos de exploración.

Fuente: Propia

6.8.4 EXPLORACIÓN MEDIANTE ENSAYO DE PENETRACION ESTANDAR

De acuerdo a la norma NTP 339.150 (ASTM D 2488) En los puntos de Exploración se realizó una observación minuciosa, la clasificación visual de los materiales encontrados de acuerdo con los procedimientos del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

De acuerdo a la norma NTP 339.159 (DIN 4094) Con el objeto de llegar a mayores profundidades y obtener a través de correlaciones propiedades de resistencia mecánica y propiedades índices, se han realizado ensayos con SPT en los lugares de ubicación de los puntos de exploración realizadas a la profundidad de excavación.

Se muestra a continuación los perfiles estratigráficos en los puntos investigados.

Numero de golpes necesarios para penetrar o.15m	m	GOLPES
	0.0-0.15	2
	0.15-0.30	2
	0.30-0.45	2
	0.45-0.60	2
	0.60-0.75	3
	0.75-0.90	3
	0.90-1.05	11
	1.05-1.20	12
	1.20-1.35	12
	1.35-1.50	13
	1.50-1.65	13
	1.65-1.80	11
	1.80-1.95	12
	1.95-2.10	11
	2.10-2.25	15
	2.25-2.40	20
	2.40-2.55	27
	2.55-2.70	30
	2.70-2.85	45
2.85-3.00	rechazo	

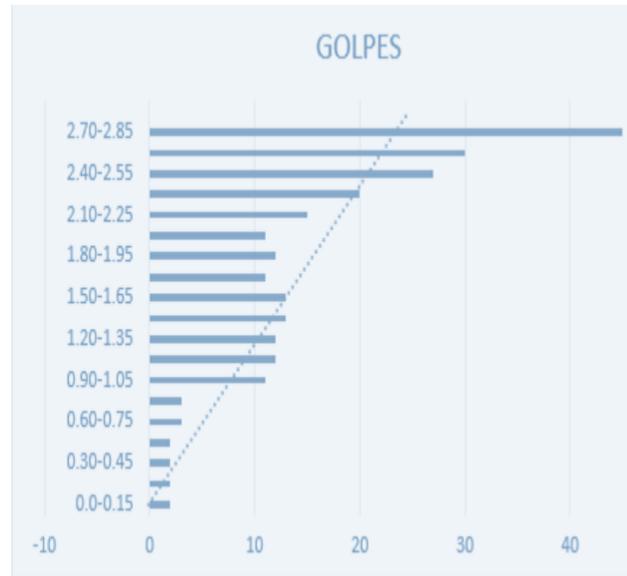


Diagrama de numero de golpes por cada 0.15m.

Tabla 26: en el cuadro se muestra los resultados obtenidos en el ensayo spt del punto 1 .(ZONA DIQUE FLANCO DERECHO)

Fuente: propia

Nu mer	PROFUNDIDAD	GOLPES
	0.0-0.15	1

0.15-0.30	2
0.30-0.45	2
0.45-0.60	2
0.60-0.75	3
0.75-0.90	2
0.90-1.05	3
1.05-1.20	2
1.20-1.35	4
1.35-1.50	2
1.50-1.65	5
1.65-1.80	6
1.80-1.95	5
1.95-2.10	7
2.10-2.25	11
2.25-2.40	22
2.40-2.55	23
2.55-2.70	22
2.70-2.85	25
2.85-3.00	27
3.00-3.15	22
3.15-3.30	27
3.30-3.45	30
3.45-3.60	33
3.60-3.75	35
3.75-3.90	40
3.90-4.05	42
4.05-4.20	45
4.20-4.35	rechazo

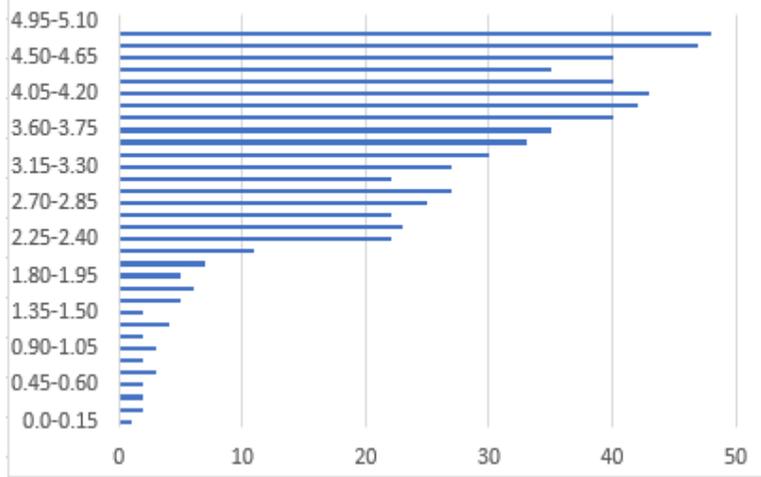


Diagrama de numero de golpes por cada 0.15m.

Tabla 27: en el cuadro se muestra los resultados obtenidos en el ensayo spt del punto 2. (ZONA DE EMBALSE)

Fuente: propia

Correlación de N_{spt} con respecto a N_{ctp}

$$N_{spt} = 0.5 * N_{ctp}$$

Donde:

- N_{spt} = número de golpes por cada 30 cm. De penetración en el ensayo estándar de penetración.
- N_{ctp} = número de golpes por cada 30 cm. De penetración con el cono tipo Peck.

