

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



TESIS

**ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA
CONSTRUCCION DE LA PRESA PACHACSIMI DEL DISTRITO DE
CHINCHAYPUJIO, PROVINCIA DE ANTA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO**

PRESENTADA POR:

Bach. DARWIN ROGELIO CRUZ CHURA
Bach. MANUEL LEONIDAS VARGAS
VASQUEZ

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO GEÓLOGO**

ASESOR:

Ing. RONALD LUIS LÓPEZ ZAPANA

CUSCO-PERU

2023



INFORME DE ORIGINALIDAD

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

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: "ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA PACHACSIMI DEL DISTRITO DE CHINCHAYPUJIO, PROVINCIA DE ANTA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO" presentado por: DARWIN ROGELIO CRUZ CHURA con DNI Nro: 88612484 presentado por: MANUEL LEONIDAS VARGAS VASQUEZ con DNI Nro: 81136683 para optar el título profesional/grado académico de INGENIERIA CIVIL

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 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 6 %.

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.	<input checked="" type="checkbox"/>
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	<input type="checkbox"/>
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.	<input type="checkbox"/>

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

Cusco, 13 de Setiembre de 2023

Firma

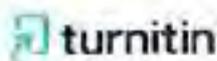
Post firma DARWIN ROGELIO CRUZ CHURA

Nro. de DNI 88612484

ORCID del Asesor 0000-0003-0198-6595

Sé adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: 5101372591262438480



Identificación de reporte de similitud oid:27259:262938450

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS_DarwinRogelioCruz_ManuelLeonidasVargas.docx

AUTOR

Darwin Manuel Cruz Vargas

RECuento DE PALABRAS

21973 Words

RECuento DE CARACTERES

121261 Characters

RECuento DE PAGINAS

164 Pages

TAMANO DEL ARCHIVO

19.4MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 13, 2023 4:25 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 13, 2023 4:27 PM GMT-5

● 6% de similitud general

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

- 6% 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)


Darwin Rogelio Cruz Chura
oid: 27259:262938450

Turnitin.com



DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis padres,
Sabino Cruz Aguilar y Josefina Chura
Aguilar, así como a mis hermanos, y a mis
hijos. Estoy agradecido por su apoyo
inquebrantable durante los tiempos difíciles
y por brindarme el apoyo esencial para
completar este proyecto con éxito.

Bach. Darwin Rogelio Cruz Chura

DEDICATORIA

Quisiera dedicar esta tesis a mis
padres, Mario Vargas Pareja y Luz Marina
Vásquez Canal, así como a mis hermanos.
Me han brindado un apoyo inquebrantable a
lo largo de mi trayectoria académica y me
han brindado la orientación y la asistencia
necesarias para completar con éxito este
trabajo.

Bach. Manuel Leónidas Vargas
Vásquez



AGRADECIMIENTO

A Dios mi enorme agradecimiento, por permitirme concluir este trabajo con éxito.

A mis padres y mi familia por ser el eje fundamental en mi formación académica.

También nos gustaría expresar nuestra gratitud a la estimada institución donde realizamos nuestros estudios.

Bach. Darwin Rogelio Cruz Chura

AGRADECIMIENTO

Expreso mi mayor gratitud a Dios como mi principal fuente de agradecimiento.

Mi existencia se la debo a mis padres, quienes no solo me dieron la vida, sino que también me brindaron la sabiduría necesaria para lograr todas mis aspiraciones. También nos gustaría expresar nuestro agradecimiento a nuestra estimada institución de aprendizaje.

Bach. Manuel Leónidas Vargas Vásquez



RESUMEN

El proyecto se llevó a cabo en la microcuenca Ccuyo, ubicada en el distrito de Chinchaypujio de la provincia de Anta en el departamento de Cusco. Desde el punto de vista hidrológico, se encuentra dentro de la sub cuenca Miskahuayco, que sirve como nacimiento principal del arroyo Pachacsimi, que desemboca finalmente en la cuenca media del Apurímac. Dada la demanda de agua existente en la zona de estudio, la construcción de una represa se vuelve crucial. Para lograr esto, es imperativo contar con una infraestructura adecuada para el abastecimiento de agua, aumentando así la capacidad de almacenamiento de agua en la laguna de Ccuyo, lo que se traduce en beneficios tangibles para el pueblo de Chinchaypujio. Población dedicada a diversas actividades económicas. La ubicación geográfica del sitio de estudio se alinea con la Región Puna, ya que se extiende a lo largo de un rango de elevación de 4216 a 4417 metros sobre el nivel del mar. El patrón de precipitación sigue una tendencia estacional distinta, con una estación lluviosa de diciembre a abril, que representa el 70 % de la precipitación total, y una estación seca de mayo a agosto, que representa el 30 % restante. En cuanto a su geomorfología, el área investigada presenta la forma característica de un valle glaciar, adoptando una forma de U. Esta formación es el resultado de las fuerzas erosivas del glaciar, que provocan desarraigo y abrasión, y está orientada en dirección noreste a suroeste. Desde el punto de vista geológico, el área de estudio revela distintas secuencias litográficas que corresponden al grupo tacaza. Además, en esta área se identificaron varios depósitos, incluidos depósitos coluviales, aluviales y fluvioglaciares.

En cuanto a los resultados de estudios geotécnicos, donde se determinó las características físicas y mecánicas del sub suelo de cimentación donde se fundará la presa Pachacsimi.



Palabras clave: Geología, hidrología, geotecnia, geomorfología

ABSTRACT

The project was carried out in the Ccuyo micro-basin, located in the Chinchaypujio district of the province of Anta in the department of Cusco. From a hydrological point of view, it is located within the Miskahuayco sub-basin, which serves as the main source of the Pachacsimi stream, which finally flows into the middle Apurímac basin. Given the demand for water in the study area, the construction of a dam becomes crucial. To achieve this, it is imperative to have adequate infrastructure for water supply, thus increasing the water storage capacity in the Ccuyo lagoon, which translates into tangible benefits for the people of Chinchaypujio. Population dedicated to various economic activities. The geographic location of the study site aligns with the Puna Region, as it extends across an elevation range of 4,216 to 4,417 meters above sea level. The precipitation pattern follows a distinct seasonal trend, with a rainy season from December to April, accounting for 70% of the total precipitation, and a dry season from May to August, accounting for the remaining 30%. Regarding its geomorphology, the investigated area presents the characteristic shape of a glacial valley, adopting a U shape. This formation is the result of the erosive forces of the glacier, which cause uprooting and abrasion, and is oriented in a northeast to southwest direction. From the geological point of view, the study area reveals different lithographic sequences that correspond to the Tacaza group. Additionally, several deposits were identified in this area, including colluvial, alluvial, and fluvioglacial deposits.

Regarding the results of geotechnical studies, where the physical and mechanical characteristics of the foundation subsoil where the Pachacsimi dam will be founded were determined.



Palabras clave: hydrological, geological, geotechnical y geomorphology.

INDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
INDICE DE CONTENIDOS.....	VIII
INDICE DE TABLAS.....	XIV
INDICE DE IMAGEN	XVI
INDICE DE GRÁFICOS.....	XVIII
INDICE DE FOTOS.....	XIX
CAPITULO I: ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1 Introducción	1
1.2 Antecedentes y Factibilidad.....	2
1.3 Ubicación	2
1.3.1 Ubicación política.....	2
1.3.2 Ubicación geográfica.....	3
1.3.3 Ubicación hidrográfica	3



1.4	Accesibilidad.....	3
1.5	Planteamiento del problema.....	5
1.5.1	Descripción del problema.....	5
1.5.2	Formulación del problema.....	5
1.6	Justificación e importancia	5
1.7	Objetivo de estudio	6
1.7.1	Objetivo general	6
1.7.2	Objetivos específicos.....	6
1.8	Hipótesis	6
1.8.1	Hipótesis general	6
1.8.2	Hipótesis específicas.....	7
1.9	Variables	7
1.9.1	Variable dependiente	7
1.9.2	Variable independiente	7
1.10	Metodología de trabajo.....	7
1.10.1	Método científico.....	7
1.10.2	Método de trabajo.....	8
1.11	Instrumentos utilizados	9
1.12	Clima y vegetación.....	11
1.12.1	Clima	11



1.12.2	Vegetación.....	11
1.13	Marco teórico	12
1.13.1	Marco referencial.....	13
1.13.2	Marco conceptual	15
CAPITULO II: GEOMORFOLOGIA.....		27
1.14	Geomorfología regional	27
1.14.1	Faja intracordillerana.....	27
1.14.2	Borde ne de la cordillera occidental	28
1.14.3	Valle del Apurimac.....	28
1.15	Geomorfología local.....	29
1.15.1	Unidades geomorfológicas	31
1.15.2	Geomorfología del vaso de la presa	36
1.15.3	Geomorfología del dique de la presa.....	36
1.15.4	Controles geomorfológicos.....	39
1.15.5	Pendientes.....	39
1.15.6	Topografía	40
CAPITULO III: GEOLOGIA.....		43
1.16	Unidades.....	43
1.16.1	Cenozoico	43
1.16.2	Cuaternario	45



1.17	Unidades estratigráficas locales	49
1.17.1	Grupo tacaza	49
1.17.2	Depósitos cuaternarios.....	51
CAPITULO IV: GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....		56
1.18	Geología estructural regional	56
1.19	Geología estructural local.....	57
1.19.1	Fracturas.	57
1.19.2	Diaclasas.....	58
1.19.3	La influencia tectónica en la zona de estudio.	59
CAPITULO V: GEOFÍSICA.....		61
1.20	Prospección geofísica.....	61
1.21	Objetivos	61
1.22	Metodología de trabajo.....	62
1.22.1	Equipos utilizados.....	62
1.22.2	Tomografía eléctrica.....	64
CAPITULO VI: HIDROLOGIA.....		78
1.23	Parámetros morfológicos de la microcuenca Ccuyo	79
1.24	Parámetros meteorológicos	79
1.24.1	Clima	79
1.24.2	Temperatura.....	80



1.24.3	Humedad relativa.....	81
1.25	Calculo.	82
1.25.1	Precipitación.....	83
1.25.2	Coeficiente.....	84
1.25.3	Cuadros de análisis.....	88
1.25.4	Oferta hídrica.....	88
1.26	Incremento.....	89
1.26.1	Coeficiente.....	90
1.27	Descargas máximas.....	93
1.27.1	Calculo.....	94
1.27.2	Cálculos y resultados.....	96
1.28	Capacidad.....	97
CAPITULO VII: GEODINAMICA		99
1.29	Geodinámica interna	99
1.29.1	Antecedentes.....	100
1.30	Geodinámica externa.....	101
1.30.1	Flujo de derrubios.....	102
1.30.2	Caída de rocas.....	102
CAPITULO VIII: GEOTECNIA.....		103
1.31	Exploración de campo.....	103



1.32	Excavación de calicatas.....	103
1.33	Extracción de muestras y determinación de la densidad.....	103
1.34	Nivel freatico.....	104
1.35	Aspectos sísmicos	104
1.36	Perfil geotécnico.....	106
1.37	Perfil estratigráfico del eje de la presa	110
1.38	Eje de la presa	111
1.38.1	Ensayos de laboratorio.....	111
1.38.2	Ensayos de laboratorio.....	117
1.38.3	Capacidad portante y asentamiento	119
CAPITULO IX: ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL		126
2.1	Generalidades.....	126
2.2	Identificación	126
2.3	Descripción.....	127
2.3.1	Movimiento	127
2.3.2	Transporte.....	130
2.3.3	Construcción.....	131
2.3.4	Almacenamiento.....	132
2.3.5	Etapas de ejecución	132
2.4	Medidas.....	133



2.5	Plan de contingencias.....	134
2.5.1	Distribución general	135
2.5.2	Manejo de contingencias.	135
3	CONCLUSIONES	137
4	RECOMENDACIONES.	139
5	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	140
6	ANEXOS.....	142
	PLANOS.....	142
	PANEL FOTOGRÁFICO	147

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Cálculo de pendiente de la microcuenca Ccuyo</i>	40
Tabla 2	<i>Fracturas Identificados en el macizo rocoso</i>	57
Tabla 3	<i>Datos morfológicos de la microcuenca Ccuyo.....</i>	79
Tabla 4	<i>Datos de humedad relativa.....</i>	82
Tabla 5	<i>Estaciones meteorológicas utilizadas.....</i>	83
Tabla 6	<i>Se muestra el tiempo de duración de la precipitación</i>	84
Tabla 7	<i>Periodo de retorno.....</i>	85
Tabla 8	<i>Naturaleza según su topografía.....</i>	85
Tabla 9	<i>Variables de la cuenca con sus valores respectivos.....</i>	86
Tabla 10	<i>Variables de la cuenca</i>	87
Tabla 11	<i>Coeficientes</i>	87

BACH. DARWIN ROGELIO CRUZ CHURA



Tabla 12 <i>Análisis de la precipitación de la laguna Ccuyo</i>	88
Tabla 13 <i>Áreas calculado por cotas de la microcuenca Ccuyo</i>	88
Tabla 14 <i>Coefficiente de escurrimiento</i>	91
Tabla 15 <i>Calculo de infiltración</i>	92
Tabla 16 <i>Calculo de infiltración</i>	93
Tabla 17 <i>Calculo de la intensidad aplicado por el plan Meriss</i>	95
Tabla 18 <i>Cálculos</i>	96
Tabla 19 <i>Característica de esorrentía de la microcuenca Ccuyo.</i>	96
Tabla 20 <i>Capacidad de almacenamiento del vaso</i>	97
Tabla 21 <i>Escala de Intensidades Sísmicas Modificada (M.M.)</i>	101
Tabla 22 <i>Nivel freático de las calicatas</i>	104
Tabla 23 <i>Factor de seguridad en facés de construcción, operación y transición</i>	105
Tabla 24 <i>Ubicación de las tres calicatas</i>	106
Tabla 25 <i>Clasificación SUCS de las calicatas</i>	112
Tabla 26 <i>Porcentajes de grava, arena y de finos.</i>	113
Tabla 27 <i>Limites a C-1.</i>	114
Tabla 28 <i>Contenido de humedad de la calicata C-1.</i>	115
Tabla 29 <i>Densidad natural del suelo de la calicata C-1.</i>	115
Tabla 30 <i>Angulo de fricción y cohesión de la calicata C-1</i>	116
Tabla 31 <i>Coefficiente de permeabilidad en campo en el vaso de la presa</i>	117
Tabla 32 <i>Métodos de cálculos de asentamientos</i>	120
Tabla 33 <i>Asentamientos (Diseño por rigidez).</i>	121
Tabla 34 <i>Cuadro de resumen de la cantera de suelo</i>	122



Tabla 35 <i>Volumen de antera de conglomerado polimícticas</i>	124
Tabla 36 <i>Tabla de factores ambientales</i>	133

ÍNDICE DE IMAGEN

Imagen 1 <i>Vista de imagen de la columna estratigráfica del cuadrángulo de Tambobamba 28r.</i>	47
Imagen 2 <i>Vista de imagen de la falla inversa al NE.</i>	57
Imagen 3 <i>Ilustración.</i>	63
Imagen 4 <i>Ilustración del método de resistividad eléctrica.</i>	64
Imagen 5 <i>Ilustración de la ubicación de las secciones en el área de estudio ...</i>	65
Imagen 6 <i>Ilustración del resultado de la sección A - Invertido</i>	69
Imagen 7 <i>Ilustración del resultado de la sección A – Interpretado en base de las resistividades</i>	70
Imagen 8 <i>Ilustración del resultado de la sección B – Invertido</i>	71
Imagen 9 <i>Ilustración del resultado de la sección B – Interpretado en base a las resistividades.</i>	72
Imagen 10 <i>Ilustración del resultado de la sección C - Invertido</i>	73
Imagen 11 <i>Ilustración del resultado de la sección C – Interpretado en base a las resistividades.</i>	74
Imagen 12 <i>Ilustración del resultado de la sección D - Invertido</i>	74
Imagen 13 <i>Ilustración del resultado de la sección D – Interpretado en base a las resistividades.</i>	75
Imagen 14 <i>Vista frontal en 3D.</i>	76



Imagen 15 <i>Imagen del mapa de cantera de suelo para el uso constructivo de la presa.....</i>	122
Imagen 16 <i>Acceso de la cantera de suelo para el uso constructivo de la presa..</i>	123
Imagen 17 <i>Imagen del mapa de cantera de roca para el uso constructivo de la presa).</i>	125
Imagen 18 <i>Acceso de la cantera de roca para el uso constructivo de la presa... </i>	125



INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 <i>Columna estratigráfica de la calicata N°01</i>	107
Gráfico 2 <i>Columna estratigráfica de la calicata N°02</i>	108
Gráfico 3 <i>Columna estratigráfica de la calicata N°03</i>	109
Gráfico 4 <i>Perfil estratigráfico del eje de la presa.</i>	110
Gráfico 5 <i>Curva granulométrica de la calicata N°01.</i>	112
Gráfico 6 <i>Tasa de infiltración</i>	118
Gráfico 7 <i>Tasa de infiltración en laboratorio</i>	118

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1 Mapa de Ubicación.....	4
Mapa 2 Mapa Geomorfológico Regional	30
Mapa 3 Mapa Geomorfológico Local	38
Mapa 4 Mapa Topográfico	41
Mapa 5 Mapa Pendientes.....	42
Mapa 6 Mapa Geológico Regional.....	48
Mapa 7 Mapa Geológico Local	55
Mapa 8 Mapa Estructural Regional	60
Mapa 9 Mapa Hidrografico	98



ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1 Vista U del valle glaciario.	32
Foto 2 Vista de morrenas.	33
Foto 3 Vista de la montaña en roca volcánica.	33
Foto 4 Vista de ladera de cerros.	34
Foto 5 Vista de bofedal identificado.	35
Foto 6 Vista de colinas que constituyen la laguna de Ccuyo.	35
Foto 7 Vista de geomorfología del vaso de la presa.	36
Foto 8 Vista de geomorfología del vaso de la presa.	39
Foto 9 Vista del afloramiento volcánico sedimentario del grupo tacaza.	49
Foto 10 Vista del volcánico sedimentario de lahares y brechas de caliza del grupo tacaza.	50
Foto 11 Vista del conglomerado del grupo tacaza.	51
Foto 12 Vista del depósito coluvial.	52
Foto 13 Vista del depósito aluvial en la microcuenca Ccuyo.	53
Foto 14 Vista panorámica del depósito glaciario y fluvioglaciario en la microcuenca Ccuyo.	54
Foto 15 Vista de fracturas en el macizo rocoso.	58
Foto 16 Vista del sistema de diaclasas.	58
Foto 17 Vista de una fuerte inclinación.	59
Foto 18 Vista en campo con los equipos de resistividad.	67
Foto 19 Vista de los componentes ambientales antes de la ejecución de la presa.	127

CAPITULO I:

ASPECTOS GENERALES

En este capítulo se ha desarrollado todos los aspectos generales como la ubicación política, geográfica e hidrográfica, los antecedentes, la factibilidad, la accesibilidad, la hipótesis, las variables, la metodología de trabajo, los instrumentos utilizados, el clima, la vegetación, así mismo se detalla la definición de todos los términos geológicos a tener en cuenta para la elaboración del proyecto de tesis.

1.1 Introducción

Para lograr ampliar la capacidad de almacenamiento de la Laguna de Ccuyo, así como para mejorar la calidad de vida de la comunidad local involucrada en diversas actividades económicas, es fundamental realizar un estudio integral que abarque los aspectos geológicos, geotécnicos e hidrológicos. Este estudio es crucial para asegurar la sostenibilidad y estabilidad a largo plazo de la represa ubicada en el distrito de Chinchaypujio de la provincia de Anta, dentro del departamento de Cusco.

El enfoque de este estudio se centrará en la identificación de las diversas formaciones geológicas que conforman el sustrato en el que se proyecta la construcción de la represa Pachacsimi. Además, tiene como objetivo identificar las distintas unidades geomorfológicas en el área de la presa proyectada, así como evaluar los procesos geodinámicos internos y externos en juego dentro de la región. Además, busca caracterizar la estructura activa para determinar la presencia de alguna actividad en curso.

Para asegurar la construcción de presas que cumplan con altos estándares de calidad, durabilidad y seguridad, es fundamental establecer normas, criterios y enfoques. Estas medidas no solo deben optimizar los costos de inversión durante la fase de



construcción, sino también garantizar los resultados deseados.

El objetivo principal de las investigaciones geotécnicas realizadas en este estudio es establecer las propiedades físicas y mecánicas del suelo subyacente que soportará los cimientos de la represa Pachacsimi y sus estructuras asociadas. Además, las investigaciones procurarán conocer los atributos geológicos y estructurales de los caminos a lo largo de los conductos primarios, así como proporcionar parámetros geotécnicos estimados esenciales para su formulación.

La finalización de este proyecto también se basará en varios campos de estudio, que incluyen geología, geofísica, investigaciones in situ utilizando perforaciones diamantinas y excavaciones, así como pruebas in situ y experimentos de laboratorio en mecánica de suelos y mecánica de rocas. Al correlacionar y evaluar adecuadamente estos conjuntos de datos, podremos adquirir la información esencial requerida para la evaluación y, posteriormente, el desarrollo de la tesis.

1.2 Antecedentes y Factibilidad

Para fundamentar la tesis, se utilizó material de investigación de fuentes disponibles públicamente, como artículos publicados y estudios previos realizados por instituciones acreditadas como INGEMET (1997) y el Instituto para la Gestión del Agua y el Medio Ambiente (IMA). Estas fuentes incluyen estudios geotécnicos y geofísicos.

1.3 Ubicación

1.3.1 Ubicación política

- Departamento : Cusco
- Provincia : Anta
- Distrito : Chinchaypujio



1.3.2 Ubicación geográfica

- Datum : WGS84
- Zona : 18 L
- Este : 807685.66 m
- Norte : 8492924.56 m
- Altitud : 4250 m.s.n.m.

1.3.3 Ubicación hidrográfica

- Cuenca : Apurímac
- Sub cuenca : Miskahuayco
- Microcuenca : Ccuyo

1.4 Accesibilidad

Los accesos principales a la zona de estudio son mediante la ruta Cusco-Anta-Chinchaypujio; La distancia entre Anta y Chinchaypujio es de aproximadamente 42 kilómetros por carretera. Ingresando a una trocha carrozable para llegar a la localidad de Chinchaypujio posteriormente se ingresa a la microcuenca Ccuyo hasta llegar a la laguna Ccuyo que está a 2000 metros de distancia.



"ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA PACHACSIMI DEL DISTRITO DE CHINCHAYPUJIO, PROVINCIA DE ANTA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO"



Mapa 1 Mapa de Ubicación





1.5 Planteamiento del problema

1.5.1 Descripción del problema

Ubicado en el bullicioso corazón de Chinchaypujio, existe escasez de agua durante los períodos de sequía, específicamente para fines agrícolas. Para enfrentar este problema, se vuelve imperativo construir una represa que aumente la capacidad de agua de la laguna de Ccuyo. En consecuencia, el desafío principal radica en adquirir una comprensión integral de las propiedades geológicas y geotécnicas para garantizar la preservación de la integridad de los cimientos. Este conocimiento es crucial para garantizar la impermeabilidad requerida para el diseño óptimo de la presa.

1.5.2 Formulación del problema

¿Cuáles son las características geológicas, geotécnicas e hidrológicas para el diseño de la construcción de la presa Pachacsimi?

1.5.2.1 Problemas específicos

- a) ¿Cuáles son las características geológicas del área donde se construirá la represa Pachacsimi?
- b) ¿Cuáles son las características geotécnicas de estabilidad y de consolidación de los materiales existentes en el área requerida para la construcción de la presa Pachacsimi?
- c) ¿Cuáles son los parámetros hidrológicos condicionantes en la construcción de la presa Pachacsimi?
- d) ¿Cuál es el diseño de presa apropiado para la construcción en el área?

1.6 Justificación e importancia

El objetivo principal de este estudio es proporcionar datos geológicos, geotécnicos e hidrológicos completos que sirvan como base para el diseño de la construcción de una



presa. El objetivo de esta represa es aumentar la capacidad hídrica de la laguna de Ccuyo. En última instancia, esto contribuirá a mejorar la calidad de vida en general en el distrito de Chinchaypujio, particularmente en relación con diversas actividades económicas agrícolas.

1.7 Objetivo de estudio

1.7.1 Objetivo general

Determinar las características geológicas, geotécnicas e hidrológicas para el diseño de la presa Pachacsimi.

1.7.2 Objetivos específicos

- a) Determinar las características geológicas del área donde se construirá la presa Pachacsimi.
- b) Determinar las características geotécnicas del área requerida para el diseño de la presa Pachacsimi.
- c) Determinar los parámetros hidrológicos condicionantes en la construcción de la presa Pachacsimi.
- d) Determinar el diseño adecuado para la construcción de la presa Pachacsimi

1.8 Hipótesis

1.8.1 Hipótesis general

Las características geológicas, geotécnicas e hidrológicas del área, son favorables para el diseño de construcción de la presa Pachacsimi.



1.8.2 Hipótesis específicas

- a) Las características geológicas para la cimentación y área de embalse son favorables para la construcción de la presa Pachacsimi.
- b) Las características geotécnicas son favorables para la construcción de la presa Pachacsimi.
- c) Con base en registros y datos hidrológicos, los parámetros hidrológicos ajustados son favorables para la construcción de la Presa Pachacsimi.
- d) La presa está diseñada como una presa de tierra.

1.9 Variables

1.9.1 Variable dependiente

Diseño de la presa Pachacsimi

1.9.2 Variable independiente

- a) Geología (geomorfología, estratigrafía, estructural, geodinámica).
- b) Geotecnia (mecánica de suelos, mecánica de rocas, canteras, laboratorio, características técnicas).
- c) Hidrología (precipitación).

1.10 Metodología de trabajo

1.10.1 Método científico

1.10.1.1 Inductivo

El proceso comienza con la recopilación de datos de varias variables independientes, lo que implica observar hechos y fenómenos. Luego, los datos recopilados se clasifican y estudian para llegar a una conclusión. (Rodríguez, 2017)



1.10.1.2 Hipotético

La técnica metodológica implica la formulación de hipótesis basadas en ciertas afirmaciones, que luego son probadas y verificadas. Este proceso se lleva a cabo en conjunto con el conocimiento existente.

1.10.1.3 Deductivo

Para lograr el objetivo final, uno debe comenzar construyendo sobre el conocimiento previo y los entendimientos existentes. Esto implica emplear el pensamiento lógico y el razonamiento integral para navegar por el área de estudio, llegando finalmente a casos únicos y específicos.

1.10.2 Método de trabajo

1.10.2.1 Etapa de pre campo

- Será aplicado un examen integral de los registros disponibles de la microcuenca Ccuyo. El enfoque principal de esta revisión estará en los estudios geológicos-estructurales, geotécnicos e hidrológicos que se han realizado.
- Para obtener resultados preliminares, es necesario reconocer el lugar específico en el cual se ejecutará la edificación de la presa.
- La planificación del trabajo de campo es un aspecto esencial del proceso de investigación.

1.10.2.2 Etapa de campo

- Antes de dirigirse al campo, asegúrese de reunir y organizar todos los equipos, instrumentos y materiales necesarios.
- Para crear una comprensión integral del área, se generará un mapa topográfico detallado, acompañado de un mapeo completo de la geología local.



- La evaluación de la geodinámica externa y los factores geotécnicos pertenecientes a la región de fundación del eje de la presa Pachacsimi, junto con el área de la cuenca y las construcciones asociadas, es crucial. Además, es imperativo realizar una investigación exhaustiva y ubicar canteras adecuadas para obtener materiales de la región.
- El estudio de los hallazgos y la clasificación de los atributos geotécnicos correspondientes a los materiales de cimentación de la cuenca, estructura de la presa, base, canal de desborde, túnel de desvío, canal primario y construcciones relacionadas.

1.10.2.3 Etapa de post campo

- El primer paso en el proceso es preparar el equipo de laboratorio.
- Se realizarán varios exámenes de laboratorio especializados.
- El paso inicial implica la formulación y el desarrollo de planes integrales para prepararse para las próximas tareas y eventos.
- El proceso de preparación y redacción de una tesis implica varios pasos clave.

1.10.2.4 Etapa final

- Sustentación de la tesis

1.11 Instrumentos utilizados

- La brújula de tipo bruto sirve para múltiples propósitos en términos de orientación y medición. Se utiliza para determinar el acimut, los rumbos, los buzamientos de afloramientos, las litologías, las diaclasas, las capas, los pliegues y las fallas.



- Para determinar nuestra ubicación precisa en el área de estudio, utilizamos el dispositivo GPS Garmin 62S. Esto nos permite ubicar fácilmente pozos de prueba, canteras, fuentes de agua, contactos geológicos y cualquier otra característica notable que sea relevante para nuestra investigación.
- La picota del geólogo es una herramienta vital utilizada por los geólogos para extraer muestras mientras realizan trabajo de campo en sus zonas de trabajo designadas.
- El ácido clorhídrico se emplea comúnmente en la caracterización de rocas.
- En el campo del mapeo geológico, se utiliza un cabrestante de 30 metros, también conocido como flexómetro, para medir distancias significativas con precisión.
- El Scratcher tiene el propósito de rayar minerales y distinguir y analizar minerales en función de su dureza. Además, es capaz de identificar minerales magnéticos como magnetita y hematita, entre otros.
- El chaleco del geólogo está diseñado para guardar convenientemente varios artículos esenciales para su trabajo de campo. Estos elementos pueden incluir cuadernos, utensilios para escribir (como bolígrafos, lápices y marcadores), herramientas de medición (como reglas y compases), un dispositivo GPS, un medidor de escala, planos geológicos, una lupa e incluso productos químicos como el ácido clorhídrico, entre otros.
- Contenedores y receptáculos diseñados específicamente para almacenar muestras de suelos y rocas.
- Para documentar el trabajo realizado en el campo, es necesario utilizar una cámara para capturar evidencia fotográfica.



- Entre las diversas herramientas utilizadas en los laboratorios de mecánica de suelos y rocas, se encuentran tamices estándar, balanzas electrónicas y equipos para densidad de campo, entre otros instrumentos esenciales.

1.12 Clima y vegetación

1.12.1 Clima

Las estaciones meteorológicas que monitorean este parámetro se encuentran situados dentro de la cuenca del río Apurímac y forman parte de la red SENAMHI. El análisis del diagrama climático del área revela un patrón estacional distinto en las precipitaciones, con un período lluvioso predominante que ocurre de diciembre a abril y representa el 70% de la precipitación anual. Enero se destaca como el mes con mayor precipitación, mientras que de mayo a noviembre persiste un período seco que comprende el 30% restante del año. Junio emerge como el mes más seco dentro de este período. La temperatura promedio registrada es de aproximadamente 13,3 °C, con la temperatura más baja con un promedio de 4,5 °C y la temperatura más alta con 19 °C.

1.12.2 Vegetación

La vegetación del área de estudio se destaca por su diversidad de especies arbustivas, incluyendo cushuro y pastos naturales como pajonales y puna que se encuentran en las regiones altas de los Andes. Estos pastos naturales forman parte integral del paisaje alto andino.

En las regiones elevadas, se utiliza una amplia gama de campos inclinados y nivelados para el cultivo. Los tipos de cultivos predominantes que se cultivan en estas áreas son los tubérculos, que abarcan alrededor de 40 especies diferentes de papas, como Olluco y Maswa.



1.13 Marco teórico

Situado en el lado este de la Cordillera Occidental, se encuentra el cuadrángulo de Tambobamba, que marca el límite sur de la desviación de Abancay. Sus coordenadas geográficas van desde 13°30' a 14°00' de latitud sur Abarcando un área estimada de 3.000 kilómetros cuadrados, incluye porciones de las provincias de Grau y Cotabambass.

El objetivo principal de este informe es proporcionar un análisis geológico actualizado, basado en investigaciones anteriores, al mismo tiempo que destaca las unidades recientemente identificadas en la región. Las revisiones y los avances se revelan a través de las secciones dedicadas a la estratigrafía, la geología estructural y las rocas ígneas.

En el área de trabajo, el Grupo Yura se ha subdividido en tres formaciones separadas: Hualhuani, Gramadal y Labra. Antes de esta subdivisión, el grupo no estaba diferenciado.

La investigación previa del Dr. Marocco no incluyó el mapeo de la Formación Murco, sin embargo, desde entonces ha sido identificada y clasificada.

Para distinguir entre granodioritas y grabrodioritas, las unidades plutónicas de grabrodioritas se han clasificado por separado.

En el Grupo Tacaza, se ha hecho una distinción entre siete unidades distintas de depósitos volcánicos.

El proceso de mapeo ha identificado zonas donde pueden existir alteraciones hidrotermales, lo que podría indicar la presencia de mineralización. Además, el Grupo Puno ha sido categorizado en dos unidades distintas.



La intención de descargar estos datos de IGEMMET, específicamente del cuadrángulo 28r de Cotabambas, es utilizarlos como modelo para la creación de mapas geológicos.

1.13.1 Marco referencial

- Esquivel y Pinares, (2019) En su estudio tuvo como objetivo analizar la geomorfología existente en la zona de confluencia del río Ilabaya con el río Camilaca y la quebrada Borogueña, se evidencia que la erosión ha dado como resultado un cañón en forma de V. Esta erosión es causada principalmente por el sustrato andesítico. El estribo derecho de esta zona presenta una fuerte pendiente, que oscila entre 46 y 55°, con algunas secciones que superan los 65°. Por el contrario, el pilar izquierdo tiene una pendiente ligeramente más plana, midiendo aproximadamente 40°.

Prado y Velásquez, (2015) Esta región comprende un valle glaciar, que se destaca por sus acuíferos y los aportes que recibe durante la temporada de lluvias. La presencia de fuertes laderas montañosas que rodean la laguna da como resultado precipitaciones y escurrimientos que ocurren entre los meses de octubre y abril. Mirando la geología de la región, es evidente que el área se compone principalmente de rocas volcánicas de la formación Orcopampa. Estas rocas volcánicas están cubiertas por materiales más recientes y depósitos delgados de la era del Pleistoceno. Este estudio en particular es significativo ya que fue aplicado con la intención de construir una presa en los depósitos del Cuaternario, y toda la industria está situada dentro de un ambiente glaciar.

Gonzales y Sencia, (2019) En la perspectiva política, la zona de trabajo se ubica dentro del departamento de Apurímac. Específicamente, se encuentra dentro de la



provincia de Cotabambas, distrito de Coyllurqui, e hidrológicamente se ubica en la cuenca del Alto Apurímac. La ubicación prevista para la construcción de la presa se encuentra dentro de la unidad geomorfológica del valle, que es una subunidad del suelo del valle fluvioglaciario. La clasificación ambiental del área de estudio corresponde a la Cordillera Occidental. En términos de geología, las laderas en las regiones media y sur son propensas a desprendimientos de rocas, deslizamientos transnacionales y deslizamientos rotacionales. Sin embargo, exhiben una erosión mínima y no representan una amenaza significativa para la represa y su reservorio. Sísmicamente, el área de estudio se clasifica como moderadamente activa, con una magnitud sísmica de VI y una amenaza sísmica de II. Los cimientos de la presa se colocarán sobre depósitos de morrenas que se mezclan con gravas de limo arcilloso y arenoso. En la región norte de la presa, hay una falla que sigue un patrón de hacha normal, con un rumbo de $S72^{\circ}E$ y un buzamiento de $77^{\circ} SW$.

- **En su tesis (Huamán y Baca, 2020).**

El área de investigación se encuentra en Huathua Laguna, específicamente dentro del distrito de Quiquijana. El propósito de este estudio es abordar la gran demanda de agua para apoyar los cultivos y el crecimiento de la hierba cultivada, con el propósito de elevar el bienestar de los residentes de esta área. Con este objetivo, la propuesta es construir una presa de hormigón armado, con una altura de 3 metros, y revestida con material geotextil. Esta presa está destinada a optimizar el volumen de agua almacenado en su interior. Se cree que el sistema hidrológico existente apoyará la construcción de la represa. Con base en la información proporcionada, el principal problema a abordar en este estudio es la identificación de los atributos geológicos y geotécnicos del área de investigación en el cual se ubicará la represa de Huathua. Adicionalmente, se implementarán esfuerzos de reforestación en las inmediaciones de la represa y sus



alrededores, con la intención de crear un atractivo turístico y asegurar la preservación de la fauna local.

1.13.2 Marco conceptual

1.13.2.1 Caracterización geomorfológica

La geomorfología abarca el estudio de varios factores que configuran la topografía terrestre. Estos factores se pueden categorizar como estructurales, litológicos, tectónicos, volcánicos y más. Se emplean técnicas de modelado para comprender y representar estos factores, así como los procesos que ocurren dentro del entorno. Además, el elemento del tiempo desempeña un papel fundamental en la transformación de estos paisajes. Estos conceptos y elementos fundamentales forman la base de las metodologías geomorfológicas, que se han desarrollado a través de una extensa investigación (Davis, 1899)

La morfología terrestre es ampliamente reconocida tal como disciplina científica que tiene como objetivo dilucidar la naturaleza de la topografía, delinear los diversos accidentes geográficos y su progresión transformadora, y explicar los mecanismos responsables de dar forma a la superficie de la Tierra (Derruau, 1966)

1.13.2.2 Valle aluvial

Según Zinck (1980), los valles aluviales son una clasificación específica dentro del ámbito de los paisajes geográficos. Es ampliamente aceptado que estos valles están asociados a regiones que se caracterizan por su forma estrecha y alargada. Estas áreas están intercaladas con espacios abiertos más grandes y suelen estar acompañadas por arroyos que corren paralelos al eje central.



La formación de relieve es una característica distintiva que ocurre comúnmente en regiones montañosas, mesetas y terrenos inclinados.

La creación de un valle está estrechamente relacionada con el ciclo continuo de acumulación y desgaste causado por el movimiento de un río. Simultáneamente, emerge un perfil distinto, caracterizado por una curva suavemente ondulada, que revela un proceso secundario formado por la erosión de varios materiales. Estos materiales se entrelazan formando afloramientos rocosos y delicados sedimentos, dando como resultado una superficie irregular (Villota, 2005).

1.13.2.3 Estructuras

Las distorsiones que tienen lugar están influenciadas por varios factores, incluyendo la temperatura y las presiones hidrostáticas, cuando se aplica un esfuerzo. Las propiedades geológicas del macizo se pueden utilizar para simular este proceso. En términos de análisis estructural, es importante señalar que las fallas y los mantos de deslizamiento se clasifican como estructuras regionales. Estas estructuras tienen un mayor nivel de importancia en el campo de la geomorfología en comparación con estructuras locales como pliegues, fracturas y unidades de desplazamiento.

Los geólogos e ingenieros civiles a menudo emplean varios marcos conceptuales para interpretar los orígenes de las deformaciones mecánicas y los fenómenos relacionados. Como resultado, se asignan valores específicos a los estratos geológicos para determinar una comprensión unificada de términos y conceptos clave (Suárez, 2015)

1.13.2.4 Prospección geofísica

En este pasaje, profundizamos en la evaluación de las magnitudes físicas y su conexión con las características geológicas para realizar prospecciones. Estas técnicas de



prospección no son invasivas y con frecuencia se complementan con investigaciones adicionales, como la utilización de pozos o pozos de prueba.

1.13.2.5 Refracción sísmica

Al utilizar este enfoque específico, tenemos la capacidad de realizar perfiles de elevación mediante la recopilación de información de sensores que están espaciados uniformemente. El estímulo contundente, normalmente un martillo de 8 kg, se emplea para distancias variables de 25 m y 100 m respectivamente. El espacio entre los geófonos suele ser de unos 5 m y es necesario capturar un mínimo de 3 disparos. Sin embargo, para un examen más completo, es factible capturar 5 tomas para lograr un mayor nivel de complejidad.

1.13.2.6 Ensayo

La muestra obtenida se somete a pruebas para representar con precisión la composición general y las propiedades del suelo. En el proceso de evaluación geotécnica del sitio para la colocación de un sistema hidráulico, se realizan varias pruebas estándar para determinar las propiedades relevantes del suelo. Estas pruebas, conocidas como pruebas de identificación, tienen como objetivo proporcionar características indicativas de la mecánica del suelo.



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

Análisis

Un enfoque eficaz para categorizar el suelo por tamaño implica un proceso sencillo. Este proceso implica tamizar el suelo a través de una serie de tamices, dividiendo así el material en varias fracciones según sus respectivas dimensiones.

El propósito de esta prueba, como lo establece la norma es determinar las diversas dimensiones de las partículas del suelo y determinar el porcentaje de partículas que pasan a través de los tamices específicos utilizados en la prueba, que tienen un tamaño máximo.

Tras la vibración adecuada, que puede realizarse de forma manual o mecánica, se mide posteriormente la cantidad de muestra que queda en cada tamiz individual, determinando así su proporción.

Límites de Consistencia.

La determinación del límite líquido y límite plástico de un determinado suelo se basa en dos ensayos de laboratorio: el "Método Casa Grande ASTM-D-423 MTC E110-2000" para indicar el límite líquido, y la "Determinación del límite plástico de suelos ASTM-D- 424 MTC E111-2000" para determinar el límite plástico.



El laboratorio requiere las pruebas mencionadas anteriormente, que se denominan colectivamente "límites de consistencia". Estas pruebas se realizarán como una unidad.

Humedad Natural.

La metodología para realizar este examen se rige por la reconocida norma ASTM-D-2216 MTC E108-2000, la cual se titula "determinación de la humedad del suelo por secado en estufa" (Braja, 2008).

Sistema (SUCS).

La clasificación de suelos, un aspecto fundamental de todos los esfuerzos geotécnicos, depende de la evaluación tanto de la granulometría como de la plasticidad del material. Es a través de esta evaluación que los suelos se organizan en distintos grupos.

Para clasificar con precisión el suelo, se ha establecido una norma técnica. Esta norma implica la realización de los análisis granulométricos y de límites de consistencia necesarios para cada tipo de suelo en particular que se estudie. Es crucial realizar estas pruebas para lograr la clasificación deseada.

Las siguientes son las divisiones que se han hecho.

- Los suelos que se consideran de grano grueso son aquellos en los que menos del 50% del peso total es capaz de pasar por un tamiz de malla 200 (0,074 mm).
- Los suelos de composición de grano fino se definen como aquellos en los que más del 50% de la materia, medida en peso, es capaz de pasar por un tamiz de malla 200.



- Los suelos que poseen una composición orgánica se pueden distinguir por su aroma distintivo, su tono oscuro y la textura porosa, todo lo cual contribuye a su notable compresibilidad.

Los suelos que tienen un tamaño de partícula más grande se clasifican como de grano grueso. Existen diferentes clasificaciones dentro de esta categoría.

- **Gravas (G):** Las gravas se definen como materiales en los que menos del 50% de su peso puede pasar por el tamiz No. 4 (5 mm).
- **Arenas (S),** la definición de arena es que consiste en partículas donde más de la mitad del peso puede pasar por el tamiz No. 4.

Proctor Modificado.

Los suelos que entran en la categoría de grano grueso se caracterizan por el hecho de que menos de la mitad de su peso total es capaz de pasar a través de un tamiz con una luz de malla de 200 (0,074 mm).

Los suelos que entran en la categoría de composición de grano fino se identifican específicamente por tener más del 50 % de su contenido.

La extraordinaria compresibilidad de los suelos con una composición orgánica se puede atribuir a varias características distintivas. Estas características incluyen una fragancia única, un tono profundo y una textura porosa, todo lo cual se combina para crear sus características distintivas



1.13.2.7 Mecánica de rocas

Cuando se trata de mecánica de rocas, implica el examen de los aspectos teóricos y prácticos de las características y respuestas mecánicas de los elementos de roca. Esto incluye analizar cómo reaccionan a las fuerzas externas dentro de su entorno físico.

Las diversas aplicaciones de la mecánica de rocas se pueden clasificar en tres categorías principales. Hay tres categorías principales que abarcan diferentes usos de la roca en la construcción.

Clasificación

La categorización de los macizos rocosos se basa en una serie de factores que dictan sus características mecánicas y su comportamiento.

Propiedad de la roca matriz.

La frecuencia y naturaleza de las perturbaciones, que dictan la extensión de la fragmentación, las dimensiones y configuración.

La medida en que se ha producido meteorización o alteración.

El fenómeno del estrés que ocurre en su ubicación original.

La existencia del agua.

El proceso de clasificaciones geomecánicas involucra la evaluación de formaciones rocosas utilizando información obtenida tanto de exposiciones superficiales como de perforaciones. Estas clasificaciones encuentran aplicación principalmente en la construcción de túneles, ya que el estudio de macizos rocosos a profundidades significativas plantea desafíos considerables. Sin embargo, también se usan de manera



más amplia para categorizar formaciones rocosas desde una perspectiva geotécnica. Al calcular el índice RMR.

Índice de Calidad de la Roca.

La evaluación del calibre de una muestra de roca requiere el examen de una ecuación matemática que mida el grado de fisuras por metro en las secciones expuestas de la matriz de la roca. Hay formaciones rocosas particulares que ocupan una posición intermedia y presentan una composición heterogénea, variable y anisótropa. Estas masas están influenciadas por varias discontinuidades, que incluyen fallas, pliegues, juntas y grietas. En consecuencia, sus propiedades mecánicas deben ser evaluadas y determinadas.