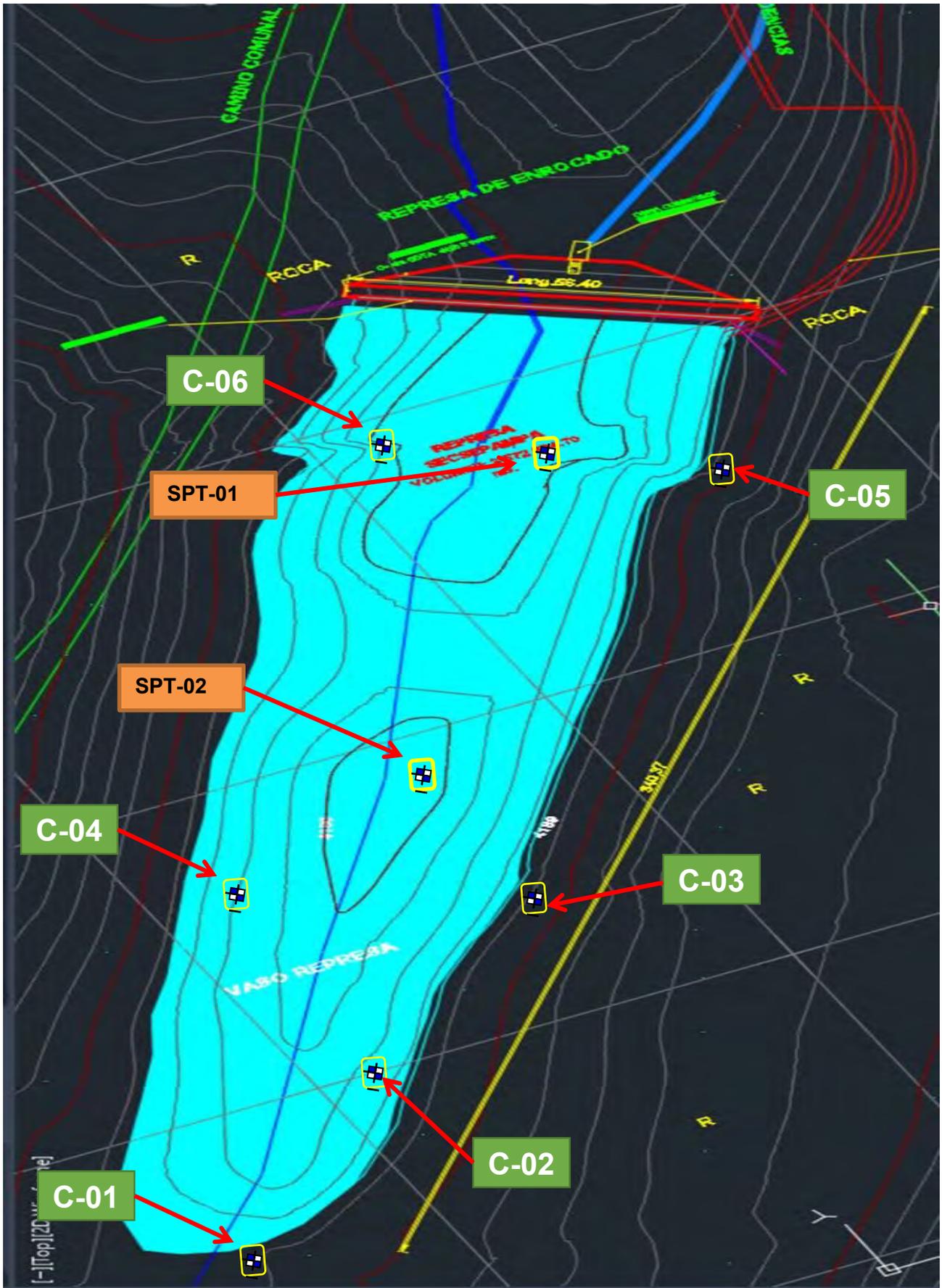
Asumiendo un N_{spt} Promedio = 40

- Asumiendo un N_{spt} Corregido por presencia de Nivel Freático

$$N = 15 + \frac{N' - 15}{2}$$

Asumiendo un N_{spt} Corregido
Promedio = 26

Figura muestra: Distribución de las investigaciones de campo en zona de presa y vaso



6.8.5 DATOS PRINCIPALES DE LA REPRESA SECSEPAMAPA.

Altura (m)	CALCULO DEL VOLUMEN (SECSEPAMAPA)				
	Altitud msnm.	Área (m ²)	Volumen Parcial(m ³)	Volumen Acumulado(m ³)	Volumen Ajustado(m ³)
0.00	4184.50	143,273.84	141,159.99	1,509,080.37	1.5091
0.50	4185.00	147,362.38	145,318.11	1,654,398.47	1.6544
1.00	4185.50	151,534.00	149,448.19	1,803,846.66	1.8038
1.50	4186.00	156,122.63	153,828.31	1,957,674.98	1.9577
2.00	4186.50	160,670.36	158,396.49	2,116,071.47	2.1161
3.50	4187.00	164,974.02	162,822.19	2,278,893.66	2.2789
4.00	4187.55	169,268.49	167,121.25	2,446,014.91	2.4460
4.50	4188.00	173,565.06	171,416.77	2,617,431.68	2.6174
5.00	4188.50	177,720.20	175,642.63	2,793,074.31	2.7931
5.50	4189.00	182,000.57	179,860.38	3,572,934.70	3.5729
5.500	4189.00				
					NAMO
C.FONDO(NAMINO)-COTA MAXIMA(CORONA)-HP				ALTURA NAMO(m)	5.500
C.F(NAMINO)+C.F(NAMO)+BLN=HP				COTA NAMO	4184.500
BORDO LIBRE NORMAL-COTA CORONA-NNA				COTA NAMIN	4189.400
BORDO LIBRE MINIMO-COTA CORONA DE LA PRESA-N _{Max} A				COTA NAME	1.500
				BORDO LIBRE	4191.00
				COTA CORONA(m)	3,572,934.70
				VOLUMEN EMBALSE	7.00
				ALTURA PRESA	75.610
				Q cap(lts/seg)	

Tabla 28: Volumen de almacenamiento de la presa Secsepampa.

Fuente: Propia

6.8.6 ANALISIS DE LOS RESULTADOS EN EL AREA DEL EMPLAZAMIENTO DE LA PRESA.

Es prudente resaltar que en el proceso de investigaciones se tenía una información preliminar de la sección de presa y de su tratamiento de fundación. A medida que se realizaba las investigaciones y los resultados que se iban obteniendo se adecuaba el esquema de la sección de presa conforme a los materiales que se estudiada en los límites aceptables a fin de no presentar un proyecto económicamente irrealizable.

Igual con el tratamiento de fundación los resultados que se iban obteniendo los resultados para la validación de una fundación impermeable y con procesos particulares de resistencia a la carga hidráulica aplicada.

Sin embargo, se presenta en el esquema final y su desarrollo para logra estas secciones conjuntas.

6.8.7 GEOMETRIA DEL CUERPO DE LA PRESA

Las principales características geométricas de la sección tipo de presa son las siguientes:

- Altura de presa = 7.0 m
- Ancho de coronación = 4.5. metros.

Formulación de la presa desarrollada en el proceso del estudio:

- Núcleo impermeable con dentellón.
- Filtros de transición aguas arriba y abajo dren aguas abajo.
- Espaldones primarios de la presa conformada por materiales morrenicos.
- Taludes de enrocado con amplias bermas, unas aguas arriba y dos aguas abajo.
- Pantalla impermeable conectada al núcleo de la presa.
- Cortina de inyecciones debajo de la pantalla impermeable.

6.8.8 CONDICIONES GEOLOGICAS DEL EMPLAZAMIENTO

Como resultado del estudio e interpretación geológica se parte el estudio geotécnico con las premisas siguientes:

El material existente en los flancos corresponde a materiales rocosos en la zona de cimentación, están conformados mayormente por suelos gravosos con arenas y escasa cantidad de arcillas.

También, están conformados por gravas limosas (SM) en los niveles superiores entre 1 y 2 m de profundidad debajo de la superficie, gravas arcillosas (GC) y gravas limosas arcillosas (GM-GC).

Las calicatas realizadas en el área del emplazamiento conllevan recomendar una limpieza general del estribo y un dentellón más profundo de la zona impermeable de la presa.



Fotografía 24,25,26: La figura muestra algunos ensayos in situ.
Fuente: Propia

6.8.9 PERFIL ESTRATIGRAFICO DEL EJE DE LA PRESA

La estratigrafía para eje de presa muestra en general como primer estrato material orgánicos compuesta por arcillas con limos orgánicos de color pardo, presenta raíces, comprendido entre un espesor de 0.1 a 0.30 metros el segundo estrato tiene una potencia de 0.8 a 1.0 metros, está compuesto en gran mayoría de turbas, en algunos casos gravas limosas con bajo contenido de arena en general y arcillas de alta plasticidad.

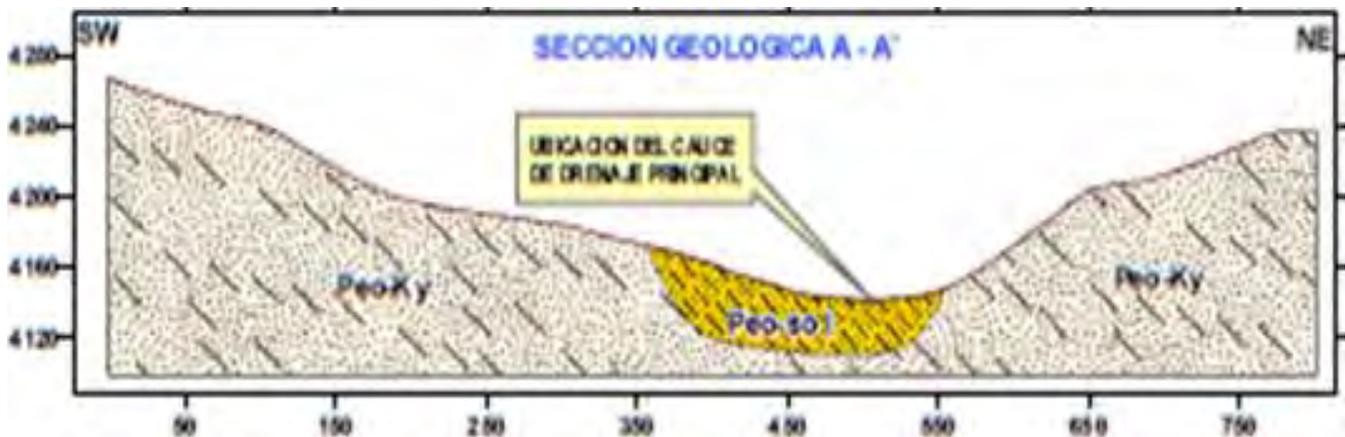


Imagen 09: Perfil estratigráfico en el eje de presa proyectado.

Fuente: Propia

6.8.10 EVALUACION GEOTECNICA DE LA PRESA

Se realizó la evaluación geotécnica del este de la presa. Observándose que los flancos de la cerrada se caracterizan por estar constituidos por afloramientos rocosos sedimentarios, tipo de areniscas y lutitas sobre las cuales se han depositado capas de arcillas, gravas, fragmentos grandes y pequeños de los afloramientos circundantes al eje de la presa también se ha visualizado capas de arenas limosas de baja plasticidad (SM) intercalados erráticamente con depósitos de arcillas y limos arenosos de coloraciones parduscas y marrones.

En general los perfiles estratigráficos mostrados en las excavaciones tienen similares características.

Nivel superior. 20 cm de suelo de cobertura de color marrón rojizo, con raíces de ichu y pasto.

Nivel medio: 90 cm de turbas de color negro de baja densidad con algunos bolones de hasta 30 cm de tamaño.

Nivel inferior. Este nivel se ha logrado excavar 30 cm de lutitas marrón rojizas alteradas y corresponde a arenas limosas con escasa cantidad de arcillas.

Debajo de ese nivel alterado se halla el basamento rocoso de la formación Soncco.

En la margen izquierda detrás del macizo rocoso, se encuentra el nivel del basamento rocoso debajo de una cobertura de suelo orgánicos de 0.30m de espesor y 0.40 de suelos alterados de lutitas y limolitas de color marrón.

El macizo rocoso del eje de la presa presenta buenas características geotécnicas y geomecánicas en lo que se refiere a su resistencia, elasticidad y estabilidad y en cuanto a la valoración de su RMR y RQD.

6.8.11 EVALUACION GEOTECNICA DEL VASO DE LA PRESA

Se ha evaluado las características del vaso tanto en los cortes naturales existentes como en las laderas habiendo llegado a las siguientes consideraciones:

La permeabilidad de la zona del vaso contempla la clasificación SUCS de los materiales constituyentes de la cimentación para la presa es SM-ML se considera que es semipermeable lo cual favorecería la construcción de la presa (semipermeable) cabe indicar el total del vaso se encuentra estable, el agua que llenará el vaso será del río y los mandantes que se encuentran en los flancos y laderas del vaso.

6.9 CARACTERIZACION FISICO MECANICA DEL SUELO

De acuerdo al nivel de estudio requerido, se procedió a la realización de ensayos y análisis de las muestras siguiendo las normas y procedimientos de la American Society for Testing and Materials (A.S.T.M) y normas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones cuya relación es la siguiente.

NORMA	DENOMINACION
NTP 339.126.1998	SUELOS, Métodos para la reducción de las muestras de campo a tamaños de muestras de ensayo
NTP 339.127.1998	SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de Humedad de un suelo
NTP 339.128.1998	SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico
NTP 339.129.1998	SUELOS. Método de ensayo para determinar el limite líquido, limite plástico, e índice de plasticidad de suelos
NTP 339.131.1998	SUELOS. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de los solidos
NTP 339.132.1998	SUELOS. Método de ensayo para determinar el material que pasa el tamiz N° 200
NTP 339.134.1998	SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería S.U.C.S.
NTP 339.135.1998	SUELOS. Clasificación de suelos para uso en vías de transporte

NTP 339.139.1999	SUELOS. Determinación del peso Volumétrico de suelos Cohesivos
------------------	--

Cuadro 16: normas A.S.T.M. para ensayos de laboratorio

FUENTE: (Dirección General de Políticas y Regulaciones en Construcción y Saneamiento, 2018)

6.9.1 CALCULO DEL RMR DE BIENIAWSKI

Para determinar el RMR (ROCK MASS RATING) o clasificación del macizo rocoso se utilizó el cuadro de clasificación Geomecánicas de Bieniawski 1989.

SISTEMA DE RMR (Según Bieniawski 1989).									
A. PARÁMETROS DE CLASIFICACIÓN Y SUS VALORACIONES									
Parámetro		Rango de valores							
1	Resistencia del material de la roca intacta	Índice de resistencia bajo carga puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para este rango es preferible un ensayo de compresión simple		
	Resistencia a la compresión simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa	
Puntuación		15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD Calidad del testigo de perforación	90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%			
	Puntuación		20	17	13	8	3		
3	Espaciado entre discontinuidades	>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm			
	Puntuación		20	15	10	8	5		
4	Condiciones de las discontinuidades (Ver E)	Superficies muy rugosas Discontinuas No hay separación Paredes intactas	Superficies ligeramente rugosas Separación <1mm Paredes ligeramente meteorizadas	Superficies ligeramente rugosas Separación <1mm Paredes altamente meteorizadas	Superficies pulidas o relleno de falla < 5mm de espesor o separación 1-5mm Continuas	Relleño de falla suave > 5mm de espesor o separación > 5mm Continuas			
	Puntuación		30	25	20	10	0		
5	Agua subterránea	Afluencia por 10 m de longitud del túnel (l/m)	Ninguna	<10	10-25	25-125	>125		
	(Presión de agua en las juntas) / (σ principal mayor)		0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5		
	Condiciones generales		Completamente seco	Húmedo	Mojado	Goteando	Fluyendo		
Puntuación		15	10	7	4	0			
C. CLASES DE MACIZOS ROCOSOS DETERMINADOS A PARTIR DE LA PUNTUACIÓN TOTAL									
Valoración	100-81		80-61	60-41	40-21	<21			
Categoría	I		II	III	IV	V			
Descripción	Roca muy buena		Roca buena	Roca regular	Roca mala	Roca muy mala			
D. SIGNIFICADO DE LAS CLASES DE ROCA									
Categoría	I		II	III	IV	V			
Tiempo promedio de auto soporte	20 años para tramo de 15 m		1 año para un tramo de 10 m	1 semana para tramo de 5m	10 hrs. Para tramo de 2.5 m	30 min para tramo de 1 m			
Cohesión del macizo rocoso (kPa)	>400		300-400	200-300	100-200	<100			
Ángulo de fricción del macizo rocoso (grados)	>45		35-45	25-35	15-25	<15			

Cuadro 17. sistema de RMR según Bieniawski
Fuente: Libro de geotecnia y cimentaciones

En base a 6 medidas tomadas en un área aproximada de 500 m² en cada una de las evaluaciones se han clasificado el valor RMR según Bieniawski, (1989), se ha obtenido la siguiente valoración del macizo rocoso. CLASE III de en todos los casos como calidad media para túneles, cimentación y taludes.