Para evaluar el calibre del macizo rocoso RQD, la propuesta de Priest y Hodson de 1976 introduce una ecuación diferencial. Esta ecuación considera la cantidad de discontinuidades por metro lineal como un factor crucial.

1.13.2.8 Ensayos de permeabilidad

Ensayo de Gilg-Gavard.

La prueba de permeabilidad se lleva a cabo bajo tierra, en presencia de las condiciones atmosféricas naturales que ocurren durante el proceso de perforación y una parte de la prueba de perforación, luego de la remoción de una sección de la tubería de revestimiento. La presión del agua dentro de la sección probada de la tubería está determinada únicamente por la elevación del agua sobre el nivel freático.

Por lo general, esta prueba se realiza en suelos, rocas modificadas o rocas muy desgastadas. Estos materiales, según la teoría, poseen la capacidad de facilitar una permeabilidad.



Ensayo de Lugeon.

El ensayo de Lugeon es una metodología que consiste en inyectar agua en un pozo de perforación de diamante en roca dura, a una presión y calibre específicos. Este proceso tiene como objetivo lograr la saturación de presión y la conductividad dentro de la masa rocosa. El propósito de realizar este procedimiento es garantizar la estabilidad de los taludes cortados en roca en varios proyectos de ingeniería, como construcción, represas, embalses, plantas hidroeléctricas y centrales eléctricas.

El ensayo de Lugeon se puede realizar durante la progresión de la perforación o después de que finalice el proceso de perforación. CIMENTACION EN ARCILLAS EXPANSIVAS

La producción de cimientos en suelos arcillosos es el resultado de la interacción entre ciertos elementos de la arcilla y el agua. Estos componentes minerales específicos tienen la capacidad de absorber agua, lo que lleva a una expansión de su volumen. (Braja, 2008)

1.13.2.9 Cimentación en rocas

Cuando se construyen pequeñas presas de tierra sobre cimientos de roca, el tema de la resistencia no es una preocupación importante. Sin embargo, es esencial ser consciente de los peligros potenciales que plantean la erosión y la filtración. Estos riesgos se derivan principalmente de la pérdida considerable de agua que puede ocurrir a través de varias vías (Deere, 1964)



1.13.2.10 Capacidad

Cuando una cimentación experimenta una carga vertical centrada que aumenta gradualmente, habrá un aumento notable y significativo tanto en el asentamiento de la cimentación como en el suelo circundante. Este aumento en el asentamiento se puede representar visualmente en un gráfico. Aunque ciertas cargas ejercidas sobre la cimentación pueden ser relativamente pequeñas, el asentamiento seguirá aumentando en proporción directa a la magnitud de la carga, mostrando una característica elástica.

A medida que la carga aumenta gradualmente, la curva de carga de asentamiento comienza a aproximarse a una asíntota. En este punto, el suelo alcanza un estado en el que ya no puede tolerar ninguna carga adicional.

1.13.2.11 Intemperismo

El proceso de meteorización, también conocido como erosión, es el efecto combinado de varios factores como el clima y la actividad biológica. Estos procesos conducen a la ruptura y desintegración de las rocas cuando están constantemente expuestas a los agentes atmosféricos, transformando las rocas sólidas y compactas en un residuo finamente fragmentado. El grado de meteorización también está influenciado por la permeabilidad de los diferentes materiales, lo que afecta el movimiento de las sustancias. Adicionalmente, la karstificación ocurre en áreas donde hay presencia de Clarisas (Gonzales, Ferrer, & Ortuño, 2002)

1.13.2.12 Geodinámica externa

Grado de Meteorización.

Al comienzo, el proceso de meteorización inicia una transformación dentro del macizo rocoso, lo que genera efectos perjudiciales tanto en la estructura de la roca como



en los planos de discontinuidad existentes. Esto ocurre a través de la ruptura mecánica o física de la masa rocosa, lo que hace que los granos se separen o los minerales se rompan debido a la disolución o congelación del agua glacial. En consecuencia, estas fracturas se desintegran, formando planos de debilidad que finalmente contribuyen a la inestabilidad del macizo rocoso. Estos planos de debilidad, también conocidos como discontinuidades, sirven como vías a través de las cuales fluyen las aguas meteóricas, intensificando así los procesos de meteorización física y química.

Procesos de Meteorización.

Los procesos se ven afectados por una multitud de factores climáticos y variables asociadas, que incluyen, entre otros, temperatura, humedad, precipitación y patrones de viento. Estos componentes sirven como determinantes significativos en la configuración del carácter y la magnitud de los cambios físicos.

Meteorización de Matriz Rocosa.

La formación de planos con diferentes orientaciones es un resultado directo de las fracturas físicas en la roca sólida. Estas fracturas se producen debido a diversos procesos, como la creación de pequeñas roturas provocadas por los ciclos de congelación y descongelación o la acumulación de sales. Además, los cambios en la humedad y la temperatura también pueden causar que el volumen de la roca fluctúe, lo que lleva a la creación de estos planos. Los efectos de la alteración química pueden variar desde un simple cambio en el color de la roca hasta la desintegración real de silicatos y otros minerales, aunque se sabe que ciertos minerales como el cuarzo resisten estos procesos. (Gonzales, Ferrer, & Ortuño, 2002)



Grado de Fracturamiento.

El grado de fragmentación está determinado por las circunstancias de meteorización, específicamente la cantidad de diaclasas o fracturas descubiertas dentro de cada metro lineal de la formación rocosa expuesta. Además, cuando el macizo rocoso experimenta un esfuerzo cortante, los movimientos tectónicos se entrelazan intrincadamente con la matriz rocosa (Gonzales, Ferrer, & Ortuño, 2002)

Grado de Alteración.

El proceso de modificación presentes en la matriz de la roca se puede observar en los planos de fractura o dentro de la propia roca original. Esta alteración se puede medir en función de su nivel de fragilidad dentro de la matriz rocosa.

Movimiento de Masas.

El desplazamiento de masas se refiere al movimiento gradual o rápido de un volumen específico de suelo, roca o una combinación de ambos. Este movimiento se produce en diversos grados y se produce principalmente debido a la fuerza de gravedad que actúa directamente sobre la superficie terrestre. Adicionalmente, otros factores como los fenómenos y condicionamientos geodinámicos contribuyen a este proceso.



CAPITULO II:

GEOMORFOLOGIA

En este capítulo de la geomorfología, es el resultado de la influencia del modelamiento tectónico-estructural por procesos endógenos y exógenos que dio lugar a eventos geomorfológicos regionales como las altas cumbres, el borde NE de la cordillera occidental y el valle del Apurímac. Se identificaron las siguientes unidades geomorfológicas: Valle glaciario, zonas morrénicas, montañas en roca volcánica, ladera de cerros, bofedales, laguna Ccuyo y colinas que definieron el entorno geomorfológico.

1.14 Geomorfología regional

El área de estudio tiene una superficie importante. Se puede dividir en tres unidades geomorfológicas distintas que se han formado y continúan evolucionando durante millones de años debido a procesos internos, tectónicos, erosivos y geodinámicos. Estos procesos han tenido lugar principalmente en regiones específicas, a saber, las áreas más altas de la Superficie Quechua y Zuni. Además, existen varias lagunas y valles de ríos de diferentes anchos a lo largo del territorio.

1.14.1 Faja intracordillerana

1.14.1.1 Altas cumbres

Situada dentro del cuadrángulo de Cotabambass, esta unidad en particular ocupa un rango de elevación de 4.200 a 5.000. En cuanto a sus características físicas, se distingue por cerros que presentan pendientes pronunciadas y, en ciertos casos, picos notables.

La glaciación del Cuaternario en la región de los Andes ha cautivado la atención debido a los intrigantes fenómenos geológicos observados. Estos depósitos



fluvioglaciares, aunque parcialmente ocultos por otros materiales clásticos, contribuyen al paisaje general.

En cuanto a su litología, la composición está compuesta principalmente por rocas conglomeradas que contienen clastos que miden entre 5 y 16 centímetros, los cuales se encuentran firmemente cementados dentro de la formación rocosa.

1.14.2 Borde NE de la cordillera occidental

Situada dentro del cuadrángulo de Cotabambass, esta unidad en particular ocupa un rango de elevación de 4.200 a 5.000 metros sobre el nivel del mar. En cuanto a sus características físicas, se distingue por cerros que presentan pendientes pronunciadas y, en ciertos casos, picos notables.

La glaciación del Cuaternario en la región de los Andes ha cautivado la atención debido a los intrigantes fenómenos geológicos observados. Las regiones elevadas han sufrido una importante escoriación, mientras que las áreas circundantes se distinguen por la existencia de acumulaciones de morrena y depósitos predominantemente fluvioglaciares. Estos depósitos fluvioglaciares, aunque parcialmente ocultos por otros materiales clásticos, contribuyen al paisaje general.

En cuanto a su litología, la composición está compuesta principalmente por rocas conglomeradas que contienen clastos que miden entre 5 y 16 centímetros, los cuales se encuentran firmemente cementados dentro de la formación rocosa.

1.14.3 Valle del Apurímac

Las imponentes cumbres y las cadenas montañosas en el lado este están intrincadamente esculpidas por profundos valles, que a menudo muestran cañones. En los valles del área examinada, los más destacados son los formados por el río Apurímac y sus diversos afluentes, entre otros. Cabe destacar que estos valles presentan importantes



descensos, superando los 1.000 metros en determinados tramos de su recorrido. Los lados de estos valles exhiben fuertes pendientes y frecuentemente están envueltos por gruesas capas de sedimentos arrastrados por el agua.

El rápido flujo del agua indica que los ríos aún no han alcanzado un estado de equilibrio. En el caso del río Apurímac, es evidente que sus ríos menores no han tenido el tiempo suficiente para establecer un curso constante, lo que resulta en un nivel básico empinado. Esto se puede observar en el terreno por la presencia de rápidos cerca del punto de convergencia. Algunos valles exhiben una mayor manifestación de este fenómeno, conocidos como valles colgantes.

A medida que se desarrollaba el período Cuaternario, el surgimiento resultó en una elevación significativa del nivel base de los ríos. Este evento transformador inició un proceso de erosión regresiva, que sirve como causa subyacente para la formación de los sistemas fluviales canalizados que se observan hoy. Esta explicación proporciona un contexto valioso para comprender los orígenes de estos ríos.

1.15 Geomorfología local

El área designada para evaluación como sitio potencial de represamiento para la laguna Ccuyo está rodeada por montañas hechas de roca volcánica, formando así un valle glaciar. Este valle se compone de regiones morrenicas, laderas, bofedales y cerros. Situada en las inmediaciones, la laguna de Ccuyo se encuentra enclavada dentro de un barranco glaciar, encaramado a una asombrosa altura de 4250 metros sobre la superficie del mar. Su origen está intrincadamente entrelazado con los fenómenos físicos de desgarramiento y trituración, incitados por el movimiento incesante del glaciar a través de sustratos de roca fragmentada. Como resultado de este esfuerzo incesante, no solo las paredes del valle quedaron impecablemente lisas, sino que el suelo del valle sufrió una



profunda metamorfosis, caracterizada tanto por la profundización como por la ampliación, junto con la deposición de escombros de roca fragmentada. Colectivamente, estos procesos han culminado en el rostro pintoresco actual de la laguna



1.15.1 Unidades geomorfológicas

1.15.1.1 Laguna Ccuyo

Las unidades morfológicas primarias bajo examen son el resultado de la actividad glacial que ocurrió durante el período Cuaternario. Estas unidades existen hoy como cuerpos de agua que están confinados por colinas y montañas.

La laguna de Ccuyo tiene sus raíces en la era glacial, producto de la intensa erosión que se produjo en esta región. Esta erosión se puede observar a través de las estrías glaciares, que fueron provocadas por el roce entre el macizo rocoso. Estas rocas ahora forman los lados y las barreras naturales de la laguna.

1.15.1.2 Valle glacial.

En términos de longitud, esta unidad geomorfológica particular es relativamente pequeña. Tiene una longitud aproximada de 1,20 km. Una característica notable dentro de esta unidad es la presencia de la laguna Ccuyo. Los flancos laterales sureste presentan un marcado contraste con el fondo del valle, mientras que el flanco noreste es comparativamente más bajo en elevación.

El valle en su conjunto exhibe una forma de sección transversal que se asemeja a la letra "U", que es indicativa de un valle glacial. Su formación se puede atribuir a los efectos erosivos del glaciar, específicamente a través de los procesos de excavación y abrasión. El valle está orientado en dirección noreste-suroeste.



Foto 1

Vista U del valle glaciar.



Fuente: Propia

1.15.1.3 Zonas morrenicas.

Estas son formaciones geológicas conocidas como características de depósito, que consisten en fragmentos de roca. Este fenómeno ocurre predominantemente en pendientes pronunciadas dentro de áreas de sedimentación. En la región relevada se identificaron zonas de morrenas con material sedimentario al noreste de la laguna Ccuyo, situada en la base del cerro Pachacsimi.



Foto 2

Vista de morrenas.



Fuente: Propia

1.15.1.4 Montañas en roca volcánica

Se caracterizan por tener relieves abruptos e imponentes en las cumbres de los límites de la cuenca. Donde dichas montañas se encuentran al noreste, noroeste y al sureste de la zona de estudio.

Foto 3

Vista de la montaña en roca volcánica.



Fuente: Propia



1.15.1.5 Ladera de cerros.

El terreno en esta área muestra una diversa gama de pendientes, con algunas secciones de las colinas que exhiben inclinaciones de fuertes a moderadas. La característica predominante del terreno es el macizo rocoso, que se ha formado como resultado de la ruptura gradual de rocas volcánicas pertenecientes al grupo tacaza. Esta ruptura ha sido causada por varios agentes físicos, incluidos el hielo, la lluvia y otros procesos de meteorización.

Los laterales de las lagunas están formados por estas formaciones geológicas, creando barreras naturales compuestas por depósitos sedimentarios que se encuentran en la base de los taludes. Estas barreras bordean directamente la laguna, particularmente en su región nororiental.

Foto 4

Vista de ladera de cerros.



Fuente: Propia

1.15.1.6 Bofedales

En la zona de estudio dentro de la microcuenca Ccuyo se ha identificado dos bofedales.



Foto 5

Vista de bofedal identificado.



Fuente: Propia

1.15.1.7 Colinas

Esta unidad, comprende de un espacio geomorfológico, con pendientes suaves con algunos resaltantes a manera de pequeñas colinas formados por erosión de montañas y cerros, movimiento y deposición de sedimentos del glaciar.

Foto 6

Vista de colinas que constituyen la laguna de Ccuyo.



Fuente: Propia.

BACH. DARWIN ROGELIO CRUZ CHURA

BACH. MANUEL LEONIDAS VARGAS VASQUEZ



1.15.2 Geomorfología del vaso de la presa

El terreno en cuestión consiste en una amplia extensión nivelada caracterizada por una transición gradual de una elevación a otra. En el extremo superior, la superficie está adornada con suelos biogénicos que se encuentran comúnmente en los bofedales, mientras que más abajo hay depósitos formados por la actividad glacial que se extienden hasta 10 metros. Más abajo, la base está compuesta por varias rocas volcánicas como brechas, calizas y conglomerados. La topografía circundante consiste en montañas bajas y pendientes suaves compuestas de suelos morrénicos y rocas volcánicas, que contienen efectivamente este reservorio.

Foto 7

Vista de geomorfología del vaso de la presa.



Fuente: Propia.

1.15.3 Geomorfología del dique de la presa

El estribo izquierdo del dique consiste en un terreno recto y ondulado que parte de la cadena montañosa baja más grande. Este terreno se eleva gradualmente hasta una



altura máxima de 8 metros y está compuesto por una base volcánica rocosa, cubierta por suelos morrénicos de hasta 3 metros de espesor. Por otro lado, el estribo derecho del dique se caracteriza por un paisaje montañoso curvo que se asemeja a un cierre de cuenca. Este terreno también se origina en una cadena montañosa baja más grande y se inclina suavemente hasta una altura de 10 metros. Al igual que el estribo izquierdo, está formado por una base volcánica rocosa y está cubierto por suelos morrénicos, con un espesor máximo de 4 metros.



Foto 8

Vista de geomorfología del vaso de la presa.



Fuente: Propia

1.15.4 Controles geomorfológicos

La presa Pachacsimi se encuentra a 4250 msnm, en los relieves altiplánicos, con brechas de calizas y conglomerados fuertemente plegadas del Paleógeno a Eoceno, abundante cantidad de materiales morrénicos, fueron llevados desde las cumbres de las montañas y depositados hacia el valle glaciar formando cierres naturales de laguna, lagunetas, y bofedales como es el caso de la laguna de Ccuyo.

1.15.5 Pendientes

Se empleó la utilización de una guía de elevación digital en la creación del mapa de pendientes. Esta guía fue formulada con base en la delineación de curvas de nivel que permiten la identificación de distintas clases. Inicialmente, la clasificación se realizó mediante porcentajes, ya que es el método más utilizado para representar la variable pendiente.

Se muestra el cálculo de las pendientes de la microcuenca Ccuyo.



Tabla 1

Cálculo de pendiente de la microcuenca Ccuyo

PENDIENTE DE LA CUENCA				
PENDIENTES		PROMEDIO (A)	OCURRENCIA (B)	A*B
MIN	MAX			
0	10	5	1074	5370
10	20	20	1671	33420
20	30	35	1996	69860
30	40	50	1254	62700
40	50	65	462	30030
50	60	80	186	14880
60	70	95	79	7505
70	80	110	19	2090
80	90	125	4	500
90	100	140	3	420
TOTAL			6748	226775
pendiente promedio de la cuenca %			33.6062537	

Fuente: Propia

1.15.6 Topografía

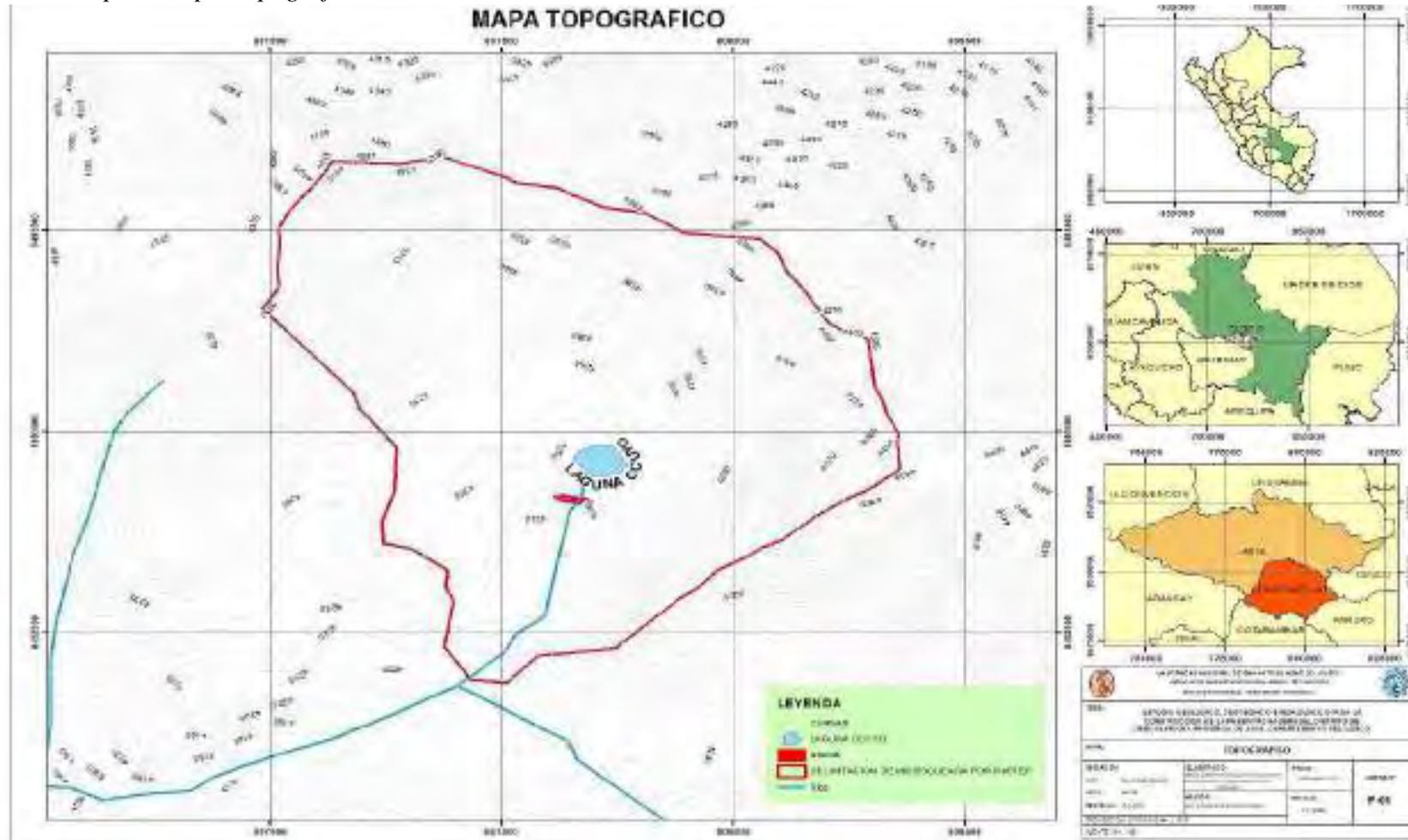
En cuanto al terreno, se creó una representación detallada utilizando líneas de contorno a intervalos de 10 metros. Esto permitió un examen más completo al producir el mapa. En el levantamiento topográfico se detectó que el punto más alto alcanzó una elevación de 4417 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.), mientras que el punto más bajo se registró a 4216 m.s.n.m. Como resultado, se construyó el mapa topográfico con base en datos extraídos de los cuadrángulos de Tambobamba que se encuentran en la hoja 28r de INGEMMET.



"ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA PACHACSIMI DEL DISTRITO DE CHINCHAYPUJIO, PROVINCIA DE ANTA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO"

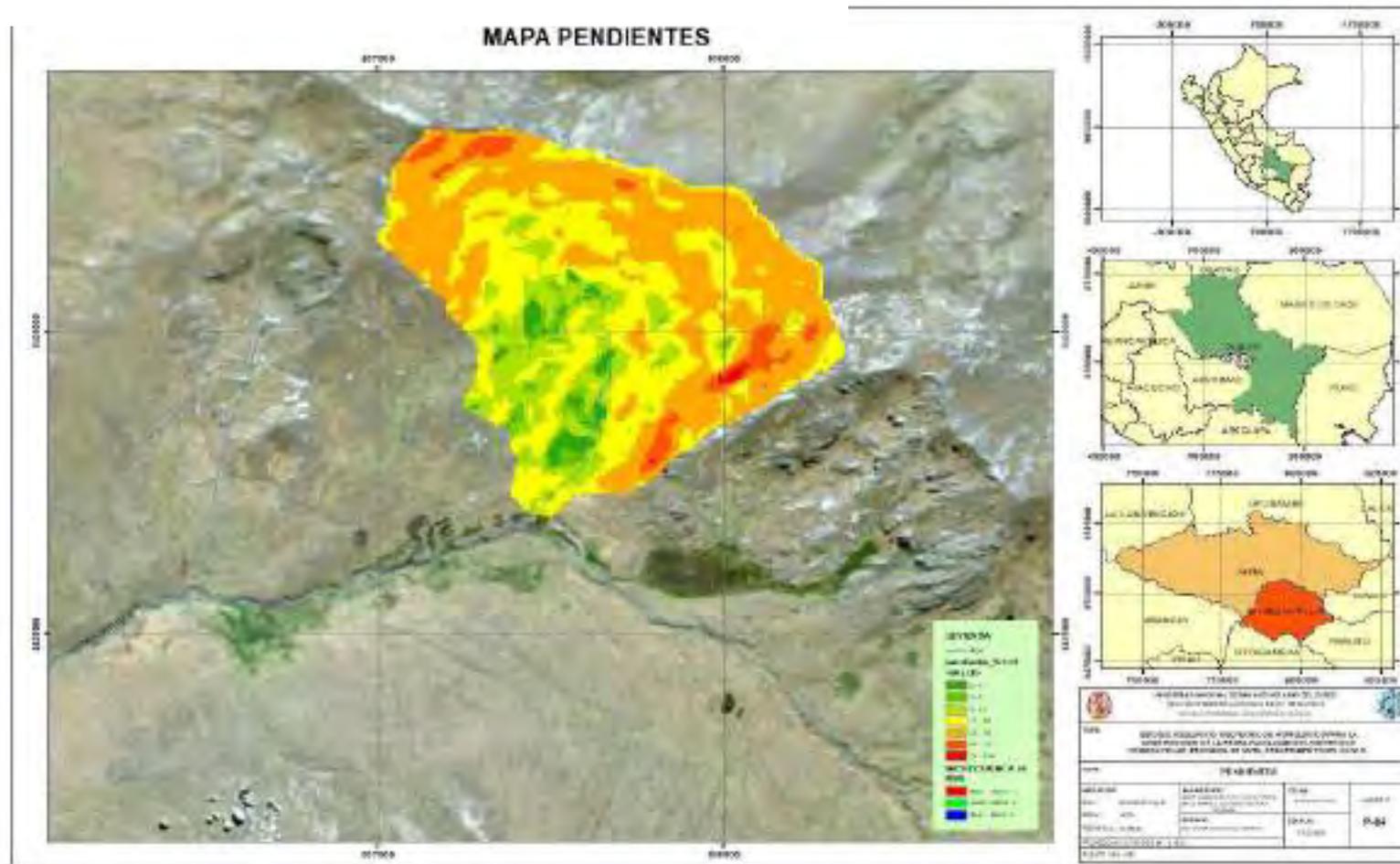


Mapa 4 Mapa Topográfico





Mapa 5 Mapa Pendientes



BACH. DARWIN ROGELIO CRUZ CHURA

BACH. MANUEL LEONIDAS VARGAS VASQUEZ



CAPITULO III:

GEOLOGIA

En el presente estudio geológico se identificó las unidades estratigráficas regionales como el grupo Tacaza y la presencia de depósitos cuaternarios (depósitos de morrenas, fluvioglaciares, aluviales, coluviales y bofedales). En la geología local se identificó las siguientes unidades estratigráficas: La geología del área de estudio no presenta complejidad, por lo que es de relativa simplicidad. (Instituto Geológico minero y metalúrgico, 1995)

1.16 Unidades

1.16.1 Cenozoico

1.16.1.1 Grupo tacaza

La litología de esta formación consta de ocho unidades distintas. Comenzando en el fondo, hay secuencias de brechas, lahares y volcanoclásticos. Estas secuencias contienen clastos subangulares de caliza y andesita, y su composición se hace más evidente a medida que se asciende. Avanzando, encontramos tobas líticas brechadas y alteradas, con las líticas compuestas principalmente de lavas andesíticas. La matriz de estas tobas es una combinación de arena y ceniza, y el buzamiento general de esta unidad alcanza un máximo de 25° al suroeste. Para resumir, las unidades de abajo hacia arriba son las siguientes:

- **Lahares, brechas, caliza y conglomerados**

Los lahares, que son volcanes sedimentarios de color rojizo, van acompañados de ocasionales bombas de lava. Estos volcanes están compuestos por una matriz terrosa volcánica que contiene líticos de hasta 50 cm de tamaño. Se intercalan con conglomerados y volcanes polimícticos. Las muestras más impresionantes de estos volcanes se encuentran en el pueblo de Conchacalla, en la ruta hacia el pueblo de Chinchaypujio.



- **Lavas, brechas y tobas brecha**

El paisaje se caracteriza por la aparición de lavas afaníticas de color gris oscuro, que ocasionalmente son interrumpidas por tobas y brechas de lava. Estas lavas han sufrido un grado moderado de alteración, y hay una presencia esporádica de minerales que contienen cobre.

El área donde emerge se ubica cerca del pueblo de Huanca, específicamente dentro de los límites de Vilcabamba y al suroeste de Huanoquite.

- **Toba, bloques y ceniza**

Las tobas líticas, caracterizadas por una matriz arenosa que contiene una mezcla de diferentes fragmentos de roca de hasta 50 cm de diámetro, se solidifican mediante un proceso de cementación y soldadura. Estas formaciones son visibles en la zona del caserío Totorá, específicamente en la sección Conchacalla y Chinchaypujio, ubicadas en el extremo sureste de la lámina cerca del poblado de Ccapi.

- **Toba de ceniza**

Las tobas cementadas en la secuencia piroclástica están acompañadas de tobas de ceniza que tienen una textura lapillítica. Estas tobas de ceniza varían en color de blanquecino a rosado y se encuentran en capas de espesor variable.

- **Toba cristalolítica soldada**

La secuencia piroclástica soldada, compuesta por cristales y líticos de un centímetro de tamaño, exhibe una composición que consiste principalmente en materiales plutónicos y subvolcánicos, intercalados con rasgos polimícticos líticos esporádicos.

- **Toba brecha**



Las tobas de brecha sedimentadas, caracterizadas por un tono beige claro, forman un flujo piroclástico. Dentro de este flujo, hay volcanes sedimentarios intermitentes y lahares rojizos en la base. Estas formaciones muestran una estructura columnar notable.

En la región central sur de este cuadrángulo, hay una formación rocosa expuesta que ha sido analizada minuciosamente en términos de su litología. Esta formación consiste en una serie estratificada de tobas brechas blanquecinas, caracterizadas por una matriz tobácea donde se encuentran rocas fragmentadas (mixtas), predominantemente andesíticas. Esta secuencia se intercala con flujos piroclástico delgados ocasionales que miden menos de un metro de espesor. Hacia la parte superior de la formación, las capas se vuelven más delgadas y el tamaño de las rocas fragmentadas disminuye. Debajo de este, hay secuencias volcánicas que exhiben las facies de brechas del Grupo Tacaza.

1.16.2 Cuaternario

Estas formaciones consisten en depósitos geológicos que se han acumulado en un pasado relativamente reciente. Estos depósitos incluyen morrenas, sedimentos fluvio-glaciares, materiales coluviales, depósitos aluviales, bofedales.

- **DEPOSITO DE MORRENAS**

El afloramiento de esta particular formación geológica es más notorio en las regiones elevadas, particularmente en el área que va de Tambobamba a Cotabambass y continúa hasta el tramo Cotabambass - Progreso.

La composición de estas formaciones consiste en clastos parcialmente redondeados e incrustados en una matriz que se caracteriza por una mezcla de arena y conglomerado. Vale la pena señalar que el período Cuaternario también ha visto la categorización de lavas de la Formación Santo Tomás.

- **DEPOSITOS FLUVIOGLACIARES**



Los depósitos de fluvio-glacial y travertino consisten en conglomerados que contienen varios tipos de rocas, incluidos bloques y gravas angulares, incrustadas en una matriz de arena parcialmente tobácea. Se pueden observar afloramientos notables de estos depósitos en la región más al norte de Tambobamba, específicamente en la comunidad de Occoruro.

- **DEPOSITOS ALUVIALES**

La composición de estas formaciones consiste principalmente en grava, caracterizada por varios bordes angulares de diferentes tipos de rocas incrustados dentro de una matriz de arena arcillosa. Estas formaciones se ubican típicamente en valles elevados y valles con cañones, donde crean terrazas dentro de canales antiguos y más recientes. Adicionalmente, estas formaciones se pueden observar en las laderas de los valles, manifestándose como conos aluviales.

- **DEPOSITOS COLUVIALES**

Las laderas de las montañas contienen depósitos que se ubican cerca de sus cumbres. Una exposición notable de estos depósitos se puede ver al noreste del pueblo de Ccorca. Tras un examen más detenido, la composición de estos depósitos revela una mezcla de arena, lodo y bloques subangulares.

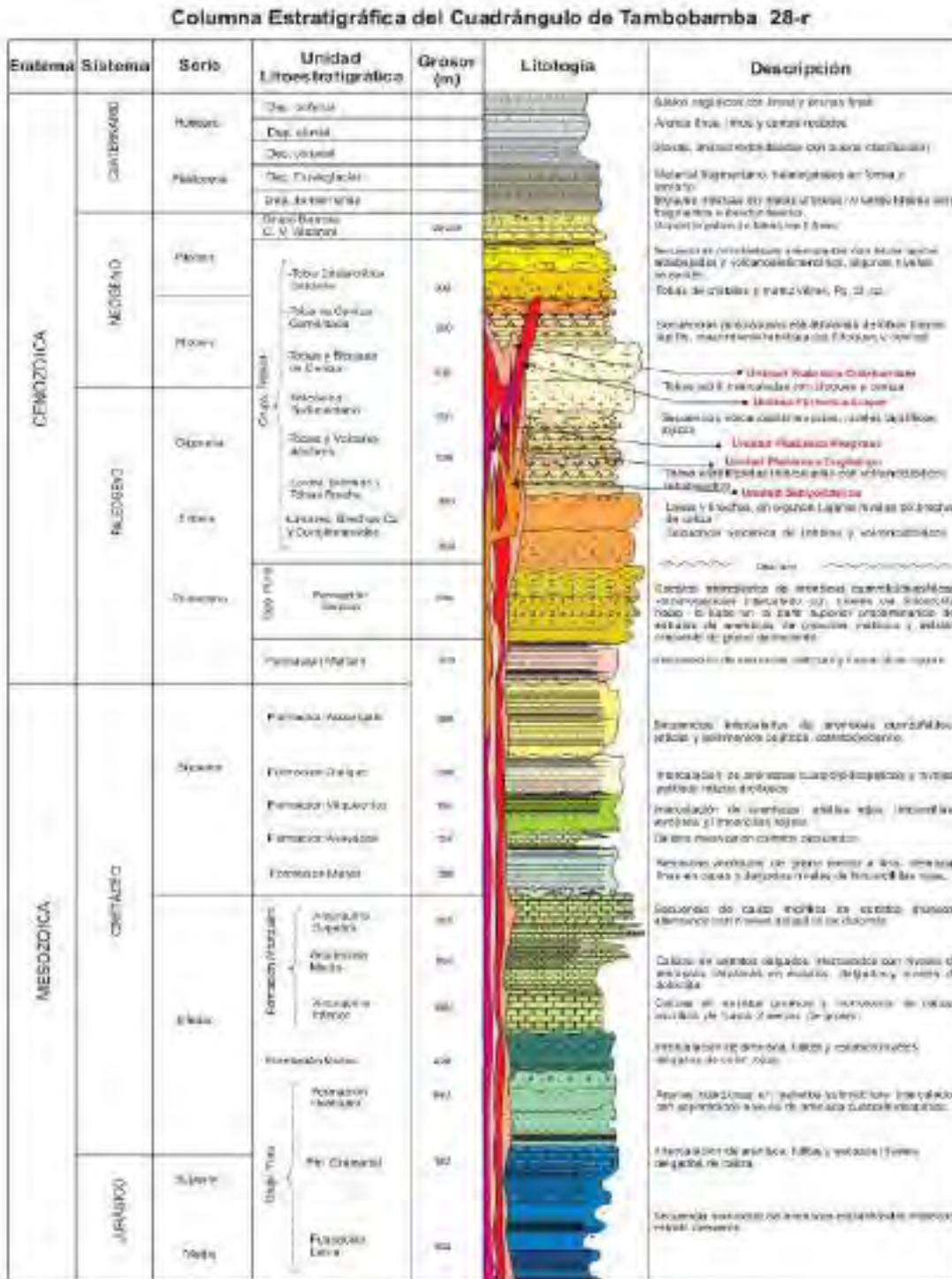
- **DEPOSITOS BOFEDALES**

Los bofedales de la zona de Occoruro se caracterizan por su constante reactivación y acumulación de materia orgánica a través del crecimiento de la vegetación. Estos depósitos, que son relativamente recientes y, a menudo, fangosos, se pueden encontrar en las regiones altiplánicas junto con depósitos fluvio-glaciares y de morrenas. Cabe señalar que en esta zona en particular se pueden observar varios bofedales.



Imagen 1

Vista de imagen de la columna estratigráfica del cuadrángulo de Tambobamba 28r.



Fuente: Ingemmet



1.17 Unidades estratigráficas locales

El sitio designado para la edificación de la represa Pachacsimi es el área del Proyecto. Durante el estudio, el equipo geológico también descubrió secuencias litográficas estratigráficas que se alinean con el grupo Tacaza. Además, identificaron depósitos fluvio-glaciares del Cuaternario, los cuales serán detallados en la siguiente descripción.

1.17.1 Grupo tacaza

En la formación Sonco hay capas de rocas volcánicas mezcladas con conglomerados. Estas capas descansan sobre las Capas Rojas del grupo Puno de manera discordante.

Esta serie se denomina "Volcánica Tacaza" debido a su ubicación en la secuencia estratigráfica, que es idéntica a la del volcán Tacaza ubicado en el lago Titicaca.

El material recién cortado muestra una combinación de tonos grises, blancos y rosas. Por el contrario, el color transformado adquiere un tono gris violáceo.

Foto 9

Vista del afloramiento volcano sedimentario del grupo tacaza.



Fuente: Propia

- **Lahares, Brechas Caliza y Conglomerados**



Los lahares, caracterizados por volcanes sedimentarios rojizos y bombas de lava esporádicas, se encuentran dentro de una matriz terrosa volcánica que contiene líticas que pueden alcanzar hasta 50 cm de tamaño. Estas formaciones están intercaladas con conglomerados y volcanes polimícticos. Las ocurrencias más notables de estos rasgos se pueden observar en la región alta de la microcuenca del Ccuyo.

Foto 10

Vista del volcan sedimentario de lahares y brechas de caliza del grupo tacaza



Fuente: Propia.

Los conglomerados afloran, sobre todo, a lo largo de la carretera Anta-Chinchaypujio, presentándose en bancos de 1 a 5 metros de grosor. En la región bajo investigación la matriz de roca del grupo tacaza.



Foto 11

Vista del conglomerado del grupo tacaza.



Fuente: Propia

1.17.2 Depósitos cuaternarios

Los depósitos cuaternarios son de tres tipos.

1.17.2.1 Depósitos coluviales.

Representado por materiales caído por gravedad ubicados en los pies de montaña Pachacsimi constituidos por material heterogéneo de arenas, conglomerados, clastos de caliza.



Foto 12

Vista del depósito coluvial.



Fuente: Propia.

1.17.2.2 Depósitos aluviales.

Los depósitos aluviales consisten en cantos rodados más o menos redondeados, cuya forma está influenciada por la distancia que han sido transportados. Estos depósitos están envueltos en una mezcla de arena y limo, formando crestas. El tamaño de los elementos constitutivos varía según la ubicación. En ciertas zonas, los conos aluviales pueden tener dimensiones considerables, con bordes de hasta dos metros de diámetro, como el cono aluvial que se encuentra en la desembocadura de la microcuenca Ccuyo.

Situada dentro de la composición geológica regional, la presa está posicionada sobre suelos cuaternarios que han sido depositados por el flujo de agua.



Foto 13

Vista del depósito aluvial en la microcuenca Ccuyo.



Fuente: Propia

1.17.2.3 Depósitos fluvioglaciares.

Toda la región superior del área examinada presenta evidencia de actividad glacial.

Las rocas evidencian la presencia de glaciares en forma de morrenas y marcas. Estas morrenas laterales a menudo toman la forma de crestas extensas e imponentes que flanquean los valles excavados por los glaciares. Compuestas de bloques ásperos e irregulares incrustados en una sustancia arenosa, estas morrenas son prominentemente visibles en las laderas de la montaña Pachacsimi, situada al norte de la zona de investigación designada. Las morrenas ubicadas en la base de los glaciares no son tan llamativas visualmente y se pueden observar en los suelos de los valles glaciares. Los depósitos dejados por el movimiento del agua de deshielo debajo de estos valles glaciares están estratificados y generalmente consisten en material de conglomerado.



Foto 14

Vista panorámica del depósito glacial y fluvioglacial en la microcuenca Ccuyo.



Fuente: Propia



CAPITULO IV:

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

En este capítulo el dominio estructural regional es la falla inferida Huanquite - Chonta. En la geología se ha identificado seis fallas normales con una moderada inclinación de las estratificaciones que forman un anticlinal, que tienen una orientación principal NE-SW. La presencia de diaclasas sirve como testimonio de la actividad tectónica que ha dado forma a esta región. Sin embargo, es importante señalar que estas características geológicas no influyen en el desarrollo de la infraestructura hidráulica planificada. (INRENA, 1995)

1.18 Geología estructural regional

La presentación del dominio estructural revela la presencia de la falla Huanquite - Chonta, la cual se infiere. Dentro de esta área, hay un patrón de plegamiento observable que corre en dirección noroeste-sureste, lo que indica un nivel moderado de deformación. Este plegamiento es particularmente notorio en las rocas de la Formación Arcurquina. Además, se han mapeado lineamientos en este sector específico, y muestran una correlación con los pliegues en términos de su orientación comparable.



Imagen 2

Vista de imagen de la falla inversa al NE.



Fuente: Propia

1.19 Geología estructural local

1.19.1 Fracturas.

El área se encuentra al norte de la ubicación propuesta para la fundación de la presa Pachacsimi. Varias fracturas visibles, con una orientación principal de NE-SW, también están presentes en el área. Las fracturas están dispuestas en las siguientes direcciones.

Tabla 2

Fracturas Identificados en el macizo rocoso

FRACTURAS	RUMBO	BUZAMIENTO
FRACTURA 01	N40°E	59°NW
FRACTURA 02	N55°E	18°NW
FRACTURA 03	N40°E	17°NW
FRACTURA 04	N40°E	20°NW
FRACTURA 05	N40°E	15°NW
FRACTURA 06	N40°E	22°NW

Fuente: Propia



Foto 15

Vista de fracturas en el macizo rocoso.



Fuente: Propia

1.19.2 Diaclasas

La superficie de las rocas volcánicas del grupo tacaza presenta diaclasas y fracturas visibles, lo que indica un proceso de evolución tectónica. Este proceso ha sido influenciado por la presencia de una micro-cuenca, resultando en la propagación de fisuras y fracturas de hasta 3 cm de ancho. Estas fracturas, sin embargo, permanecen sin rellenar.

Foto 16

Vista del sistema de diaclasas.



Fuente: Propia



1.19.3 La influencia tectónica en la zona de estudio.

Las rocas volcánicas sufrieron sistemas de Fracturamiento y fallas como resultado del proceso tectónico.

El cerro Pachacsimi presenta una inclinación moderada de sus estratos, orientados SE-NW, lo que indica la actividad tectónica que ha influido en esta región. Sin embargo, este fenómeno geológico no impide el desarrollo de la infraestructura hidráulica prevista, ya que está presente desde que la Cordillera de los Andes comenzó a elevarse y ahora solo se utiliza como medida para evaluar el nivel de fracturamiento dentro del macizo rocoso del grupo Tacaza.

Foto 17

Vista de una fuerte inclinación



Fuente: Propia



CAPITULO V:

GEOFÍSICA.

El presente capítulo tiene por objetivo investigar mediante la prospección geofísica de tomografía geo eléctrica para el proyecto, a fin de obtener las principales características de conductividad vs resistividad y la gráfica respectiva de la sección eléctrica, dando a conocer un panorama de valores de ohm para así poder determinar con qué tipo de litología está determinándose en función a valores del agua, se realizó en total de 4 secciones paralelos, determinando materiales saturados y materiales sueltos con presencia de rocas volcánicas y medianamente fracturados.

1.20 Prospección geofísica

La presente prospección se realizó con la finalidad de obtener los principales aspectos de conductividad vs resistividad y la gráfica respectiva de la sección eléctrica, dando a conocer un panorama de valores de ohm para así poder determinar con qué tipo de litología está determinándose en función a valores del agua. Así mismo la prospección geofísica de tomografía geo eléctrica para la Presa de Pachacsimi se realizó en total de 4 secciones paralelos, siendo así determinando materiales saturados y materiales sueltos con presencia de rocas fracturadas.

1.21 Objetivos

- El propósito de este estudio es identificar la existencia de diferentes capas geo eléctricas tanto a lo largo como dentro de las secciones. Al hacerlo, nuestro objetivo es determinar la siguiente información.
- Determinar las características Litológicos e hidrogeológicos
- Realizar ensayos de tomografía Geo eléctrica en la presa Pachacsimi
- Determinar los valores de resistividad y conductividad resultados en Ohm x m



- Efectuar la interpretación de las características litológicas y estructurales de las líneas tomográficas expresadas en los perfiles geo eléctricos.

1.22 Metodología de trabajo.

De acuerdo al servicio realizado es necesario considerar las fases de estudio para así poder realizar los ensayos en campo y posteriormente llevar al gabinete para realizar los respectivos análisis de los valores obtenidos. Fase de investigaciones de campo.

La ejecución se realizó a través de los ensayos de Tomografía eléctrica ubicado en el sector de Pachacsimi en 4 distribuciones de secciones con los métodos en prospección geo eléctrica de Wenner y Wenner-Schlumberger.