DETERMINACION DEL VALOR DE RMR (ROCK MASS RATING)

1.- RESISTENCIA DE LA ROCA INTACTA (Ensayo de Carga Puntual)						30.0 Mpa	
Rango de valores	> 250	100 - 250	50 - 100	25 - 50	5 - 25	1 - 5	< 1
Puntaje	15	12	7	4	2	1	0
Valoración :							4

2.- VALOR DE RQD (Rock Quality Index)						41 %	
Rango de valores	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	< 25		
Puntaje	20	17	13	8	3		
Valoración :							8

3.- ESPACIADO DE LAS DISCONTINUIDADES						0.40 m	
Rango de valores	> 2	0.6 - 2	0.2 - 0.6	0.06 - 0.2	< 0.06		
Valoración :							10

4.- CONDICIÓN DE LAS DISCONTINUIDADES							
Persistencia de las discontinuidades						3 m	
Rango de valores	< 1	1 - 3	3 - 10	10 - 20	> 20		
Puntaje	6	4	2	1	0		
Valoración :							2
Separación (apertura)						4 mm	
Rango de valores	Ninguno	< 0.1	0.1 - 1.0	1 - 5	> 5		
Puntaje	6	5	4	1	0		
Valoración :							1
Rugosidad						SR	
Condición	Muy rugosa VR	Rugosa R	Ligeramente rugosa SR	Lisa L	Superficie pulida SK		
Puntaje	6	5	3	1	0		
Valoración :							3
Relleno						4 mm	
Rango de valores	Ninguno	Duro < 5	Duro > 5	Blando < 5	Blando > 5		
Puntaje	6	4	2	2	0		
Marque con X el tipo de relleno : Blando : X Duro :						Valoración :	
Meteorización						MW	
Puntaje	20	Ligeramente intemperizada SW	Modera- damente intemperizada MW	Alta- mente intemperizada HW	Completa- mente intemperizada CW		
Condición	No intemperizada UW						
Puntaje	6	5	3	1	0		
Valoración :							3

5.- CONDICIONES GENERALES DEL AGUA SUBTERRANEA						DM	
Condición	Completamente seca CD	Humeda DM	Mojada WT	Goteo DP	Flujo FW		
Puntaje	15	10	7	4	0		
Valoración :							10

6.- AJUSTE POR ORIENTACION DE LAS DISCONTINUIDADES						FR	
Orientaciones del rumbo y buzamiento		Muy Favorable VF	Favorable FV	Regular FR	Desfavorable UF	Muy desfavorable VU	
Puntaje según el tipo de trabajo	Túneles y minas (T)	0	-2	-5	-10	-12	
	Cimentaciones (F)	0	-2	-7	-15	-25	
	Taludes (S)	0	-5	-25	-50	-60	

Cuadro 18: Resumen de resultados RMR de Bienawski.

Fuente: propia

VALOR DE RMR		
RMR Básico	:	43
RMR Ajustado	:	36
RMR89 (condiciones secas y muy favorables)	:	48
Cohesión (c)	:	215
Angulo de fricción interna (°)	:	26.5

Cuadro 19: Clasificación del macizo rocoso punto 01.

Fuente: Municipalidad distrital de Paruro.

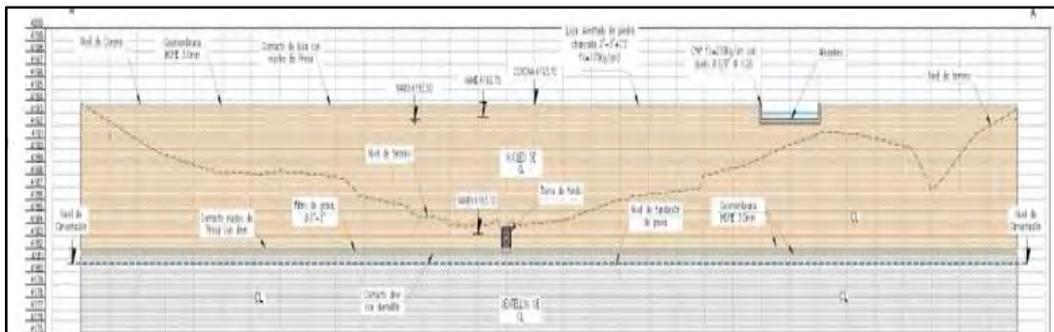
6.9.2 SELECCIÓN DEL TIPO DE PRESA

Existe una variedad de presas de acuerdo al uso, materiales que conforman, entre otros, pero para este proyecto se escoge una presa de enrocado, con pantalla impermeabilizada aguas arriba y cubierto con geomembrana de 3mm con vertederos tipo aliviaderos en la margen derecha.

6.9.3 TIPO DE CIMENTACION

El tipo de cimentación será superficial, donde de acuerdo a la naturaleza del terreno, la presión transmitida por el dique de represamiento será absorbida por los suelos y rocas de mediana a alta densificación.

El nivel de desplante del dique de represamiento se pretende cimentar a una profundidad de 2.80 metros con respecto al fondo de valle del área de fundación, debido que a esa profundidad se alcanza una capacidad de carga óptima,. además, se propone realizar una cimentación rectangular, como una plataforma, a ello, colocar una sub base de 0.20 m de espesor, tipo GC compactado, con una base de tipo solado de 0.60 m de espesor para garantizar la estabilidad de la presa, sobre ello armar el enrocado de la presa con un 70 % de roca y 30 % de concreto $f_c=175 \text{ kg/cm}^2$.



6.10 CANTERAS DE AGREGADOS.

6.10.1 CANTERA ICHUANCO.

6.10.1.1 Ubicación

Está ubicada a 150 m del área del eje de presa, en el punto más cercano y 620 m en su punto más alejado.

6.10.1.2 Prospección de la cantera

Por las características lito técnicas de la zona de cimentación de las presas propuestas Seccepampa, estas pueden ser diseñadas de enrocado, de gravedad o de tierra, ya que el basamento rocoso que se encuentra a 2.40 m de profundidad del nivel del suelo en Seccepampa. Siendo así, se ha prospectado canteras de roca, de agregados y piedra que pueden ser utilizados para la conformación de los diques.

6.10.2 CANTERAS DE ROCA

En la zona del emplazamiento de los diques y proximidades existen bloques de rocas de areniscas cuarcíticas y areniscas feldespáticas con una resistencia a la compresión entre 30 y 60 Mpa , equivalente a 306 kg/cm² y 611 kg/cm² respectivamente , lo que implica una buena calidad de roca para construcción, esta característica se puede evidenciar en los afloramiento rocosos que se alinean en bancos de 3 a 4m de espesor y que pueden ser aprovechados eficientemente.

6.10.3 COMPACTACION DE SUELO PARA CANTERA

La relación de humedad y densidad compactada que alcanza este suelo se hizo el ensayo de proctor modificado mediante la norma ASTM D1557, donde se alcanzó una humedad optima de 22.11 % y una densidad seca máxima de 1.56 Tn/m³.

MUESTRA	GRAVEDAD ESPECÍFICA	CONSOLIDACIÓN			PRÓCTOR MODIFICADO	
		ESFUERZO DE PRE-CONSOLIDACIÓN (Pc)	INDICE DE CONTRACCIÓN (Cc)	INDICE DE EXPANSIÓN (Cs)	DMS	CHO
M-01	1.79 gr/cm ³	0.00 kg/cm ²	0.0590	0.0100	1.56 gr/cm ³	22.11 %
M-02	1.68 gr/cm ³	0.00 kg/cm ²	0.2198	0.0347	1.41 gr/cm ³	20.99 %

Tabla 29: Propiedades de consolidación

Fuente: Propia

6.10.4 METODOS DE EXPLOTACION

Se propone realizar el recojo de material suelto producto de la caída de los macizos rocoso y que encuentran en los taludes laterales ligeramente enterrados por suelos cuaternarios de cobertura, sin embargo, en las proximidades de los ejes, existen afloramientos con fracturas que pueden ser aprovechados para romper estos afloramientos mediante gatos hidráulicos como se hacen en la explotación de piedras ornamentales y no se hace uso de explosivos. Tal como se puede ver en la figura inferior donde se muestra gatos hidráulicos que pueden mover hasta 120 toneladas de peso.



Fotografía 27, 28: Bloques sueltos y macizos rocosos fracturados que pueden ser removidos con gatos hidraulicos.

Fuente: propio

6.10.5 CANTERA PARA DISEÑO DE MEZCLA

6.10.6 AGREGADO GRUESO

Se ha obtenido muestras de agregados del río Apurímac en el puente de Cusibamba, cuyas características físico mecánicas son adecuadas como agregados gruesos y finos, cuyos volúmenes sobrepasan los 200 000m³ explotables que deben ser zarandeados. Actualmente estos agregados son explotados y utilizados en Paruro y proximidades.



Fotografías 29, 30: Cantera de agregados de Cusibamba

Fuente: propio

6.10.7 AGREGADO FINO

Se ha realizado la prospección de canteras para material de préstamo, considerando que una de las posibilidades para el diseño del dique de presa en las zonas de los vasos que presentan llanuras y en las proximidades del eje de presa propuesto Tojohuanca.

6.10.8 CANTERAS EN LLANURA DE FONDO DE VALLE

Se ha prospectado en las llanuras del fondo de valle, que corresponden a los vasos de las presa propuestas considerando que debajo de estos suelos cuaternarios se hallan dispuestos el basamento rocoso de la Formación Soncco conformadas por limolitas y lutitas, que por alteración forman suelos arenosos limosos con arcillas los que han sido clasificados como limos arenosos mayormente ML y arcillas (CL) en un nivel delgado en la zona del eje de Seccepampa I

Estos materiales clasificados como finos tienen en general en los fondos de valle un promedio de 0.60m a 1.00 m alterados que pueden ser explotados con maquinaria pesada(excavadora), que pueden servir como núcleo de los diques.

El volumen estimado puede alcanzar a 40 000m³ en el vaso de Seccepampa II, un aproximado de 30 000 m³ en el vaso de Seccepampa I.

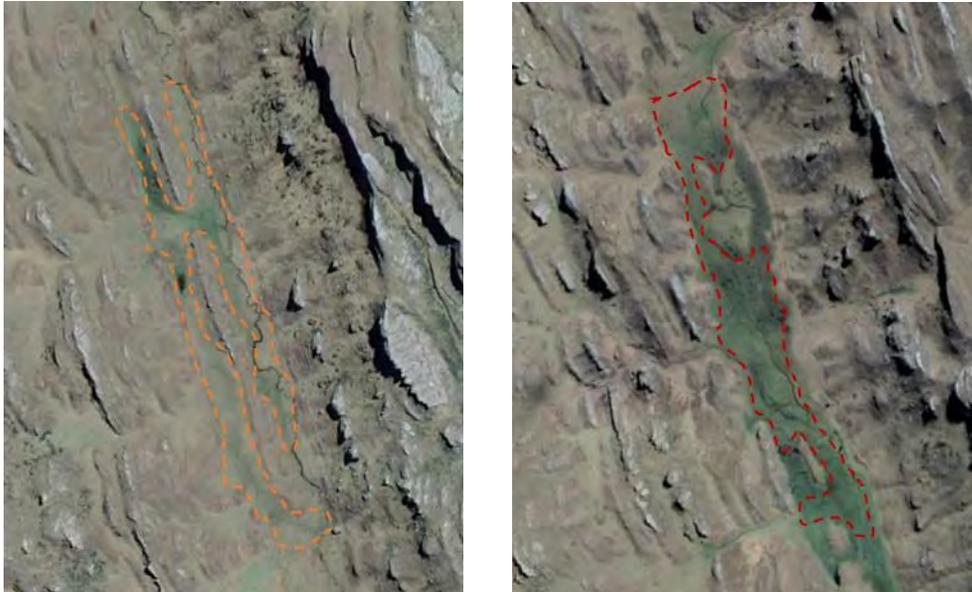


Imagen 10, 11: Áreas explotables para canteras de material de préstamo de finos

Fuente: propio

6.11 COSTOS Y PRESUPUESTOS

El costo directo de la obra esta valorizados en S/. 7,500,250.00.