- **Fase de campo**

Se ha realizado línea de tomografía Geo eléctrica/Eléctrica los que permiten un mejor conocimiento y análisis de las características físicas de los materiales del subsuelo teniendo valores de resistividad tanto en suelos y rocas. Estas han sido relacionadas con la geología de la zona de prospección, la correlación se hace a través de cortes estructurales construidos a partir de la geología superficial, obteniéndose resultados de acuerdo a la prospección.

- **Desarrollo en gabinete**

Nuestro objetivo al realizar este estudio es determinar la presencia de distintos estratos geo eléctricos, tanto a lo largo como dentro de las áreas estudiadas. Al lograr esto, nuestro objetivo es extraer los siguientes datos.

1.22.1 Equipos utilizados

Equipo utilizado en los ensayos de tomografía eléctrica



Para determinar los parámetros geo eléctricos dentro del sitio de investigación designado, se utilizó el equipo GEOTIGA ELECTRIC. En concreto, se empleó el modelo DZD-6A con el fin de determinar el sondeo eléctrico vertical (SEV), mientras que la Tomografía Geo eléctrica se realizó con el modelo DUK-2A.

El equipo utilizado es para Tomografía geo eléctrico de 60 Multicanales, ambos equipos DZD-6A y DUK-2A. Para garantizar la efectividad y el rendimiento de los datos de perforación geo eléctrica, es crucial ejecutar la configuración correcta para el equipo geo eléctrico. El proceso de instalación juega un papel vital en el logro de los resultados deseados.

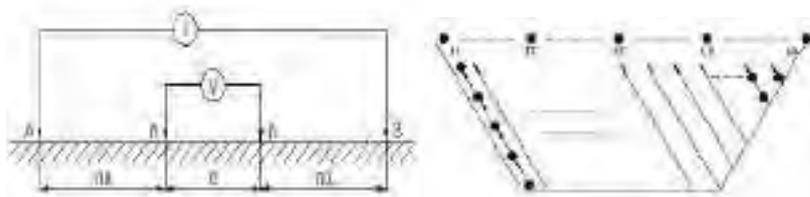
A. Método Wenner (Wnmode N = 1)

Para una configuración con 60 canales, la guía de electrodos es la siguiente: hay electrodos A, M, N y B. Entre estos, A y B sirven como enchufes mientras que M y N forman pares de electrodos de medición. La distancia unitaria entre electrodos, denotada como $Am = MN = NB$, aumenta de acuerdo con el factor n, variando desde el mínimo hasta el máximo.

De manera similar, el espaciado del intervalo consta de cuatro electrodos distribuidos uniformemente. Esta configuración particular es adecuada para medir con precisión la sección fija y sus atributos correspondientes. El resultado produce una forma *escalonada inversa*, como se muestra en la imagen adjunta.

Imagen 3

Ilustración.



Fuente: Método de Wenner.



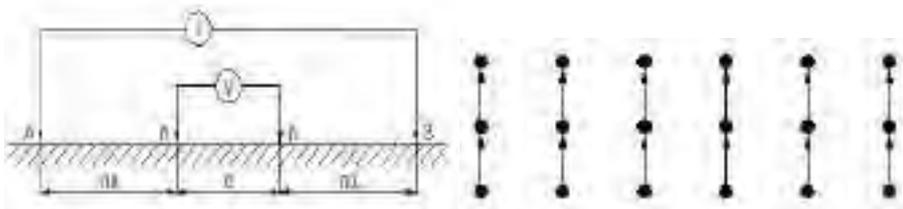
B. Método Schlumberger (Modo Sb1)

Las matrices se utilizan en una técnica de medición conocida como barrido rodante de sección variable continua. Durante el proceso de medición, los electrodos M y N permanecen estacionarios mientras que el electrodo A se mueve gradualmente hacia la izquierda y el electrodo B se desplaza hacia la derecha. Como resultado, se genera una línea sinuosa. Este proceso se repite, dando como resultado una sección rectangular.

Los electrodos están dispuestos de acuerdo con este patrón:

Imagen 4

Ilustración del método de resistividad eléctrica.



Fuente: Método de Schlumberger.

Cuando se aplican factores de ampliación, aumenta el espacio entre símbolos adyacentes en una señal de modulación de amplitud (AM) y una señal de banda de ruido (NB). Para optimizar el almacenamiento, los datos se organizan en capas según el factor de extensión de los intervalos. Este proceso de estratificación finalmente produce un resultado final que adquiere una forma trapezoidal inversa.

1.22.2 Tomografía eléctrica

1.22.2.1 Secciones tomográficas

La exploración geofísica ha implicado llevar a cabo de ensayos de tomografía eléctrica ERT, basado en el método geo eléctrico.

En este caso particular, se realizó una serie de tres tomografías eléctricas. La selección del número de escaneos y la profundidad deseada para cada escaneo fue un



esfuerzo de colaboración entre el equipo responsable de formular el proyecto y la consideración de factores geológicos y sus implicaciones en las características estructurales del área.

1.22.2.2 Ubicación de las líneas

Las líneas están ubicadas de acuerdo a lo que se muestra en la siguiente

Imagen 5

Ilustración de la ubicación de las secciones en el área de estudio



Fuente: Propia.

1.22.2.3 Descripción de la interpretación de secciones.

Después de realizar las iteraciones necesarias y analizar las interpretaciones de las cuatro líneas tomográficas, se ha proporcionado una descripción completa de cada una de las secciones tomográficas.



Se describe cada una de las dos secciones interpretadas en base a los dos métodos, con la descripción de las propiedades de los materiales fundamentados en la interpretación de las resistividades obtenidos en las líneas Geo eléctricas.

Sección A.

De la sección A que contiene 300m de longitud con un espacio de 5m por nodo, realizado en línea paralelo para el dique de la presa considerando ambos flacos del trazo del dique de la presa.

Sección B.

La sección B que contiene 300m de longitud con un espacio de 5m por nodo, realizado en línea paralelo a la sección A situado dentro del vaso de la presa, para determinar los materiales que están inmersos en el sub suelo, así mismo estar interceptando con las secciones C y D respectivamente.

Sección C.

Así mismo la sección C que tiene una longitud de 300 m de longitud hace referencia a la cortante de la sección B a la altura del electrodo N°46 de la sección B interceptando perpendicularmente en el electrodo N°30 de la sección C, teniendo en cuenta que ambos tendrán correlación de los resultados obtenidos.

Sección D.

De la misma forma la sección D que tiene una longitud de 300 m de longitud paralelo a la sección C, hace referencia a la cortante de la sección B a la altura del electrodo N°16 de la sección B interceptando perpendicularmente en el electrodo N°41 de la sección C, teniendo en cuenta que ambos tendrán correlación de los resultados obtenidos y haciendo una perspectiva en 3D



Foto 18

Vista en campo con los equipos de resistividad.



Fuente: Propia.

1.22.2.4 Descripción de la interpretación de secciones.

Se realizó por 2 métodos o arreglos Wenner y Wenner Schlumberger para ver la variación horizontal y en profundidad que son de mayor confiabilidad respectivamente para cada arreglo; en base a las tres líneas tomográficas, después del proceso de iteración de resistividades aparentes, así como las interpretaciones correspondientes se ha procedido a describir cada una de las secciones tomográficas.

En el pasado, se han hecho ajustes a la topografía de la superficie del terreno durante la implementación de las pruebas. Esto se ha logrado colocando estratégicamente electrodos a lo largo de las líneas de tomografía de resistividad eléctrica. Los modelos geo eléctricos resultantes se derivan del proceso de inversión aplicado a las resistividades aparentes registradas en campo para cada una de las cuatro secciones descritas.

Los valores de resistividad de una roca no están determinados únicamente por su composición mineral, sino también por la presencia de agua, específicamente la porosidad, el grado de fractura y la salinidad. Cabe señalar que incluso las rocas del mismo tipo pueden presentar variaciones significativas en la resistividad. Sin embargo,

BACH. DARWIN ROGELIO CRUZ CHURA



cuando las características geológicas de un área se conocen de antemano, las diferencias relativas en la resistividad medidas durante un estudio de Tomografía de resistividad eléctrica (ERT) generalmente corresponden a los cambios en la cantidad de agua presente en el cuerpo rocosa. Por lo tanto, el mapeo geológico y el análisis estructural de la superficie ejercen una función crucial en la ejecución de interpretación.

Los valores de resistividad de un geo material exhiben un amplio rango de variabilidad, principalmente porque la conductividad eléctrica y la resistividad constan de dos componentes distintos. El primer componente, la conductividad electrónica, surge del movimiento de electrones en la mayor parte del geo material. El segundo componente, la conductividad electrolítica, surge del movimiento de iones dentro de los fluidos que ocupan los intersticios del geo material. En consecuencia, el aspecto más desafiante a partir de los datos recolectados de la tomografía eléctrica resistiva radica en la transición del modelo teórico, que abarca varias combinaciones de rocas y resistividades, al modelo físico que involucra estratos y geo materiales.

1.22.2.5 Valores para la interpretación

- En resistividades de $> 5000\Omega m$ = Roca pocamente fracturado a Macizo rocoso
- En resistividades de $1000\Omega m - 5000\Omega m$ = Roca medianamente fracturado
- En resistividades de $500\Omega m - 1000\Omega m$ = Roca altamente fracturado
- En resistividades de $300\Omega m - 500 \Omega m$ = material de depósitos recientes no saturados.
- En resistividades de $100\Omega m - 300 \Omega m$ = material de depósitos morrénicos y material reciente poco saturado.
- En resistividades de $50\Omega m - 100 \Omega m$ = material de depósitos morrénicos y material reciente altamente saturado



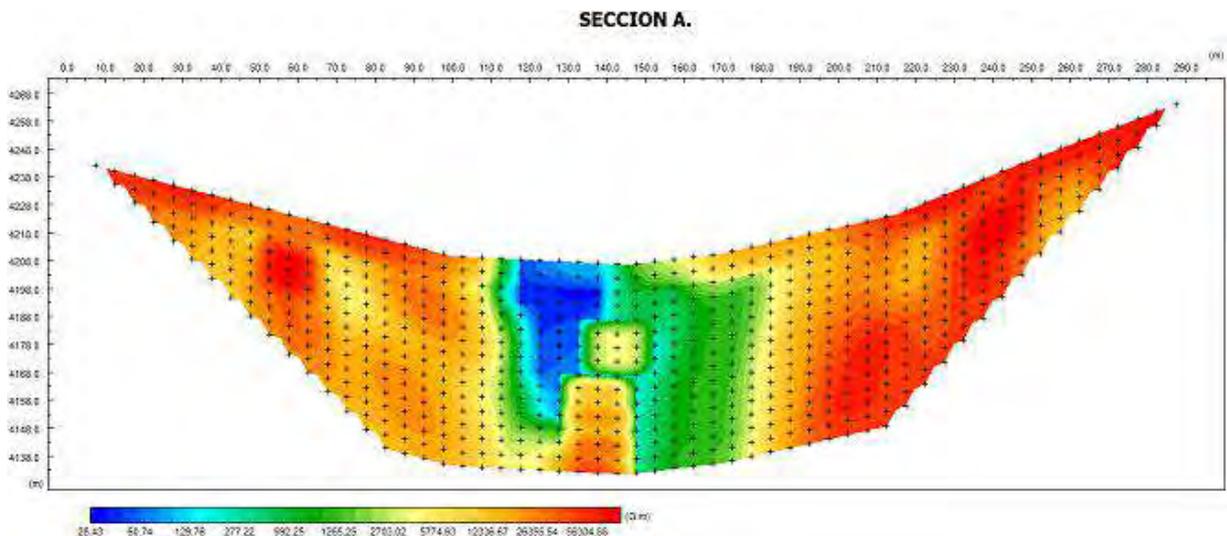
1.22.2.6 Resultados obtenidos de la prospección geofísica.

Sección A-A´

Corresponde a la línea longitudinal de 300m que inicia el punto del electrodo N°1 en la parte derecha terminando en el electrodo N°60 de la parte izquierda teniendo referencia frontal con dirección al sentido del riachuelo, para su mejor orientación en los puntos instalados comprendiendo en materiales de depósitos morrénicos y coluviales en la parte del rio con una profundidad de 6m.

Imagen 6

Ilustración del resultado de la sección A - Invertido



Fuente: Laboratorio Terra de Geotecnia - Geofísica.

A. Zona de baja resistividad

En la sección se observa en un sector cuyos valores están en el rango $28 \Omega \text{ m}$ a $150 \Omega \text{ m}$. que corresponde a zonas fracturadas con presencia de humedad.

Estos valores aparecen en la parte derecha de la sección entre la progresiva 60 metros, que podría estar asociado a una zona de fracturamiento de rocas volcano sedimentarios.

El nivel freático se manifiesta en la altura del bofedal de la corteza hasta infiltrando agua en la profundidad de las rocas volcano sedimentarios.

BACH. DARWIN ROGELIO CRUZ CHURA

BACH. MANUEL LEONIDAS VARGAS VASQUEZ



B. Zona de resistividad media

En la sección se puede observar la presencia de áreas con resistividad moderada. Estas áreas exhiben valores que van desde 150 a 2500 Ω m. Las zonas de transición entre áreas de baja resistividad y alta resistividad pueden atribuirse a factores específicos. Estos factores incluyen depósitos coluviales y aluviales, así como rocas fracturadas.

C. Zona de resistividad alta

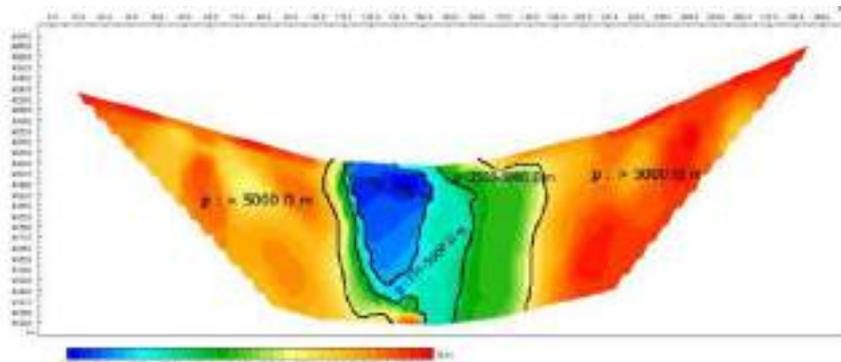
En varios sectores de la sección se aprecian zonas de alta resistividad. Los valores de resistividad en estas zonas van desde los 2500 Ω m hasta superar los 5000 Ω m. Los materiales en cuestión están afiliados a sustancias de rocas fracturadas que se encuentran dentro de las rocas volcánicas del grupo Tacaza.

D. Zona de resistividad Muy alta

Se observan que la gran parte de las secciones poseen esta resistividad en ambos flancos paralelos están en el rango de mayores de 5000 Ω . Corresponden a materiales de macizos rocosos pocamente fracturados de rocas volcánicas del grupo tacaza.

Imagen 7

Ilustración del resultado de la sección A – Interpretado en base de las resistividades



Fuente: Laboratorio Terra de Geotecnia - Geofísica.



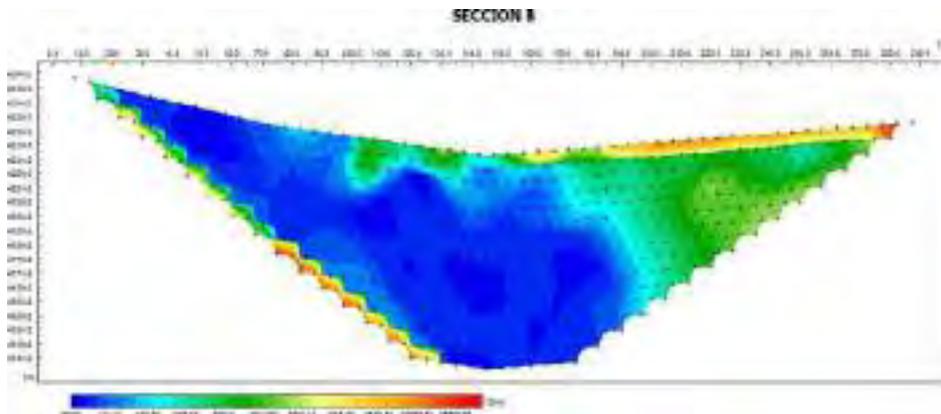
Sección B-B´

La sección B contiene 300m de longitud ubicado en la parte central de la presa, paralelo a la sección A, comprendiendo con una sección de en la parte del vaso de la presa, teniendo en cuenta que el punto medio del electrodo N°30 está ubicado en la misma parte del rio deparando ambos lados de 150m.

Así mismo esta lectura se realizó encima de un material de depósitos morrénicos y coluviales, considerando que en el vaso de la presa hay presencia en mayoría de materiales morrénicos y coluviales.

Imagen 8

Ilustración del resultado de la sección B – Invertido



Fuente: Laboratorio Terra de Geotecnia – Geofísica.

A. Zona de baja resistividad

Corresponde a zonas de rocas fracturadas con materiales intercalados de depósitos con presencia de humedad y aguas subterránea, estos valores aparecen en la gran parte de la sección B.

B. Zona de resistividad media

Hay varios sectores dentro de la sección donde se pueden identificar las zonas de resistividad media. Estas zonas exhiben valores que van desde 500 Ω ma 1000 Ω m.



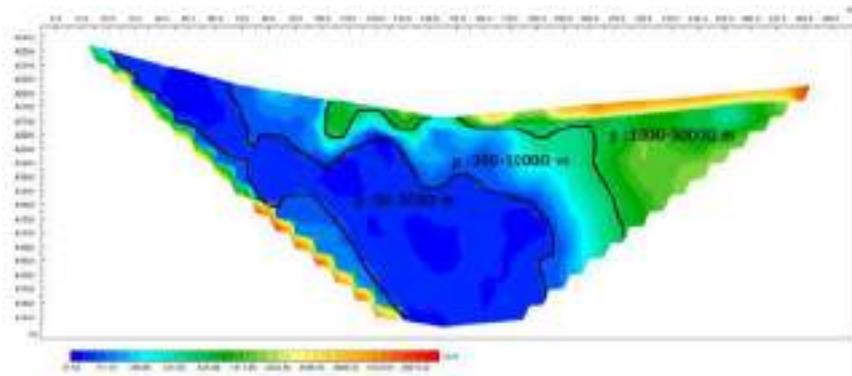
Las áreas en cuestión son las regiones donde la baja resistividad se transforma en alta resistividad. Visiblemente, estas regiones se alinean con depósitos del período Cuaternario que se extienden a una profundidad de 7 a 8 metros en la parte central de la sección.

C. Zona de resistividad alta

Correspondientes a rocas fracturas con poca presencia de saturación de agua (humedad) teniendo valores de resistividades altas.

Imagen 9

Ilustración del resultado de la sección B – Interpretado en base a las resistividades.



Fuente: Laboratorio Terra de Geotecnia - Geofísica.

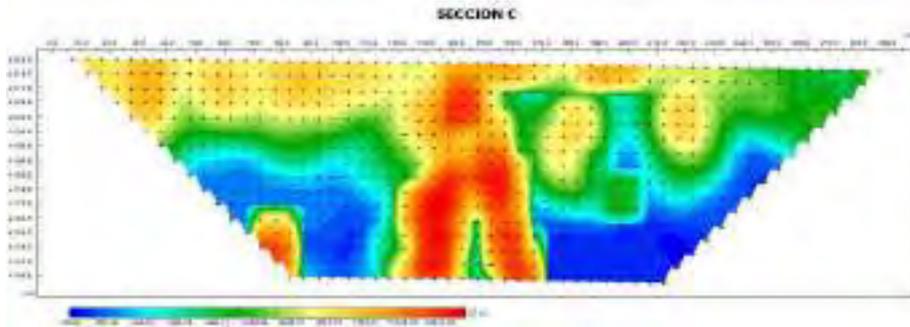
Sección C-C´

Corresponde a la línea longitudinal de 300m con dirección N a S, cortante a la sección B, en el electrodo 46 de la sección B y electrodo 30 de la sección C (en el punto medio de la sección)



Imagen 10

Ilustración del resultado de la sección C - Invertido



Fuente: Laboratorio Terra de Geotecnia - Geofísica.

A. Zona de baja resistividad

En la parte izquierda de la sección, hay un área distinta de baja resistividad. Los valores en esta zona van desde 130 Ω m a 500 Ω m. que corresponde a zonas de rocas fracturadas con presencia de humedad o agua subterránea.

B. Zona de resistividad media

La sección revela varios sectores donde se pueden observar las zonas de resistividad media. Estos valores caen dentro del intervalo de 500 Ω m a 1000 Ω m. considerando que poseen materiales de rocas fracturadas albergando dentro de ello depósitos de materiales coluviales, con presencia de humedad o poca saturación de agua.

C. Zona de resistividad alta

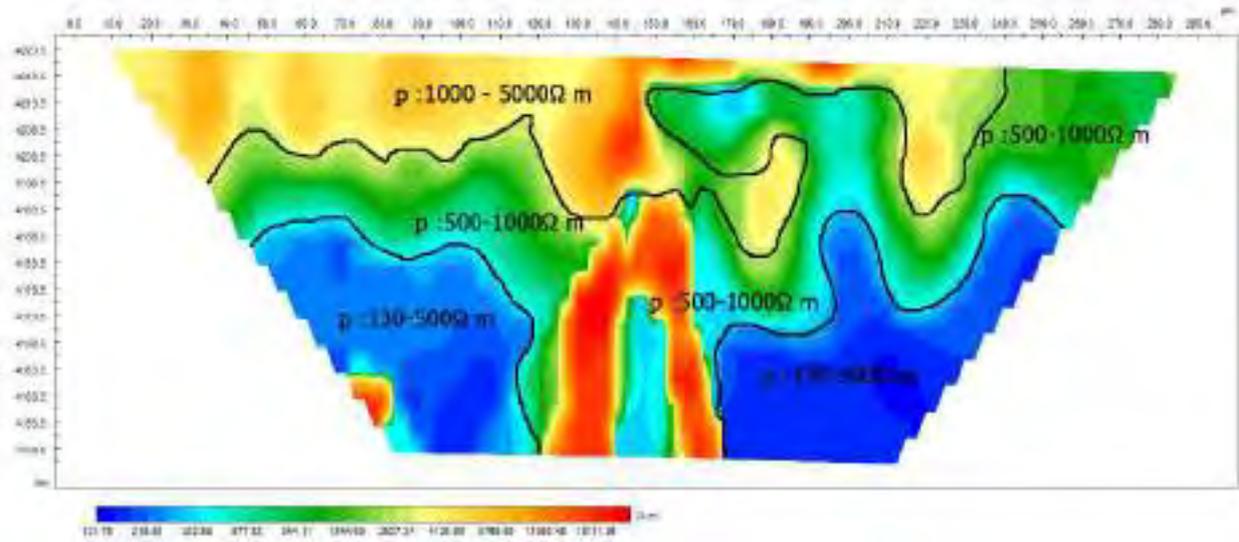
Múltiples sectores en la sección muestran zonas con alta resistividad, con valores que van desde 1000 Ω m hasta superar los 2000 Ω m.