COSTO DIRECTO PARA LA CONSTRUCCION DE LA OBRA				
Item	Descripción	Und.	Metrado	Parcial (S/.)
01	ALMACENAMIENTO CCOMERCCOCHA			4,962,627.27
01.01	PRESA CCOMERCCOCHA (CFRD) (V= 1.063 Hm3)			4,962,627.27
01.01.01	OBRAS PRELIMINARES			216,960.16
01.01.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL			13,049.94
01.01.01.01.01	LIMPIEZA DE TERRENO MANUAL	m2	6,557.76	13,049.94
01.01.01.02	CAMPAMENTO MOVIL A PIE DE OBRA			30,000.00
01.01.01.02.01	CAMPAMENTO MOVIL A PIE DE OBRA (5 usos calamina y madera)	m2	400.00	30,000.00
01.01.01.03	CARTEL DE OBRA			1,068.93
01.01.01.03.01	CARTEL DE OBRA DE 2.40 m x 3.60 M	und	1.00	1,068.93
01.01.01.04	CAMINOS DE ACCESO			2,604.77
01.01.01.04.01	CAMINOS DE ACCESO- APERTURA DE TROCHA CARROZABLE	KM	0.15	2,604.77
01.01.01.05	TRAZO, NIVELACION Y CONTROL DE RASANTE			42,297.55
01.01.01.05.01	TRAZO, NIVELACION Y REPLANTEO	m2	19,673.28	42,297.55
01.01.01.06	TRANSPORTE DE MATERIALES A PIE DE OBRA			127,938.97
01.01.01.06.01	TRANSPORTE DE CEMENTO CUSCO A PIE DE OBRA	BOL		107,332.52
01.01.01.06.02	TRANSPORTE DE ACERO CUSCO A PIE DE OBRA	Kg		5,242.65
01.01.01.06.03	TRANSPORTE DE MADERA CUSCO A PIE DE OBRA	p2		10,238.80
01.01.01.06.04	TRANSPORTE DE VARIOS	kg		5,125.00
01.01.02	DEMOLICION Y RETIRO DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE			129,401.05
01.01.02.01	DEMOLICION DE CONCRETO ARMADO	m3	5.00	253.65
01.01.02.02	EXCAVACION DE TIERRA PARA RETIRO DE PRESA	m3	6,457.37	129,147.40
01.01.03	EXCAVACION CIMENTACION PRESA			170,265.97
01.01.03.01	EXCAVACION C/MAQ. EN MATERIAL SUELTO	m3	49,857.89	109,687.35
01.01.03.02	EXCAVACION C/MAQ. EN ROCA SUELTA	m3	866.55	15,866.53
01.01.03.04	NIVELACION, PERFILADO Y COMPACTADO	m2	4,929.67	44,712.09
01.01.04	CONFORMACION DEL CUERPO DE PRESA			3,760,466.67
01.01.04.01	MAMPOSTERIA ROCA+CONCRETO FC=175 KG/CM2			2,886,420.06
01.01.04.01.01	EXTRACCION Y VOLADURA MASIVA DE ROCA EN CANTERIA INCL/APILAMIENTO	m3	16,492.76	329,855.14
01.01.04.01.02	TAMISADO Y APILAMIENTO DE ROCA EN CANTERA	m3	1,832.53	42,148.16
01.01.04.01.03	CARGUIO Y TRANSPORTE DE CANTERA A PRESA	m3	17,492.76	297,376.87
01.01.04.01.04	CONFORMACION DEL CUERPO DE PRESA	m3	16,492.76	95,657.99
01.01.04.01.05	CONCRETO FC=175 KG/CM2-C/ADITIVO	m3	7,071.27	2,121,381.90
01.01.04.02	CONFORMACION DE TALUD			380,380.63
01.01.04.02.01	CONFORMACION DE TALUD AGUAS ARRIBA (EMBOQUILLADO ROCA+C°S° 210 KG/CM	m3	2,200.61	275,075.63
01.01.04.02.02	CONFORMACION DE TALUD AGUAS ABAJO (EMBOQUILLADO ROCA+C°S° 210 KG/CM2	m3	842.44	105,305.00
01.01.04.03	CONFORMACION DE LOSA EN CORONA			21,328.00
01.01.04.03.01	ASENTADO DE PIEDRA CHANCADA + C°S° FC=175 KG/CM2	m3	66.65	21,328.00
01.01.04.04	NUCLEO DE PRESA			144,830.56
01.01.04.04.01	EXTRACCION DE MATERIAL ARCILLOSOS	m3	4,554.42	59,207.46
01.01.04.04.02	CARGUIO Y TRANSPORTE DE MATERIAL ARCILLOSO	m3	4,554.42	77,425.14
01.01.04.04.03	TENDIDO Y COMPACTACION DE MATERIAL	m3	4,554.42	8,197.96
01.01.04.05	DENTELLON DE PRESA			58,090.73
01.01.04.05.01	EXTRACCION DE MATERIAL ARCILLOSOS	m3	1,732.50	23,908.50
01.01.04.05.02	CARGUIO Y TRANSPORTE DE MATERIAL ARCILLOSO	m3	1,732.50	31,011.75
01.01.04.05.03	TENDIDO Y COMPACTACION DE MATERIAL	m3	1,732.50	3,170.48
01.01.04.06	SOLADO			237,554.63
01.01.04.06.01	SOLADO DE CONCRETO f'c=100 Kg/cm2 E=60cm - C/ ADITIVO	m3	2,500.58	237,554.63
01.01.04.07	SUB BASE			31,862.08
01.01.04.07.01	SUB BASE DE GRAVA LIMOSA E=20cm	m3	1,874.24	31,862.08
01.01.06	IMPERMEABILIZACION DE LA PRESA			337,056.32
01.01.06.01	INSTALACION DE GEOMEMBRANA DE HDPE E= 3 mm	m2	19,826.40	317,222.40
01.01.06.02	INSTALACION DE GEOTEXTIL TEJIDO DE 200 GRAMOS	m2	1,729.20	19,833.92
01.01.07	CONTROL DE CALIDAD EN CAMPO			55,035.40
01.01.07.01	CONTROL GEOTECNICO EN LA CIMENTACION DE LA PRESA	GLB	1.00	9,149.20
01.01.07.02	CONTROL EN LA INSTALACION DEL SISTEMA HIDRAULICO DE LA PRESA	GLB	1.00	12,649.20
01.01.07.03	CONTROL EN LA CONFORMACION Y COMPACTACION DEL CUERPO DE PRESA	mes	4.00	25,000.00
01.01.07.04	CONTROL DE CALIDAD EN CANTERA DEL MATERIAL DE AGREGADOS	mes	4.00	4,000.00
01.01.07.05	SERVICIO DE PRUEBAS DE PERMEABILIDAD PARA LA SUPERVISION	GLB	1.00	4,237.00

6.12 SEGURIDAD EN LA PRESA

En primer lugar, la cimentación de presa ofrece un factor de seguridad de 7.10 frente a fenómenos de turificación, siendo el factor de seguridad mayor de 4, con lo que se garantiza la estabilidad de la presa frente a fenómenos de turificación, según la evaluación estática y pseudo-estática del cuerpo de la presa esta tiene un factor de seguridad de 4.34 y 3.29 respectivamente con lo que se garantiza la estabilidad del cuerpo de la presa, como también se garantiza la seguridad estructural de la presa debido a que la cimentación de la presa se encuentra a 2.8 metros de profundidad en forma rectangular plana y el dentellón a 7 metros, finalmente se garantiza la conservación de la estructura frente a máximas avenidas ya que la recarga de la presa se da por trasvase de cuencas, esta recarga de agua está regulada, con lo cual no se presentarían estos fenómenos y mucho menos daños. Finalmente, para la instrumentación de la presa se cuenta con tres hitos topográficos para monitorear constantemente alguna anomalía o comportamiento de la obra.

$$i = \frac{h}{Nd.L}$$
$$i = \frac{940 \text{ cm}}{16 \times 400 \text{ cm}}$$
$$i = 0.146875$$

Finalmente se halla el factor de seguridad que es representada por la siguiente fórmula.

$$FS = \frac{r - 1}{i(1 - e)}$$
$$FS = \frac{2.628 - 1}{0.146875 (1 + 0.56)}$$
$$FS = 7.105291$$

CONCLUSIONES:

- a) La zona donde se construirá la Represa Secsepampa se encuentra sobre depósitos lacustres, y rocas sedimentarias de la formación Kayra y Sonco constituido por niveles arcillosos sobre basamento rocoso, siendo el basamento rocoso en gran medida areniscas feldespáticas y en menor medida areniscas cuarcíferas con una capacidad admisible en suelos cuyos resultados están en el rango de 1 a 1.5Kg/cm² y en rocas están en el rango de 10 a 36 Kg/cm², siendo adecuada las características geológicas y geotécnicas.
- b) - El área del proyecto Secsepampa se construirá en un valle glaciar, principal unidad morfológica que incluye geo formas menores. Tiene una sección transversal en forma de V, con un ancho promedio de 140 m y largo de unos 900 m.
- El piso del valle, que corresponde al vaso del proyecto de la represa Secsepampa, son relieves llanos pantanosos y lacustres, en cuyo fondo se encuentran turberas, relictos de la actividad glaciar (morrenas, drumlim, etc.).
- c) No existen fallas locales que puedan afectar la estructura del vaso.
- d) La cimentación de la presa se realizará en un macizo rocoso, constituido por areniscas cuarzosas y feldespáticas de la formación Kayra,, correspondiendo a un tipo de cimentación superficial de 2.8m de profundidad.
- e) De acuerdo a las condiciones geotécnicas y disponibilidad de material se selecciona una presa de enrocado con pantalla de geomembrana HDPE de 3 mm, con núcleo y dentellón de arcilla de baja plasticidad revestido, debido su alta durabilidad, eficiencia y su estabilidad estática y pseudo-estática es alta, con lo que se garantiza la construcción de este tipo de presa.
- f) Se identificó cantera de rocas en la zona del emplazamiento de los diques y proximidades existen bloques de rocas de areniscas cuarcíticas y areniscas

feldespáticas con una resistencia a la compresión entre 30 y 60 Mpa , equivalente a 306 kg/cm² y 611 kg/cm² respectivamente , lo que implica una buena calidad de roca para construcción, esta característica se puede evidenciar en los afloramiento rocosos que se alinean en bancos de 3 a 4m de espesor y que pueden ser aprovechados eficientemente.

RECOMENDACIONES:

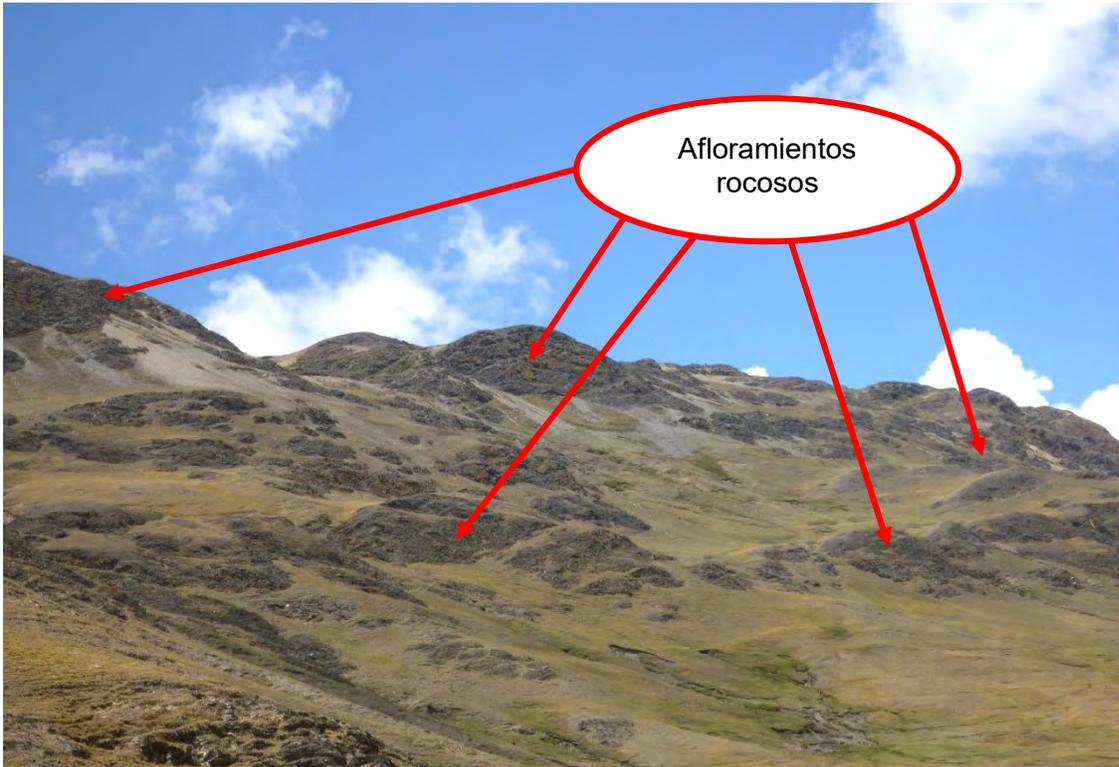
- Se recomienda realizar estudios de manejo ambiental a fin de reducir potenciales impactos ambientales asociados con la operación de la presa Secsepampa.
- Para la adecuada investigación geotécnica se recomienda realizar, más estudios de Sondeos mecánicos, las cuales permitirán definir las características de cada material que se encuentra en la zona de estudio, tales como tomografía eléctrica con la finalidad de obtener información a mayor profundidad.
- Luego de construida la Presa debe procederse al control de proceso erosivo en las áreas excavadas y en las áreas del cono de deyección se debe observar posibles movimientos debido a condiciones dinámicas que se producen los eventos sísmicos y saturación del medio granular. Monitorear el comportamiento geodinámico de las diferentes etapas del proyecto construcción, operación y mantenimiento.
- Se recomienda hacer análisis físico-químico, químico, biológico y físico de acuerdo a su disposición.
- Se recomienda la apertura de accesos a la zona de estudio donde se emplazara la presa debido a que no existe accesibilidad directa para el transporte de materiales y equipos.

1 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

- ✓ ANA; MINAGRI. (2017). *Normas Y Reglamento De Seguridad De Presas En El Perú*.
- ✓ BOZA CONSULTORES Y CONTRATISTAS EIRL. (2017). *Expediente Técnico Del Pip: "Ampliacion Y Mejoramiento Del Servicio De Agua Para Riego De Los Sectores Acpitan Y Coyllurqui-Represamiento De Las Lagunas Ccomerccocho Y Mesanipampa*. Apurímac.
- ✓ BRAJA M. DAS. (2014) *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. (1era edición) Pakistan, Edit. International Thomson Learning.
- ✓ MANUAL MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES (Clasificación de suelos según SUCS y ASSTHO.
- ✓ DAS, B. M. (2013). *Fundamentos De La Ingeniería Geotécnica* (4ta edición). Cengage Learning Editores, S.A.
- ✓ FAO, FIDA. (2013). *Captación Y Almacenamiento De Agua De Lluvia*-(1era edición). Santiago, Chile.
- ✓ GUZMAN, J. E. (2012). *Topografía. Red Tercer Milenio*. México.
- ✓ GONZALES VALLEJO LUIS I. (2002). *Ingeniería Geológica*. (1era edicion) Madrid Edit. Pearson Educación Pág. N° 358.
- ✓ INSTITUTO MEXICANO DE TECNOLOGIA DEL AGUA. (2001). *Geotecnia En Ingeniería De Presas*. (2da edición) MEXICO: Raúl Flores Berrones, Vangel Hristov Vassilev, Xiangyue Li Liu (editores).
- ✓ MAROCCO, R. (1975). *Geología de los cuadrángulos de cusco, 28-s y 28-t*. INGEMMET. Boletín, Serie A: Carta Geológica Nacional, n° 27.
- ✓ MIJARES, F. J. (s.f.). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. (1era edición)

- ✓ NHILTON, P. S., & RONALD, P. A. (2015). *Estudio geológico - geotécnico para la construcción de la presa Aceroccocha – Kishura*. Apurímac.
- ✓ PATZÁN, J. E. (2009). *Guía Práctica Para El Cálculo De Capacidad* (2da Edición) Guatemala.
- ✓ PLAN MERISS INKA U.O COTABAMBAS-GRAU. (1996). *Informe Final Del Proyecto De Manejo De Lagunas Altoandinas Represamiento Ccomercocha*. Apurimac.
- ✓ SUAREZ, J. (S.F.). (1995) *Análisis Geotécnico*, (Tomo I). Colombia.
- ✓ Gobierno Regional de Apurímac. (2014). *GEOLOGÍA ESTRUCTURAL DE LA ZEE - APURÍMAC*. Abancay.
- ✓ Quispe Gallegos, J. (2016). *ESTUDIO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO PARA EL REPRESAMIENTO DE LA LAGUNA DE CCOMERCCOCHA DEL DISTRITO DE SAN PABLO, PROVINCIA DE CANCHIS - CUSCO*.

2 ANEXOS:



Observe: Afloramientos rocosos de Areniscas que bordean longitudinalmente al vaso.



Observe al fondo de la imagen el vaso de la presa del proyecto Ichuanco.



Ubicación del eje de la presa y los estribos sobre afloramientos rocosos.



Observe el flanco izquierdo de cerro cerro Ichuanco para el estribo Izquierdo



Observe los terrenos cuaternarios próximos al eje de presa.



Observe los flancos del vaso son suaves y moderadas.