Corresponden a rocas fracturadas con mayor cantidad de relleno de materiales coluviales y materiales recientes en la corteza con poca presencia de saturaciones.



Imagen 11

Ilustración del resultado de la sección C – Interpretado en base a las resistividades.



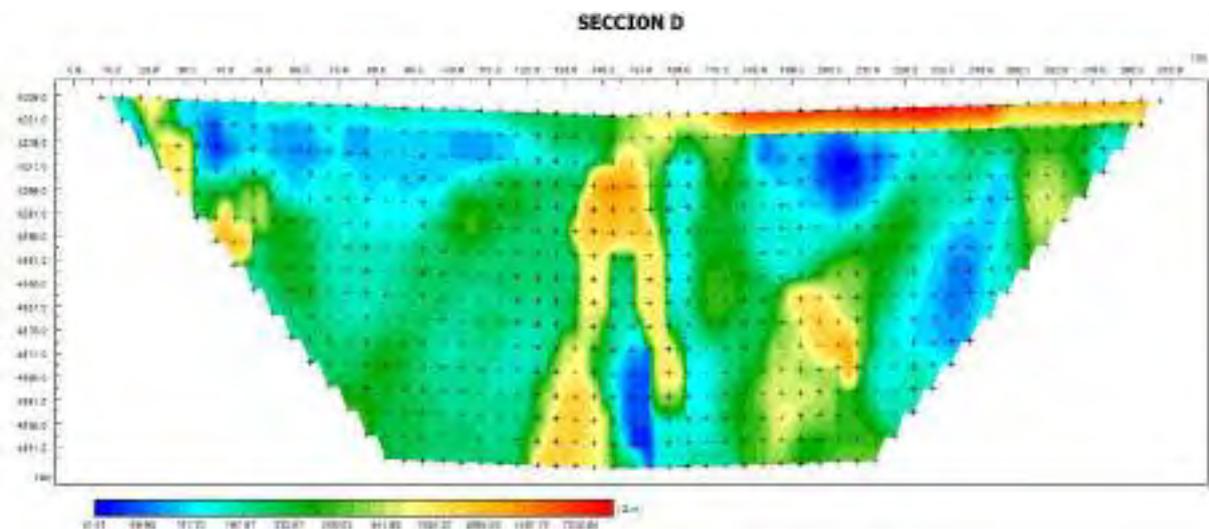
Fuente: Laboratorio Terra de Geotecnia - Geofísica.

Sección D-D'

Corresponde a la línea longitudinal de 300 con dirección N a S haciendo la cortante en la sección B en el electrodo 16 y en la sección D en el electrodo 13, haciendo la sección en base a los valores de conductividad y la resistividad.

Imagen 12

Ilustración del resultado de la sección D - Invertido



Fuente: Laboratorio Terra de Geotecnia - Geofísica.



A. Zona de baja resistividad

En la sección, hay un área perceptible de baja resistividad ubicada en el lado izquierdo. Los valores de resistividad dentro de esta zona oscilan entre $40 \Omega \text{ m}$ y $200 \Omega \text{ m}$. Además, las rocas fracturadas dentro de esta zona muestran signos de saturación.

B. Zona de resistividad media

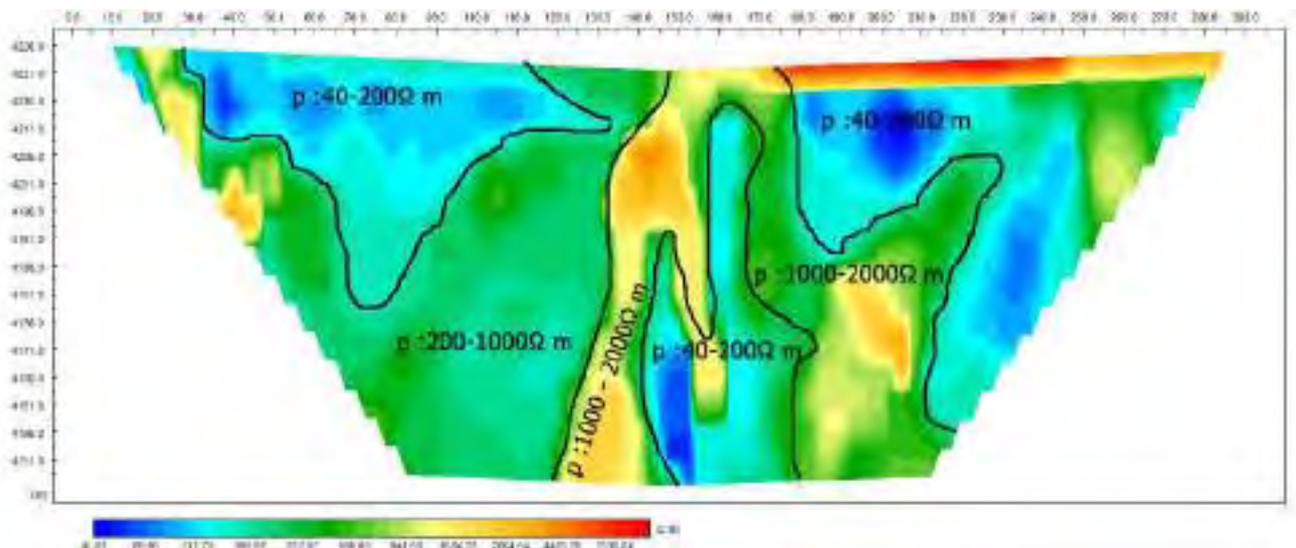
En varios sectores, se pueden observar distintas áreas de resistividad media dentro de la sección. Los valores de estas áreas se encuentran dentro del rango de $200 \Omega \text{ m}$ a $1000 \Omega \text{ m}$.

C. Zona de resistividad alta

Numerosas regiones dentro de la sección exhiben altos niveles de resistividad, con valores que van desde $1000 \Omega \text{ m}$ a $2000 \Omega \text{ m}$.

Imagen 13

Ilustración del resultado de la sección D – Interpretado en base a las resistividades.



Fuente: Laboratorio Terra de Geotecnia - Geofísica.

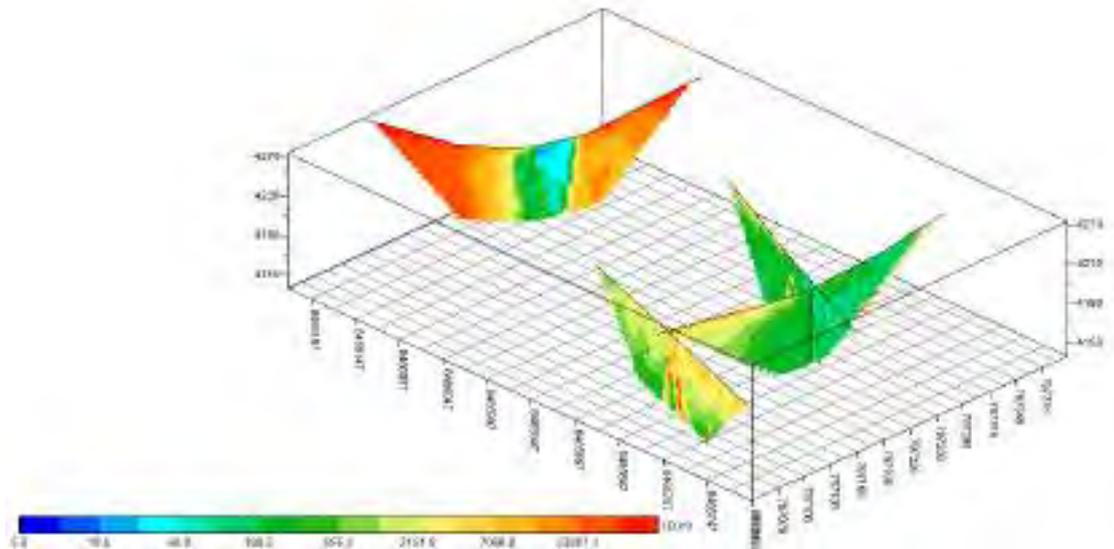
VISTA EN 3 DIMENSIONES



Para tener una perspectiva general de las secciones se realizó el modelado en 3D de las secciones con la interpolación general de las resistividades de las secciones.

Imagen 14

Vista frontal en 3D.



Fuente: Laboratorio Terra de Geotecnia - Geofísica.

PREMER RESULTADO: El examen minucioso y la evaluación numérica de las tomografías eléctricas arrojaron indicaciones positivas con respecto a las condiciones potenciales del suelo adecuadas para el plano arquitectónico de la represa Pachacsimi. Se ha observado que el estrato rocoso se encuentra relativamente cerca de la superficie dentro del eje estudiado.

SEGUNDO RESULTADO: Los suelos que recubren la superficie se caracterizan por un estado de alto contenido de humedad, con la consiguiente saturación de agua. Estos suelos consisten principalmente en materiales granulares heterogéneos, incluidos depósitos de morrenas y materiales recientemente saturados. Como resultado, se espera que su permeabilidad sea de moderada a baja.



TERCER RESULTADO: Revela que debajo de la capa de suelo se encuentra una formación rocosa que exhibe una alta resistencia. Esta roca actúa como un cimiento compacto e impermeable para los depósitos del Cuaternario.

CUARTO RESULTADO: En cuanto a la integridad estructural de la presa Pachacsimi, no se han detectado irregularidades que puedan comprometer potencialmente su estabilidad. Esto incluye la ausencia de fallas geológicas, juntas o cualquier otro factor que pueda contribuir al colapso de las estructuras de la presa.



CAPITULO VI:

HIDROLOGIA.

A partir de los parámetros meteorológicos, se describe el clima, temperatura y la humedad relativa según la estación meteorológica de Anta. Para el cálculo de la disponibilidad se analizó las estaciones meteorológicas de Anta, Kayra y Pisac, por ende, se efectuó el cálculo de la regionalización de la precipitación en la microcuenca Ccuyo, el coeficiente de escurrimiento, infiltración, caudal, la intensidad, etc. Teniendo como resultado el tiempo de retorno en años con respecto al caudal y la capacidad de almacenamiento del vaso.



1.23 Parámetros morfológicos de la microcuenca Ccuyo

Tabla 3

Datos morfológicos de la microcuenca Ccuyo

DATOS MORFOLOGICOS DE LA MICROCUENCA CCUYO		
AREA	km ²	1.067
PERIMETRO	km	5.525
ANCHO	km	1.46077
LARGO	km	1.33423
VALORES DE LAS COTAS		
COTA MINIMA	msnm	4216
COTA MAXIMA	msnm	4417
COORDENADAS		
CENTROIDE X	m	807662.8573
CENTROIDE Y	m	8493061.62
CENTROIDE Z	msnm	4323.0375
ALTITUDES DE LA CUENCA		
ALTITUD MEDIA	msnm	4316.5
PENDIENTE DE LA CUENCA		
PENDIENTE DE LA CUENCA	%	33.61
HIDROGRAFIA		
LONGITUD DEL CAUSE PRINCIPAL	km	0.6
ORDEN DE LA RED HIDRICA	adimensional	1
LONGITUD DE LA RED HIDRICA	km	0.6
PENDIENTE PROMEDIO DE LA RED HIDRICA	%	5

Fuente: Propia

1.24 Parámetros meteorológicos

1.24.1 Clima

La designación climática para el área de estudio, según lo determinado por Javier Pulgar Vidal, se categoriza como parte de la región Puna. Esta clasificación se basa principalmente en la elevación del área de estudio, que fluctúa entre 4216 y 4417 metros sobre el nivel del mar. Un análisis de los patrones climáticos utilizando datos recopilados de las estaciones meteorológicas de SENAMI en el área revela una clara variación estacional en las precipitaciones. La época de lluvias se prolonga de diciembre a abril,



con los niveles más altos de precipitaciones en enero. Por otro lado, la estación seca se extiende de mayo a noviembre, siendo junio el que presenta la menor cantidad de precipitaciones. Según registros históricos, la precipitación media anual en esta zona oscila entre 990 y 1070 mm. La temperatura promedio registrada en esta región es de 13,3°C, con la temperatura más baja registrada en 4,5°C y la temperatura más alta en 19°C.

1.24.2 Temperatura

El objetivo principal es determinar las temperaturas mediante el cálculo de diferentes medios, que incluyen la media anual, la media mensual y las medias mensuales mínima y máxima. Estos cálculos se realizaron a través de un estudio de correlación regional que consideró la elevación de cada estación y su correspondiente temperatura documentada. Este estudio se basó en la siguiente ecuación:

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

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

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

$$a = Y - bx$$

$$b = \frac{\sum xy - nXY}{\sum x^2 - nx^2}$$



Mediante la fórmula se obtiene el coeficiente de correlación:

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

En donde verificándose que: $-1 < r < 1$ Por lo tanto, se tiene que:

La temperatura media es:

$$T. \text{ Med.} = 31.25 + (-0.00575 * 4250)$$

$$T. \text{ Med.} = 6.81 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La temperatura máxima es:

$$T. \text{ Max.} = 38.44 + (-0.00563 * 4250)$$

$$T. \text{ Max.} = 14.51 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La temperatura mínima:

$$T. \text{ Min.} = 27.47 + (-0.00612 * 4250)$$

$$T. \text{ Min.} = 1.46 \text{ } ^\circ\text{C}$$

1.24.3 Humedad relativa

El siguiente punto aborda los términos recurrentes, destacando un descenso notorio de la humedad relativa de mayo a septiembre. Durante estos meses, los niveles de humedad se alinean estrechamente con las temperaturas promedio. Este patrón es evidente en las lecturas mensuales registradas en la estación meteorológica de Anta. En concreto, el módulo medio anual para el periodo 2017-2022 se sitúa en el 69,27%.



En el mes de agosto el valor mínimo de este parámetro se registra en 64,1%, mientras que en marzo el valor máximo alcanza el 75,8%.

Tabla 4

Datos de humedad relativa

ESTACION ANTA	ALTITUD	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
Humedad relativa (%)	3354	75.1	75.5	75.8	73.3	69.7	64.7	65.3	64.1	64.2	64.5	66.6	72.4	69.27

Fuente: Propia

1.25 Calculo.

Al determinar los volúmenes de escurrimiento anual, se empleó la Fórmula Racional. Esta fórmula ha demostrado ser efectiva para cuencas más pequeñas, específicamente aquellas que tienen 5,0 km² o menos. La precipitación considerada para este cálculo es la cantidad total anual con una probabilidad del 75%.

Mientras dure la época de lluvias se prolonga de noviembre a abril, la escorrentía generará capacidades de almacenamiento.

La ecuación alterada es la siguiente:

$$V = 1000 * C * P * A$$

Donde:

V: Volumen de agua de escorrentía (m³)

C: Coeficiente de escorrentía

P: Precipitación total anual media (mm)

A: Área de la cuenca (Km²)



1.25.1 Precipitación.

1.25.1.1 Información

Los datos utilizados en esta investigación se encuentran dentro de los límites geográficos de la cuenca que se analiza, incluidas las cuencas vecinas. Se obtiene de los registros del (SENAMHI). Estos registros abarcan varios parámetros meteorológicos, como la temperatura máxima, media y mínima, los niveles de precipitación, la humedad relativa y la duración de la insolación, entre otros. Las estaciones meteorológicas que se utilizarán para nuestra área de estudio son las siguientes:

Tabla 5
Estaciones meteorológicas utilizadas

ESTACION	UBICACION			LATITUD	LONGITUD	ALTURA (msnm)
	DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO			
PISAC	CUSCO	CALCA	PISAC	13°25'10.2"	71°51'3.1"	2990
ANTA	CUSCO	ANTA	ANTA	13°28'20.8"	72°13'9.9"	3354
KAYRA	CUSCO	CUSCO	SAN JERONIMO	13°33'24.29"	71°52'30.61"	3214

Fuente: Propia

1.25.1.2 Análisis de precipitación.

Con el fin de examinar la cantidad de precipitación, utilizamos estaciones meteorológicas ubicadas tanto dentro como alrededor del área de estudio designada que abarca la microcuenca.

Para utilizar los datos de los registros de precipitación, fue necesario realizar un análisis preliminar.

El examen de los patrones de consistencia y precipitación es un aspecto crucial del análisis.



1.25.1.3 Análisis regional de precipitación.

En la búsqueda de regionalizar los datos de lluvia, el objetivo es encontrar una ecuación de regresión. Inicialmente, se realiza una estimación analizando el gráfico de los datos brutos, lo que sugiere la presencia de una correlación aleatoria entre la elevación y el valor al cuadrado de la precipitación.

1.25.2 Coeficiente

El modelo de agua empleado permite la inclusión de las prácticas de uso de la tierra en el análisis de la escorrentía y la infiltración, lo que a su vez afecta la generación de agua. En consecuencia, la evaluación de la escorrentía implicó la utilización de múltiples criterios, como se describe en la tabla a continuación.

CALCULO:

- ❖ CRITERIO 1: según el tiempo de duración de la lluvia.

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

$$C = 0.5 * 35.5 / (35.5 + 15)$$

$$C = 17.5 / 50.5$$

$$C = 0.35$$

Tabla 6

Se muestra el tiempo de duración de la precipitación

1	$C = t / (t - 8)$	Para áreas impermeables
2	$C = 0.5t / (t + 15)$	Para áreas Semi impermeables
3	$C = 0.3t / (t + 20)$	Para áreas permeables arenosas
Donde:		
VARIABLE CUENCA		CCUYO
T = Tiempo de duracion de la lluvia (mm)		35.5
C = Coefiente de escorrentia		0.35

Fuente: de HOAD

- ❖ CRITERIO 2. según el periodo



Tabla 7
Periodo de retorno

CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE	PERIODO DE RETORNO EN AÑOS						
	2	5	10	25	50	100	200
PASTIZALES							
PLANO, 0 - 2%	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41	0.53
PROMEDIO, 2 - 7%	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49	0.58
PENDIENTE, > 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53	0.60
CUENCA (C) =	0.60						

Fuente: Hidrología – Mays.

❖ CRITERIO 3. Según la naturaleza

Tabla 8
Naturaleza según su topografía

NATURALEZA DE LA SUPERFICIE	TOPOGRAFIA	
	Ondulada 5 - 10%	Inclinada 10 - 30%
Cultivo general	0.60	0.72
Cultivo de pastos	0.36	0.42
Cultivo de bosques	0.18	0.21
Areas desnudas	0.80	0.90
C = Coeficiente de escorrentia %	0.42	

Fuente: Riesgos y avenamientos - Enrique

❖ CRITERIO 4. formula de JUSTIN.

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

$$F_s = 0.183 * (0.34)^{0.155} * \left(\frac{(674.02)^2}{160 + 9(4.8)}\right)$$

$$F_s = 0.15482116170431 * \left(\frac{454302.9604}{203.20}\right)$$

$$F_s = 346.14$$



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

$$Ce = \frac{346.14}{674.02}$$

$$Ce = 0.51$$

Tabla 9

Variables de la cuenca con sus valores respectivos

VARIABLE CUENCA	VALORES
S = Pendiente de la cuenca	0.34
R = Promedio anual de precipitación (mm)	674.02
T = Temperatura media anual en °C	4.80
Fs = Factor de escorrentía (mm)	346.14
Ce = Coeficiente de escorrentía %	0.51

Fuente: Formulas de JUSTIN

❖ CRITERIO 5: TURC.

$$L = 300 + 25 * T + 0.05 * T^3$$

$$L = 300 + 25 * 4.8 + 0.05 * (4.8)^3$$

$$L = 425.53$$

$$D = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}}$$

$$D = \frac{620.60}{\sqrt{0.9 + \frac{(620.60)^2}{(425.53)^2}}}$$

$$D = 356.70$$

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



$$C_e = \frac{(620.60 - 356.70)}{620.60}$$

$$C_e = 0.43$$

Tabla 10

Variables de la cuenca

VARIABLE/CUENCA	VALORES
T = Temperatura	4.80
P = Precipitación total anual (mm/año)	620.60
L = Coeficiente de temperatura	425.53
D = Deficit de escurrimiento (mm/año)	356.70
Ce = Coeficiente de escomentia %	0.43

Fuente: Formulas de TURC.

Tabla 11

Coeficientes

COEFICIENTE DE ESCORRENTIA DE LA MICROCUENCA MISKAHUAYCO	
CRITERIO/CUENCA	VALORES
Criterio 1	0.35
Criterio 2	0.60
Criterio 3	0.42
Criterio 4	0.51
Criterio 5	0.43
"C" PROMEDIO (%)	0.46

Fuente: Propia



1.25.3 Cuadros de análisis

Tabla 12

Análisis de la precipitación de la laguna Ccuyo

ESTACION	ALTITUD (m)	PRECIPITACION PROMEDIO ANUAL	REGRESION DE MENOR CUADRADO $(P = P_0 + P_1 \cdot H)$				PRECIPITACION PROMEDIO ANUAL (mm)
			X'	Y'	XY'	Y ²	
KAYRA	3219.00	678.19	1.04E+07	4.01E+05	7.04E+09	2.13E+11	609.01
ANTA	3340.00	748.16	1.12E+07	5.00E+05	8.57E+09	3.48E+11	658.26
PISAC	3950.00	518.77	1.70E+06	3.12E+05	4.86E+09	8.15E+10	694.39
SUMA	3509.00	2006.12	5.02E+07	1.38E+06	2.85E+10	8.28E+11	2022.07
NUMERO	3	3	3	3	3	3	3
PROMEDIO	3109.67	668.71	1.01E+07	4.35E+05	8.82E+09	2.19E+11	674.02
FÓRMULAS PARA EL CÁLCULO DE PARÁMETROS DE REGRESIÓN			VALORES DE PARÁMETROS DE REGRESIÓN				
A = SUMA X	9.51E+03	G = (C - A ²)/n	-2.01E+07	COEF. INDEPENDIENTE		B ₀ = 8.50E+05	
B = SUMA Y	2.01E+05	H = (E - AD)/n	2.50E+09	COEF. DEPENDIENTE		B ₁ = -1.25E+02	
C = SUMA X ²	3.02E+07	I = F - (D ²)/n	3.87E+10	COEF. DE CORRELACION		r = 0.85	
D = SUMA Y ²	1.36E+06	J = HG	-1.25E+02				
E = SUMA XY	2.05E+10	K = (I - JA)/n	8.50E+05				
F = SUMA Y ³	6.91E+11						
PRECIPITACION MEDIA ANUAL							
		MICROCUENCA	ALTURA	PP			
		CCUYO	4258	565.58			

Fuente: Propia

1.25.4 Oferta hídrica.

Debido a la ausencia de mediciones registradas sobre los niveles de agua en el área de estudio, los investigadores tuvieron que establecer las tasas de flujo y los niveles de volumen mensualmente. Lo lograron teniendo en cuenta primero la cantidad de precipitación que tuvo un impacto significativo y luego formulando una ecuación que abarcaba las tasas de flujo resultantes. (Mijares & Aparicio, 1989)

Tabla 13

Áreas calculado por cotas de la microcuenca Ccuyo

MIN	MAX	PROMEDIO	AREAS (km ²)	Area Acumulada	Area sobre la Cuenca	Areas en %	Areas sobre la curva (%)
4216	4236	4226	0.044247	0.044247	1.056106	4.0211641	95.97883588
4236	4256	4246	0.153558	0.197805	0.902548	13.95534	86.04466021
4256	4276	4266	0.207518	0.405323	0.69503	18.859221	81.14077937
4276	4296	4286	0.140187	0.54551	0.554843	12.740184	87.25981571
4296	4316	4306	0.127352	0.672862	0.427491	11.57374	88.42625957
4316	4336	4326	0.123309	0.796171	0.304182	11.206313	88.79368712
4336	4356	4346	0.116649	0.91282	0.187533	10.601053	89.39894743
4356	4376	4366	0.098579	1.011399	0.088954	8.9588523	91.0411477
4376	4396	4386	0.071473	1.082872	0.017481	6.495461	93.504539
4396	4417	4406.5	0.017481	1.100353	0	1.588672	98.411328

Fuente: Propia



Por lo tanto, los cálculos consideraron las generaciones de flujos y los flujos promedio mensuales producidos, así como el volumen de recursos disponibles y la información de almacenamiento proporcionada en el cuadro.

1.26 Incremento

El método del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) se emplea para aproximar la cantidad de agua que contiene una cuenca como resultado de la infiltración del suelo durante la precipitación.

El volumen de escorrentía (Q) está influenciado por dos factores principales: el volumen de precipitación (P) y la diferencia de volumen (F) entre la precipitación y la escorrentía. Además, existe un tipo específico de volumen de precipitación conocido como extracción inicial (Ia) que ocurre al inicio de la precipitación. Es importante señalar que el (SCS) ha establecido una relación asumida entre la precipitación y la escorrentía.

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

Donde:

Q: Volumen de escurrimiento

P: Volumen de precipitación

F: Volumen de infiltración

S: Retención máxima potencial

Ia: Abstracción inicial

La categorización inicial se basa en las características distintivas y la utilización de la tierra. Un examen práctico realizado por el SCS reveló que el enfoque más preciso para aproximar este valor fue:



$$Ia = 0.2 * S$$

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

El cálculo de S, determinado por estudios empíricos, puede obtenerse mediante los siguientes pasos:

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

El coeficiente de escorrentía, indicado como Ce, representa un factor crucial para determinar la cantidad de escorrentía y retención. Este coeficiente depende de varios factores, incluido el uso de la tierra y otras variables que afectan el flujo de agua y su retención.

1.26.1 Coeficiente.

En consecuencia, la evaluación del suministro de agua se realizó tanto en las circunstancias actuales como en el escenario futuro proyectado donde se implementa la intervención del proyecto. Al hacerlo, se realizaron alteraciones en la cobertura vegetal y en las condiciones de manejo del suelo.



Tabla 14
Coficiente de escurrimiento

COBERTURA VEGETAL	TIPO DE SUELO	PENDIENTE DEL TERRENO				
		PRONC	ALTA	MEDIA	SUAVE	DESPREC.
SIN VEGETACION	Impermeable	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6
	Semipermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Permeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
CULTIVOS	Impermeable	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5
	Semipermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Permeable	0.4	0.35	0.3	0.25	0.2
PASTOS VEGETACION LIGERA	Impermeable	0.65	0.6	0.55	0.5	0.45
	Semipermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Permeable	0.35	0.3	0.25	0.2	0.15
HIERVA GRAMA	Impermeable	0.6	0.55	0.5	0.45	0.4
	Semipermeable	0.5	0.45	0.4	0.35	0.3
	Permeable	0.3	0.25	0.2	0.15	0.1
BOSQUES DENSA VEGETACION	Impermeable	0.55	0.5	0.45	0.4	0.35
	Semipermeable	0.45	0.4	0.35	0.3	0.25
	Permeable	0.25	0.2	0.25	0.1	0.05

Fuente: U.S.

La estimación del coeficiente de escorrentía se realizó principalmente utilizando datos secundarios. Estos datos revelaron que una pradera con escasa cobertura vegetal tiene un coeficiente de escorrentía (C_e) de 0,5, lo que indica que no puede utilizar eficazmente el agua de lluvia y, por lo tanto, experimenta altos niveles de escorrentía. Por el contrario, un pastizal con vegetación densa tiene un C_e de 0,4, lo que demuestra su capacidad para gestionar mejor el agua de lluvia.

La integración de las prácticas de uso de la tierra y la vegetación en un modelo de agua permite examinar su influencia en los procesos de escorrentía e infiltración, lo que en última instancia impacta en la generación de agua. Como resultado, se realizó una evaluación del abastecimiento de agua, considerando tanto las condiciones presentes como los posibles escenarios futuros que incorpora la implementación del proyecto. Esta evaluación toma en consideración las condiciones fluctuantes de la cubierta vegetal y el manejo del suelo.



A primera vista, los aumentos en la generación hidroeléctrica dentro de las microcuencas pueden parecer insignificantes. Sin embargo, la principal ventaja radica en el aumento del suministro hidroeléctrico. Esto se hace evidente durante el período crítico que va de abril a octubre, cuando la demanda de agua alcanza su punto máximo. Es durante estos meses que observamos un aumento notable, que va del 8% al 70%.

CALCULO DE LA INFILTRACION

Tabla 15
Calculo de infiltración

CALCULO DE LA INFILTRACION DE LA MICROCUENCA CUUYO					
AREA: 100 Has		Ce: 0.46			
MES	PP	S	Ia (cm/mes)	INFILTRACION (cm/mes)	VOLUMEN (m ³ /mes)
Enero	16.69	5.87	1.17	5.89	52001.56
Febrero	17.68	5.87	1.17	5.98	52717.06
Marzo	13.82	5.87	1.17	5.57	49504.28
Abril	4.46	5.87	1.17	5.24	30474.06
Mayo	0.70	5.87	1.17	0.35	0.00
Junio	0.03	5.87	1.17	0.00	0.00
Juño	0.08	5.87	1.17	0.00	0.00
Agosto	0.65	5.87	1.17	0.28	0.00
Septiembre	1.80	5.87	1.17	1.50	0.00
Octubre	5.14	5.87	1.17	3.55	0.00
Noviembre	6.18	5.87	1.17	3.95	36427.06
Diciembre	13.09	5.87	1.17	5.47	48738.94
TOTAL					269862.96
Caudal promedio anual 8.68 Vs/añal					

Fuente: Propia



CALCULO DE LA INFILTRACION

Tabla 16

Calculo de infiltración

CALCULO DE LA INFILTRACION DE LA MICROCUENCA OCUYO					
AREA: 100 Has		Ce: 0.46			
MES	PP	S	le (cm/mes)	INFILTRACION (cm/mes)	VOLUMEN (m3/mes)
Enero	16.69	6.95	1.39	5.89	58907.38
Febrero	17.68	6.95	1.39	5.98	59834.69
Marzo	13.82	6.95	1.39	5.57	55695.65
Abril	4.46	6.95	1.39	3.24	32423.07
Mayo	0.70	6.95	1.39	0.35	0.00
Junio	0.03	6.95	1.39	0.00	0.00
Julio	0.08	6.95	1.39	0.00	0.00
Agosto	0.65	6.95	1.39	0.28	0.00
Septiembre	1.80	6.95	1.39	1.50	0.00
Octubre	5.14	6.95	1.39	3.55	0.00
Noviembre	6.18	6.95	1.39	3.95	39482.96
Diciembre	13.09	6.95	1.39	5.47	54718.99
TOTAL					301062.74
Caudal promedio anual 0.68 Vs/annual					

Fuente: Propia.

1.27 Descargas máximas.

El método racional opera bajo el supuesto de que la mayor cantidad de escorrentía resultante de la lluvia ocurre cuando la duración de la lluvia coincide con el tiempo. En este escenario, toda la cuenca contribuye al flujo en el punto de salida. Si la duración de la lluvia excede el t_c , toda la cuenca sigue contribuyendo, pero la intensidad de la lluvia disminuye debido a la mayor duración, lo que resulta en un caudal más bajo.

Cuando la duración de la lluvia es más corta que la constante de tiempo (t_c), la potencia de la lluvia aumenta. Sin embargo, cuando cesa la lluvia, el agua que ha caído en los puntos que están lejos. Solo se suma a la escorrentía de la cuenca, lo que resulta en un flujo reducido.

De acuerdo con esta metodología, el cálculo del caudal máximo se determina mediante la siguiente ecuación, que ilustra la fórmula racional:



Estimación de caudales para varios intervalos de recurrencia:

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

Donde:

Q = Caudal m³/s.

C = Coeficiente de escorrentia.

I = Intensidad de la lluvia en mm/hora.

A = Área de la cuenca Km².

1.27.1 Calculo

El tiempo que transcurre desde que desciende una gota de agua hasta que llega a la salida de la cuenca se denomina tiempo de concentración. Esta duración depende de los atributos geográficos y topográficos específicos de la cuenca, extendiéndose desde su límite más lejano hasta la salida antes mencionada en la (estación de aforo).

1.27.1.1 Formula

El cálculo del tiempo de concentración, según lo establecido por Soil Conservation, es el siguiente:

$$T_c = 0.0195K^{\Lambda 0.77}$$

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

Donde:

T_c = Tiempo de concentración (min).

H = Diferencia de cotas extremas hidráulicas (m).

L = Longitud del cauce (m).



1.27.1.2 CALCULO

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

Tabla 17

Calculo de la intensidad aplicado por el plan Meriss

TIEMPO DE RETORNO "T" AÑOS	LOGARITMO NATURAL DE LA INTENSIDAD $IT = -0.55465 \ln T + B$
2	$\ln I_2 = -0.55465 * \ln 2 + 0.16083$
5	$\ln I_5 = -0.56485 * \ln 5 + 0.42910$
10	$\ln I_{10} = -0.56453 * \ln 10 + 0.56950$
20	$\ln I_{20} = -0.55465 * \ln 20 + 0.68123$
50	$\ln I_{50} = -0.55465 * \ln 50 + 0.80471$
100	$\ln I_{100} = -0.55485 * \ln 100 + 0.88475$

Fuente: Propia



1.27.2 Cálculos y resultados.

Tabla 18
Cálculos

LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL (m)	1334.23	
ALTURA MAXIMA	417	
ALTURA MINIMA	4216	
DIFERENCIA DE ALTURA (m)	201	
TIEMPO DE CONCENTRACION	11.13	
TIEMPO DE RETORNO "T" AÑOS	LOGARITMO NATURAL DE LA INTENSIDAD $IT = -0.55465 \cdot \ln T + 0.16083$	
2	$\ln I_2 = -0.55465 \cdot \ln 2 + 0.16083$	
5	$\ln I_5 = -0.55485 \cdot \ln 5 + 0.42910$	
10	$\ln I_{10} = -0.56453 \cdot \ln 10 + 0.56950$	
20	$\ln I_{20} = -0.55465 \cdot \ln 20 + 0.68123$	
50	$\ln I_{50} = -0.55465 \cdot \ln 50 + 0.80471$	
100	$\ln I_{100} = -0.55485 \cdot \ln 100 + 0.88475$	
REEMPLAZANDO EN LA ECUACION		
TIEMPO DE RETORNO "T" AÑOS	LOGARITMO NATURAL DE LA INTENSIDAD $IT = -0.55465 \cdot \ln T + 0.16083$	$\ln(I \cdot T)^2$
2	-1.175611367	0.308630236
5	-0.907823272	0.403401364
10	-0.766652225	0.46456573
20	-0.655211367	0.519332281
50	-0.531731367	0.58758676
100	-0.451691367	0.6365506
	TIEMPO DE RETORNO "T" AÑOS	$\exp(-IT + IT^2)$
	2	3.434634841
	5	4.489308631
	10	5.169984845
	20	5.779462091
	50	6.539041627
	100	7.083942582

Fuente: Propia

Tabla 19
Característica de escorrentía de la microcuenca Ccuyo.

CARACTERÍSTICA DE LA MICROCUENCA	
COEFICIENTE DE ESCORRENTIA	C = 0.46
AREA DE MICROCUENCA (km ²)	A = 1.07
TIEMPO DE RETORNO AÑOS	Q. MAX (m ³ /s)
2	5.18
5	6.78
10	7.8
20	8.72
100	9.87
200	10.69

Fuente: Propia



1.28 Capacidad

H (m)	COTA (msnm)	AREA ENTRE CURVAS (m ²)	DIF. H (m)	VOLUMEN (m ³)	VOLUMEN ACUMULADO (m ³)
0.00	4252.00	5920	0	0	0.00
0.50	4252.50	6329.25	0.50	3164.625	3164.625
1.00	4253.00	6520.1	0.50	3260.05	6424.675
1.50	4253.50	6710.17	0.50	3355.085	6519.71
1.70	4253.70	6776.67	0.20	1355.334	7780.009

*La altura mencionada corresponde a la altura de agua

BALANCE

Tabla 20

Capacidad de almacenamiento del vaso

DESCRIPCION	VOLUMEN (m ³)	CONSIDERADO
VOLUMEN DISPONIBLE		
Presa Pachacsimi	7780.01	
PERDIDAS		
Perdidas por evaporacion	2100.6	3mm/dia por 9 meses
Filtraciones	116.7	1.5% del volumen de almacenamiento
Total	2217.3	
OFERTA HIDRICA		
Para 4 mese de estiaje	4.00	l/s

Fuente: Propia



CAPITULO VII:

GEODINAMICA

La geodinámica incluye aspectos de geodinámica externa (cartografiado de eventos geodinámicos), geodinámica interna (sismicidad) y área de zonificación geodinámica en lo concerniente a la presencia de riesgos geodinámicos y áreas o zona de vulnerabilidad. Para el presente estudio se han individualizado dos categorías de procesos geodinámicos; uno originado por acciones externas como inundaciones, derrumbes, deslizamientos, etc. (como Geodinámica Externa) y otro referido a fenómenos que suceden en el subsuelo de la Tierra representados por eventos sísmicos (como Geodinámica Interna).

1.29 Geodinámica interna

En Perú, hay dos fuentes sísmicas que tienen importancia. La primera es conocida como la "Fuente Marina", que engloba la losa y la base continental. Esta fuente en particular es responsable de los eventos sísmicos más importantes y devastadores de la región. Estos eventos catastróficos ocurren principalmente a grandes profundidades (conocidos como hipocentros), aunque también hay ocurrencias de eventos intermedios y poco profundos que son más frecuentes en la naturaleza.

Un tipo de fuente sísmica se conoce como "Fuente Sismo génica Continental". En este caso, los eventos sísmicos ocurren con menor frecuencia debido a la distancia entre las dos placas tectónicas convergentes. Sin embargo, con base en la historia sísmica nacional, es evidente que también han ocurrido terremotos en esta región, aunque con algunas excepciones. Ejemplos de tales terremotos incluyen los ocurridos en Satipo en 1947 y Ancash en 1946.

En las regiones continentales, las actividades sísmicas se clasifican en función de su profundidad en lugar de su magnitud. Estas categorías incluyen terremotos



superficiales, que ocurren dentro de un rango de profundidad de 0 a 60 km, terremotos intermedios, que tienen un rango de profundidad de 61 a 300 km, y terremotos profundos, que superan una profundidad de 301 km. La sismicidad observada en la zona sur del Perú se puede atribuir a un sistema de fallas locales. La mayoría de los epicentros de esta región se encuentran en el continente.

En el informe interno de 1982 titulado "Observaciones sobre geotectónica en el Perú" del Instituto Geofísico del Perú (IGP), se brindan valoraciones sobre los movimientos geológicos dentro de la región peruana. Específicamente, se llama la atención sobre la actividad sísmica que se ha presentado en la parte sur del Perú durante el período cuaternario.

1.29.1 Antecedentes

Los registros históricos para el área de influencia del proyecto son limitados. La información disponible se centra principalmente en los terremotos que ocurrieron a lo largo de la costa central y sur, probablemente debido al establecimiento de las principales ciudades de esta región a partir del siglo XVI. Es importante tener en cuenta que, si bien esta actividad sísmica está documentada, es posible que no abarque por completo todos los terremotos significativos que podrían haber ocurrido en áreas más remotas.



Escala de Intensidades Sísmicas Mercalli Modificada (M.M.)

Tabla 21

Escala de Intensidades Sísmicas Modificada (M.M.).

I.	No sentido, excepto por unos pocos en condiciones especiales favorables.
II.	Sentido sólo por personas en reposo, especialmente en los pisos altos de los edificios. Los objetos suspendidos pueden oscilar.
III.	Sentido claramente, especialmente en pisos altos de los edificios. Se perciben vibraciones como si pasara un camión ligero.
IV.	Sentido durante el día por muchas personas. Hay vibraciones como el paso de un camión pesado. Vibración de vajillas, ventanas y puertas. Los cristales tintinean y las paredes crujen.
V.	Sentido por todos. Los líquidos se agitan, algunas vajillas, ventanas y cuadros se rompen. Las puertas se balancean, abriéndose y cerrándose. Los objetos inestables son desplazados o volcados.
VI.	Sentido por todos. Muchos, se asustan y salen al exterior. Las personas andan inestablemente. Adornos, libros, y otros objetos caen de las estanterías. Los cuadros también caen. Ventanas, vajillas y objetos de vidrio se rompen. Las campanas pequeñas suenan (iglesias y colegios). Daños ligeros.
VII.	Las personas huyen al exterior de las casas. Es difícil mantenerse de pie. Las campanas suenan. Canales para riego dañados. Daños pequeños en edificios de buen diseño y construcción. Daños considerables en edificaciones débiles.
VIII.	Algunos daños en edificaciones de buena construcción y diseño; considerables daños en construcciones comunes con derrumbes parciales. Los muebles pesados se vuelcan. Cambios en el caudal o la temperatura de fuentes y pozos. Ramas de árboles rotas. Grietas en suelo húmedo y en pendientes fuertes.
IX.	Pánico general. Grandes daños en los edificios sólidos, con derrumbe parcial. Los edificios salen de sus cimientos. Las tuberías subterráneas se rompen. El terreno se agrieta notablemente, aparecen fuentes y cráteres de arena.
X.	La mayoría de las construcciones y estructuras de albañilería se destruyen con todo y cimientos. Daños serios en presas, diques y terraplenes. Las vías de ferrocarril se tuercen. Deslizamientos considerables en las márgenes de los ríos y pendientes fuertes. El agua rebasa las orillas de canales, ríos y lagos.
XI.	Casi ninguna estructura de albañilería queda en pie. Puentes destruidos. Anchas grietas en el terreno. Tuberías bajo el terreno son completamente puestas fuera de servicio. Hundimientos y derrumbes en suelos blandos. Gran torsión de vías férreas.
XII.	Destrucción total. Ondas visibles sobre el terreno. Cambios en la topografía del terreno. Grandes masas de rocas desplazadas. Objetos lanzados en el aire hacia arriba.

Fuente: Mercalli

1.30 Geodinámica externa

Los fenómenos de geodinámica externa como parámetros de las condiciones de seguridad de la microcuenca, son los que se refieren a los riesgos geológicos Ver Mapa. Hay que tener presente que existe factores físicos condicionantes (fisiográficos, hidrológicos, litológicos y climáticos que modifican constantemente la configuración original del terreno, manifestándose en eventos geodinámicos.

La microcuenca muestra una fisiografía abrupta donde la presencia de fenómenos y eventos geodinámicos es principalmente en la parte alta y media del área de estudio



donde la precipitación, pendientes fuertes y litología alterada ayudan a la existencia de diversos fenómenos.

Los procesos geodinámicos en la parte alta de la microcuenca, comienza con una tipología de derrumbes y volcamiento de bloques, para luego entrar a un valle abrupto de paredes escarpadas con presencia de fenómenos de derrumbes y caída de fragmentos de rocas que en el presente estudio no se ha cartografiada por factores de escala y se describen como eventos geodinámicos.

1.30.1 Flujo de derrubios

En la zona nororiental de la laguna de Ccuyo se puede observar la formación de conos coluviales creados por estos flujos. Estos conos se depositan en una pendiente pronunciada, lo que los hace susceptibles a la inestabilidad cuando son atravesados por animales o afectados por la actividad humana.

Dada la escasez de eventos de deslizamientos y cárcavas en las cercanías del sitio de investigación, se puede concluir que esta área no se ve afectada por estos fenómenos geológicos, estableciéndose, así como una zona estable en términos de procesos geodinámicos.

1.30.2 Caída de rocas

Los desprendimientos de rocas se observan con frecuencia en el lado nororiental de la microcuenca del Ccuyo, particularmente en las laderas escarpadas de las altas montañas. Estos desprendimientos de rocas ocurren predominantemente en áreas donde los afloramientos rocosos están expuestos a las fuerzas de la meteorización física y la gravedad. Como resultado, estas formaciones rocosas tienden a colapsar debido a su propio peso. Estas formaciones rocosas específicas están asociadas con el grupo Tacaza.



CAPITULO VIII:

GEOTECNIA

La descripción engloba aspectos relacionados al tipo y origen del material existente a utilizar para dique cuya característica física mecánica sean propicias para su uso como: capacidad portante admisible, permeabilidad, granulometría y disposición. (Huamán, 2020)

1.31 Exploración de campo

Para realizar los trabajos en campo se procedió de la siguiente manera:

- Reconocimiento del área.
- Excavación de calicatas.
- Ensayos de penetración dinámica “DPL”
- Descripción de las columnas estratigráficas.
- Muestreo alterado.
- Muestreo inalterado.

1.32 Excavación de calicatas

Para el presente estudio se necesitó 03 calicatas para la descripción visual – manual de los estratos existentes para así generar los perfiles estratigráficos y la extracción de muestras representativas ya sea alteradas o inalteradas para los ensayos correspondientes en laboratorio.

En la excavación no se observó presencia de nivel freático

1.33 Extracción de muestras y determinación de la densidad

De la excavación realizada se tomaron muestras.

Las muestras fueron extraídas de cada estrato encontrado luego fueron guardadas herméticamente en bolsas de plástico para mantener las condiciones naturales del terreno.