Observe el contacto entre los afloramientos rocosos y los materiales de depósitos cuaternarios



Forma proyectada del agua embalsada en el vaso de la presa, visto desde aguas arriba



Ubicación del eje de la presa proyectado, determinado sobre afloramientos rocosos en ambos estribos

Relación de figuras

Figura N° 01: Ruta de accesibilidad desde la ciudad de Cusco hacia la zona de la Presa Secsepampa.....	16
Figura N° 02: cono aluvial que constituye parte del estribo izquierdo de eje propuesto.	27
Figura N° 03: fases tectónicas en el que se halla la cuenca yura-yauri al que pertenece la zona de estudio.	29
Figura N° 04: Orientacion de la estratificación de lineamientos tectonicos.....	31
Figura N° 05: tendencias de diaclasas y bajo grado de buzamiento.....	32
Figura N° 06: Relación entre textura y porosidad. a) Sedimento bien clasificado con alta porosidad; b) Sedimento mal clasificado con baja porosidad; c) Sedimento bien clasificado con granos porosos; d) Sedimento bien clasificado con porosidad disminuida.....	34
Figura N° 07: Contenido de humedad muy bajo, el suelo se comporta más como un sólido quebradizo. Cuando el contenido de humedad es muy alto, el suelo y el agua pueden fluir como un líquido	42
Figura N° 08: Esquema Morfológico de la zona de estudio.....	60
Figura N° 09: Vista del fondo de valle glaciar, con río anastomosado y sección en “V” del valle. Zona del embalse.....	62
Figura N° 10: Vista de las morrenas denominadas A B y C hacia el flanco derecho del valle.....	63
Figura N° 11: Cono aluvial que constituye parte del estribo izquierdo de eje propuesto.....	68
Figura N° 12: Clasificación de la fisiografía según la metodología CIAF.....	69
Figura N° 13: Mapa de aceleraciones sísmicas del Perú.....	71
Figura N° 14: Lutitas del Grupo San Jeronimo en la margen derecha del valle.....	73
Figura N° 15: Lutitas del Grupo en la zona media de la margen izquierda del valle.....	73
Figura N° 16: Plano de falla del flanco norte y sur, con fracturas asociadas al enfriamiento Volcánico.....	83

Figura N° 17: Ubicación de las estaciones micro tectónicas (EMT) con las tendencias de dirección preferente.....	84
Figura N° 18: Tendencias de fracturas en la EMT N° 1 en una dirección NO –SE...	85
Figura N° 19: Diagrama de polos con buzamiento de bajo ángulo.....	85
Figura N° 20: Tendencias de diaclasas y bajo grado de buzamiento en el EMT N° 3...	87
Figura N° 21: Fases tectónica en el que se halla la micro cuenca al que pertenece la zona de estudio.....	88
Figura N° 22: Grupo San Jeronimo en estratos sub horizontales con leve inclinación hacia el sur este.....	89
Figura N° 23 Grupo. San Jeronimo en estratos subhorizontales, inclinados hacia ej sur-este.....	90
Figura N° 24 : Se muestra la microcuenca Ichuanco hacia el Sur.....	94
Figura N° 25 : Se muestra la cantidad de agua presente en la microcuenca Ichuanco.	94
Figura N° 26: : Medicion del ancho de rio de la microcuenca Ichuanco.....	103
Figura N° 27: 27 Calculo de la altura máxima de rio de la microcuenca Ichuanco....	104
Figura N° 28: cálculo de tiempo de caudal del rio.....	104
Figura N° 29: Vista de la excavación de calicatas para la posterior caracterización del suelo.....	115
Figura N° 30 Descripción Litológica de la calicata 02 con código C-02.....	118
Figura N° 31 distribucion de la investigacion de campo en zona de presa y vaso...	130
Figura N° 32 La figura muestra la presencia de grabas y arenas limos.....	133
Figura N° 33 :: Perfil estratigráfico en el eje de presa proyectado.....	134
Figura N° 34: La figura muestra el material rocozo con rumbos y buzamientos.	138
Figura N° 35: cálculo de permeabilidad in situ.....	144
Figura N° 36: Vista de la ubicacion de los puntos de cantera.....	147
Figura N° 37: : Fuente de agua para la construcción de la presa Secsepampa.....	148

Relación de Cuadros

Cuadro N° 01: El Sistema Unificado de Clasificación se presenta en la tabla 2 y clasifica los suelos en dos grandes categorías.....	40
Cuadro N° 02: Sistema unificado de clasificación de suelos basado en el material que pasa por el tamiz numero 75.....	41
CUADRO N° 03 : Pendientes de la microcuenca Ichuanco.....	61
CUADRO N° 04: Fisiografía de la microcuenca Ichuanco	70
CUADRO N° 05: : Parámetros morfométricos de la Microcuenca Ichuanco	95
CUADRO N° 06: Variables de la curva Hipsométrica de la Microcuenca Ichuanco.	96
CUADRO N° 07: Ubicación política de las estaciones meteorológicas usadas.....	97
CUADRO N° 08: Ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas usadas..	97
CUADRO N° 09: Registro de horas Sol Media Mensual y anual.....	98
CUADRO N° 10: registros de temperatura mínima, media y máxima de la estación..	99
CUADRO N° 11: Evaporación del área de estudio (mm).....	100
CUADRO N° 12: Análisis doble masa usando la precipitación acumulada por estación.....	101
CUADRO N° 13: Precipitación mensual acumulada (mm) en la microcuenca Ichuanco.	102
CUADRO N° 14: Caudales generados (m ³ /s) en el punto de captación para la microcuenca Ichuanco	105
CUADRO N° 15: Caudal ecológico (m ³ /s).....	106
CUADRO N° 16: Elevación-Áreas- volúmenes parciales y acumulados del vaso de la presa.....	107
CUADRO N° 17: Oferta hídrica de la microcuenca Ichuanco, caudal y volumen almacenable	108
CUADRO N° 18: Cedula de Cultivos e intensidad de uso de suelo.....	110
CUADRO N° 19: Precipitación efectiva (mm) para las áreas de cultivo.....	110
CUADRO N° 20: Estimación de la demanda con proyecto,.....	111
CUADRO N° 21: Balance hídrico del proyecto.	112
CUADRO N° 22: Ubicación de las calicatas con sus coordenadas.....	114
CUADRO N° 23: Norma de Extracción y Transporte de Muestras.....	116
CUADRO N° 24: Descripción Litológica de la calicata 01 con código C-01.....	117

CUADRO N° 25: Descripción Litológica de la calicata 02 con código C-02.....	118
CUADRO N° 26: Descripción Litológica de la calicata 03 con código C-03....	119
CUADRO N° 27: Descripción Litológica de la calicata 04 con código C-04.....	120
CUADRO N° 28: Descripción Litológica de la calicata 05 con código C-05.....	121
CUADRO N° 29: Descripción Litológica de la calicata 06 con código C-06.....	122
CUADRO N° 34: resultados obtenidos en laboratorio de suelos de las muestras extraídas.....	127
CUADRO N° 35: en el cuadro se muestra los resultados obtenidos en el ensayo spt del punto1.....	128
CUADRO N° 36: en el cuadro se muestra los resultados obtenidos en el ensayo spt del punto 2.....	129
CUADRO N° 37: en el cuadro se muestra los resultados obtenidos en el ensayo spt del punto3.....	130
CUADRO N° 38: normas A.S.T.M. para ensayos de laboratorio.....	141
CUADRO N° 39: resumen de resultados RMR de Bienawski.....	144
CUADRO N° 40: clasificación del macizo rocoso punto 01.....	145
CUADRO N° 41: índice de calidad del macizo rocoso P-01 y P-02, GSI según (Hoek-Brown, 2002).....	145
CUADRO N° 42: Propiedades de consolidación.....	146
CUADRO N° 43: Coeficiente de permeabilidad k en cm/s.....	147
CUADRO N° 44: Dosificación por material para la obtención de 1 m3 de concreto fc:100 kg/cm2.....	153
CUADRO N° 45: Dosificación por material para la obtención de 1 m3 de concreto fc:175 kg/cm2.....	153
CUADRO N° 45: Costos y presupuestos para la construcción de la presa Ichuanco.....	