1.34 Nivel freático

En el momento de estudio no se evidencio el nivel freático.

Tabla 22

Nivel freático de las calicatas

CALICATA	PROFUNDIDAD (m)	NIVEL FREATICO (m)
C-2	2.50	No se presencio
C-1	1.50	0.50
C-3	1.50	1.00

Fuente: Laboratorio Proycon silver S.C.R.L.

1.35 Aspectos sísmicos

Según la Guía de Revisiones de Seguridad de Presas de Canadian Dam Association (CDA), el análisis de seguridad de las presas existentes y el diseño de nuevas presas para cargas sísmicas (como terremotos) es una práctica estándar. Debido a las diferencias en la metodología para la evaluación de la seguridad sísmica y diferencias en los criterios de rendimiento, las cargas sísmicas en los códigos de construcción comunes no se aplican a las presas y estructuras accesorias asociadas.

Los daños a las presas y sus instalaciones anexas pueden resultar desde sacudidas causadas por un terremoto; licuefacción, asentamiento, agrietamiento o desplazamientos inducidos por sacudidas; hasta casos extremos ruptura de la superficie a lo largo de la falla que provoca un terremoto.

Para asegurar la estabilidad de los taludes del terraplén y de los estribos de la presa ante posibles variaciones en las condiciones de carga, es imprescindible que posean la suficiente estabilidad. Por lo general, se emplea un análisis de equilibrio límite para evaluar la estabilidad de las pendientes en condiciones de operación típicas. Los criterios



de aceptación se definen típicamente en términos de factores de seguridad. En este contexto, un factor de seguridad se refiere a la relación entre la resistencia al corte disponible a lo largo de un plano de falla latente y las fuerzas de corte activantes a lo largo del mismo plano. Los factores de seguridad aceptados consideran la confiabilidad de las entradas utilizadas en el análisis de estabilidad, la probabilidad de que ocurra la condición de carga y las posibles consecuencias si el talud falla.

La idoneidad de estos factores de seguridad calculados depende del conservadurismo, de las suposiciones hechas con respecto a la estratigrafía, la resistencia de los materiales, la presión intersticial del agua y carga. Los factores de seguridad calculados más bajos para la evaluación estática pueden ser aceptables para las estructuras con desempeño demostrado respaldado por un monitoreo apropiado.

Tabla 23

Factor de seguridad en fases de construcción, operación y transición

Condición de carga	Factor mínimo de seguridad	Pendiente
Durante o al término de la construcción	> 1.3 dependiendo de la evaluación de riesgos durante la construcción	Normalmente aguas abajo
Largo plazo (filtración en estado estacionario, nivel de depósito normal)	1.5	Aguas abajo
Reducción rápida total o parcial	1.2 a 1.3	Pendiente aguas arriba cuando corresponda



Condición de carga	Factor mínimo de seguridad
Pseudo – estático	1.0
Después de un movimiento sísmico	1.2

Fuente: Evaluación estática según CDA

1.36 Perfil geotécnico

Los datos y gráfico del perfil estratigráfico del eje de la presa se muestran a continuación.

Coordenadas de las calicatas:

Tabla 24
Ubicación de las tres calicatas

CALICATA	COORDENADAS		
	ZONA	ESTE	NORTE
C-1	18 L	807637.05	8492849.53
C-2	18 L	807712.20	8492826.31
C-3	18 L	807570.38	8492860.99

Fuente: Elaboración propia



COLUMNA

CALICATA N°01

Gráfico 1

Columna estratigráfica de la calicata N°01



 PRO&CON SILVER S.C.R.L.	SOLICITA : Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente - IMA				C - 01
	RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE LA REGULACION HIDRICA EN LA MICROCUENCA DE MISKAHUAYCO EN EL DISTRITO DE CHINCHAYPUJIO-ANTA-REGION CUSCO.				
	LAGUNA CCUYO				
	DISTRITO : CHINCHAYPUJIO				
PROVINCIA : ANTA					
DEPARTAMENTO : CUSCO					
PROFUNDIDAD [m]	SIMBOLOGÍA	SUCS	DESCRIPCIÓN	ESPESOR [m]	COORDENADAS
0.10		OL	Limo organico de color negro, presenta humedad media, consistencia baja y plasticidad muy baja; hay presencia de raices	0.25	ZONA: 18L ESTE: 807637.05 NORTE: 8492849.53
0.20					
0.30		SM	Arena limosa con grava de color marron claro, gravas subangulosas de tamaño de clastos de 2 a 5 cm. presenta compacidad media-baja, humedad media - baja. Presenta nivel freatico a 50 cm de profundidad.	1.25	
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

Fuente: Elaboración propia



CALICATA N°02

Gráfico 2

Columna estratigráfica de la calicata N°02.

PRO&CON SILVER S.C.R.L 	SOLICITA : Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente - IMA RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE LA REGULACION HIDRICA EN LA MICROCUENCA DE MISKAHUAYCO EN EL DISTRITO DE CHINCHAYPUJIO-ANTA-REGION CUSCO.				C - 02
	LAGUNA CCUYO				
	DISTRITO : CHINCHAYPUJIO				
	PROVINCIA : ANTA				
	DEPARTAMENTO : CUSCO				
PROFUNDIDAD [m]	SIMBOLOGÍA	SUCS	DESCRIPCIÓN	ESPESOR [m]	COORDENADAS
0.10		OL	Limo organico de color negro, presenta humedad media, consistencia baja y plasticidad muy baja; hay presencia de raices	0.90	ZONA: 18L ESTE:807712.20 NORTE: 8492826.31
0.20					
0.30					
0.40					
0.50					
0.60					
0.70					
0.80					
0.90					
1.00		SC-SM	Arena limo arcillosa de color marron, presenta humedad baja, plasticidad muy baja y compacidad media	1.60	
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					
1.60					
1.70					
1.80					
1.90					
2.00					
2.10					
2.20					
2.30					
2.40					
2.50					

Fuente: Elaboración propia.



CALICATA N°03

Gráfico 3

Columna estratigráfica de la calicata N°03.



	SOLICITA : Instituto de Manejo de Agua y Medio Ambiente - IMA				C - 03
	RECUPERACION DEL SERVICIO ECOSISTEMICO DE LA REGULACION HIDRICA EN LA MICROCUENCA DE MISKAHUAYCO EN EL DISTRITO DE CHINCHAYPUJIO-ANTA-REGION CUSCO.				
	LAGUNA CCUYO				
	DISTRITO : CHINCHAYPUJIO				
	PROVINCIA : ANTA				
DEPARTAMENTO : CUSCO					
PROFUNDIDAD [m]	SIMBOLOGÍA	SUCS	DESCRIPCIÓN	ESPESOR [m]	COORDENADAS
0.10		OL	Limo organico de color negro, presenta humedad media, consistencia baja y plasticidad muy baja; hay presencia de raices	0.40	ZONA: 18L ESTE:807570.38 NORTE: 8492860.99
0.20					
0.30					
0.40					
0.50		SM	Arena limosa de color marron claro, presenta compacidad media-baja, humedad media - baja	0.30	
0.60					
0.70					
0.80		GM	Grava limosa de color marron claro, presenta clastos angulos a subangulosos de un diametro de 20 a 100 mm.	0.50	
0.90					
1.00					
1.10					
1.20					
1.30					
1.40					
1.50					

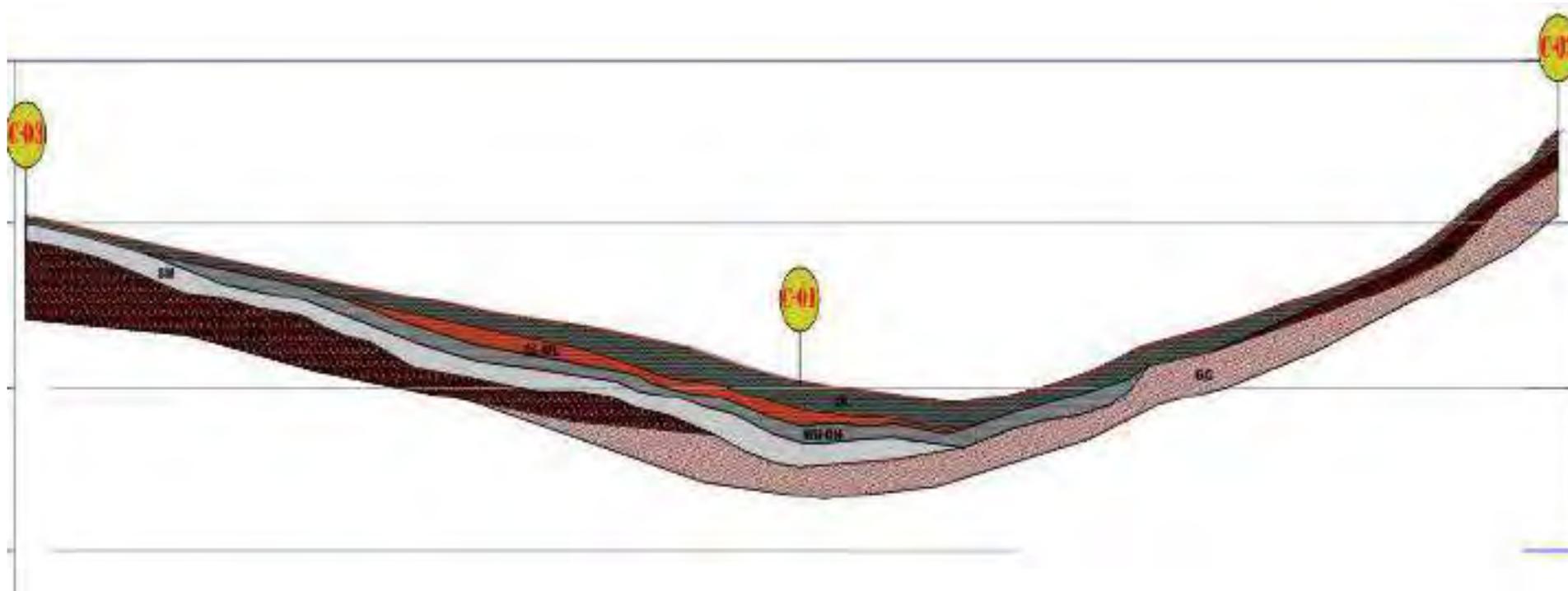
Fuente: Elaboración propia



1.37 Perfil estratigráfico del eje de la presa

Gráfico 4

Perfil estratigráfico del eje de la presa.



Fuente: Elaboración propia.



1.38 Eje de la presa

1.38.1 Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio geotécnico sirven para evaluar las propiedades geotécnicas de un terreno específico. Forman una parte integral del proceso de reconocimiento geotécnico. Estas pruebas se realizan en muestras que han sido recolectadas en el campo de antemano. Los requisitos de calidad para estas muestras pueden variar según el tipo de prueba que se realice. (Suarez, S.f)

Se realizaron varias pruebas de acuerdo con los estándares establecidos por ASTM. Estos ensayos incluyeron la evaluación de la Humedad Natural, análisis granulométrico mediante tamices, determinación de constantes físicas como límite líquido (LL) y límite plástico (LP), cálculo del índice de plasticidad (IP), clasificación del suelo mediante diversos métodos como SUCS y AASHTO, realizando un ensayo de corte directo, realizando un ensayo de permeabilidad, realizando un ensayo de penetración dinámica tipo ligero (DPL), realizando ensayos de densidad de campo, realizando ensayos de infiltración in situ, realizando ensayos de permeabilidad y otros ensayos complementarios.

GRANULOMETRIA - CLASIFICACION SUCS (MTC E-107, E 204)

La granulometría se refiere a la disposición de las partículas del suelo en función de su tamaño, determinación que se realiza ya sea tamizando o pasando el agregado por mallas de diferentes diámetros, hasta el tamiz No. 200 (0.074 milímetros de diámetro), teniendo en cuenta el material que pasa por este. malla en su conjunto. Para comprender la distribución granulométrica debajo de este tamiz, se realiza una prueba de sedimentación. Los resultados del análisis granulométrico se representan en una curva,



donde se grafica el diámetro del tamiz contra el porcentaje de material que atraviesa o retiene, dependiendo de la clasificación deseada del agregado.

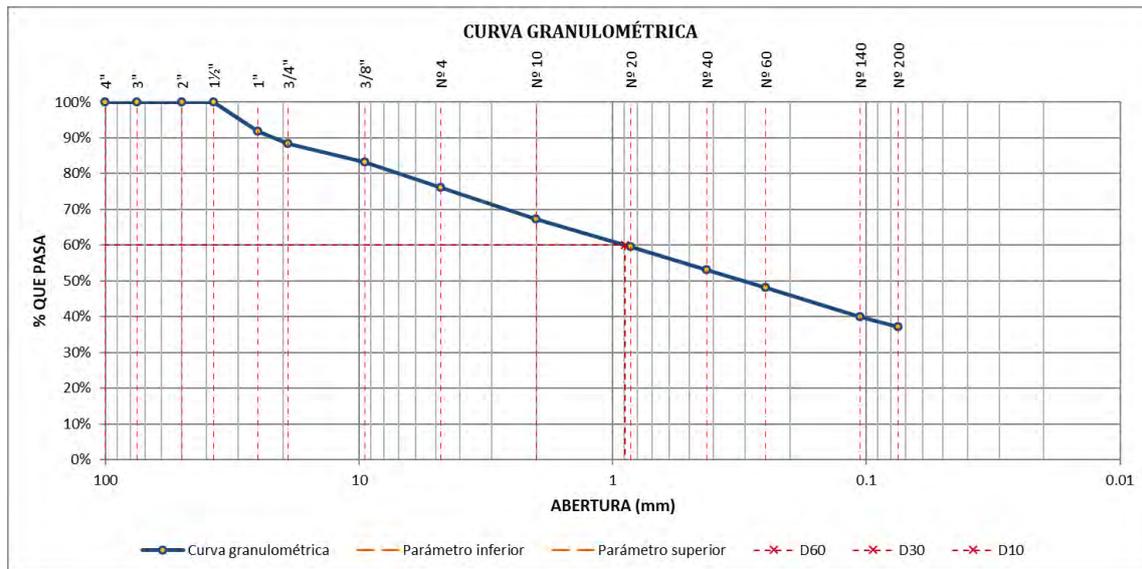
Tabla 25
Clasificación SUCS de las calicatas

CALICATA	SUCS	PROFUNDIDAD	CARACTERIZACION
C-2	SC-SM	2.50	Inspección visual y corroboración con los ensayos en laboratorio
C-1	SM	1.50	Resultado de los ensayos de laboratorio
C-3	GM	1.50	Inspección visual y corroboración con los ensayos en laboratorio

Fuente: Elaboración propia

GRANULOMETRÍA DE LA CALICATA N°01

Gráfico 5
Curva granulométrica de la calicata N°01.



Fuente: Elaboración propia



Tabla 26

Porcentajes de grava, arena y de finos.

Fracciones de Grava, Arena y Fino de la Muestra	
% de grava (Retiene Tamiz N°4)	23.92%
% de arena (Pasa N°4 y Ret. N°200)	39.02%
% de finos (Pasa Tamiz N°200)	37.06%
Total:	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

Límites de consistencia

La moldeabilidad del suelo se conoce como su plasticidad. Esta característica está determinada por la presencia de partículas de arcilla que son capaces de pasar a través de un tamiz de malla 200, ya que estas partículas sirven como aglutinante.

El contenido de humedad de un material determina sus tres estados distintos: líquido, plástico y seco. Cuando el agregado contiene suficiente humedad para que se vuelva intrabajable y no se pueda moldear, se considera que está en un estado semilíquido. A medida que disminuye el contenido de agua, se llega a un punto en el que el suelo, aun conservando algo de humedad, alcanza una consistencia que le permite ser moldeado y manipulado, entrando así en un estado plástico.

Como el agua se extrae continuamente, llega un punto en el que la sustancia se vuelve inmanejable y propensa a agrietarse al intentar darle forma. Esto se conoce como estar en un estado semi seco. El nivel de humedad al que el agregado pasa de un estado semilíquido a un estado maleable se denomina límite líquido (MTC E-110), mientras que



el contenido de humedad al que cambia de un estado maleable a un estado semi seco es conocido como Límite Plástico (MTC E-111).

Los límites de la calicata C-1 se muestran a continuación:

Tabla 27
Límites a C-1.

CALICATA	LIMITE	LÍMITE	ÍNDICE DE
	LÍQUIDO LL (%)	PLASTICO LP (%)	PLASTICIDAD IP
C-1	NO	NO	NO PLASTICO
	PRESENTA	PRESENTA	

Fuente: Elaboración propia

CONTENIDO

El contenido de humedad de una muestra dada significa la proporción de agua que contiene, medida como un porcentaje del peso del agua en comparación con el peso de la sustancia seca. Cabe señalar que esta medición es susceptible a la variabilidad debido a las condiciones atmosféricas. Por lo tanto, es recomendable realizar esta prueba con prontitud y utilizar el resultado obtenido para cálculos posteriores, a fin de evitar imprecisiones o discrepancias.

La humedad de la calicata C-1 se muestra a continuación:



Tabla 28

Contenido de humedad de la calicata C-1.

CALICATA	HUMEDAD	
	NATURAL	OBSERVACIÓN
C-1	47.16 %	El suelo se encuentra sobresaturado porque la calicata se realizó en el eje de un riachuelo.

Fuente: Elaboración propia.

DENSIDAD

El valor conocido como el "peso específico de un suelo" es una relación que compara el peso con el volumen. Este valor está influenciado por factores como la humedad, los vacíos de aire. Para evitar malentendidos, las pruebas de laboratorio arrojan dos medidas distintas: el "peso unitario seco" y la humedad. Es importante señalar que este término no debe confundirse con "densidad del suelo", que relaciona la masa con el volumen.

A continuación, encontrará la tabla que muestra la compacidad inherente del suelo.

Tabla 29

Densidad natural del suelo de la calicata C-1.

CALICATA	DENSIDAD NATURAL	
	HUMEDA [Kg/cm ³]	DENSIDAD NATURAL SECA
C-1	1.73	1.18

Fuente: Elaboración propia

COHESION Y ANGULO DE FRICCION

La cohesión de las partículas es el resultado de fuerzas moleculares y la presencia de películas de agua. Los suelos arcillosos, por ejemplo, presentan una alta cohesión que



oscila entre 0,25 kg/cm² y 1,5 kg/cm² o más. Por otro lado, los suelos limosos muestran una cohesión mínima, mientras que los suelos arenosos prácticamente no tienen cohesión.

El ángulo de fricción es una característica de las sustancias granulares que posee una explicación clara y sencilla en el ámbito de la física. Este ángulo está íntimamente ligado al ángulo de reposo, que denota la mayor pendiente posible que puede alcanzar una recogida de dicho material granular. Al examinar cualquier sustancia granular, se hace evidente que el ángulo de reposo está influenciado por varios factores, que incluyen la fricción, la cohesión y la forma de las partículas. Sin embargo, en los casos en que el material carece de cohesión y las partículas son significativamente más pequeñas en comparación con el tamaño total de la colección, el ángulo de reposo se alinea con el ángulo de fricción interna.

Tabla 30
Angulo de fricción y cohesión de la calicata C-1.

CALICATA	SUCS	ANGULO DE	ANGULO DE
		FRICCION Y COHESION	FRICCION Y COHESION CORREGIDO
C-1	SM	33° 06' 24"	28°47'06"
		0.1 Kg/cm ²	0.1 Kg/cm ²

Fuente: Elaboración propia.



PERMEABILIDAD EN LABORATORIO

El concepto de permeabilidad se refiere a la capacidad que tiene una sustancia para permitir el paso de un flujo sin provocar cambios en su composición interna. Una sustancia se considera permeable si permite que una cantidad significativa de fluido la atraviese dentro de un período de tiempo específico (Lambe & Whitman, 1997). La permeabilidad determinados en laboratorio que fueron realizados a la muestra de suelo de la presa vienen a ser: Coeficiente de permeabilidad = 0.0035 cm/s

1.38.2 Ensayos de laboratorio

ENSAYOS DE CAMPO

PERMEABILIDAD

El concepto de permeabilidad gira en torno a la capacidad de una sustancia para permitir el paso de un flujo sin provocar ningún cambio en su composición inherente. Una sustancia se considera permeable cuando permite que un volumen significativo de fluido la atraviese dentro de un período de tiempo específico. Por otra parte, se considera que una sustancia es impermeable o no permeable cuando la cantidad de fluido que puede atravesarla es despreciable (Lambe & Whitman, 1997). La permeabilidad insitu se realizó en campo, los resultados se muestran a continuación:

Tabla 31

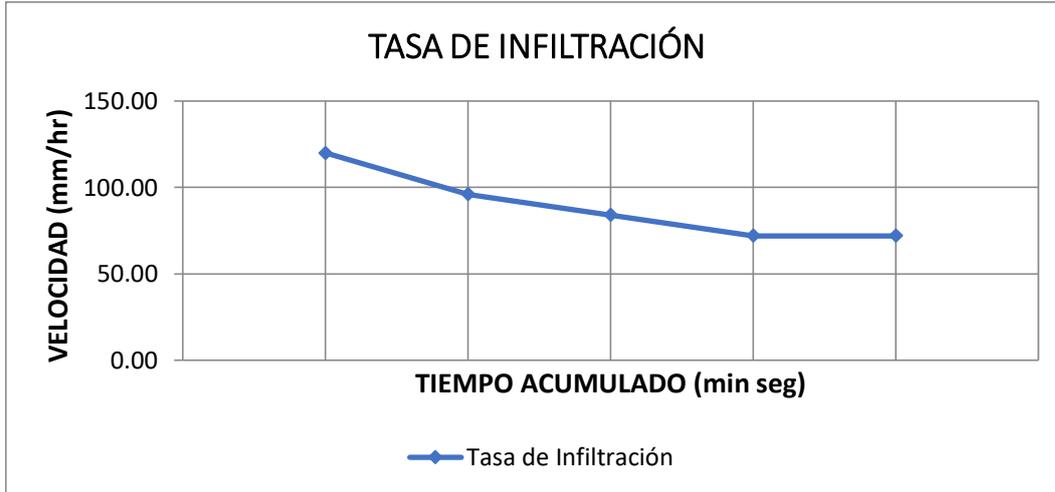
Coeficiente de permeabilidad en campo en el vaso de la presa

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 88.80 mm/hr
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 1.48 mm/min
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 8.88 cm/hr
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 0.1480 cm/min
COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD = 0.0025 cm/s
TIEMPO DE INFILTRACIÓN PARA EL DESCENSO DE 1 cm = 0h 06m 45s

Fuente: Elaboración propia



Gráfico 6
Tasa de infiltración

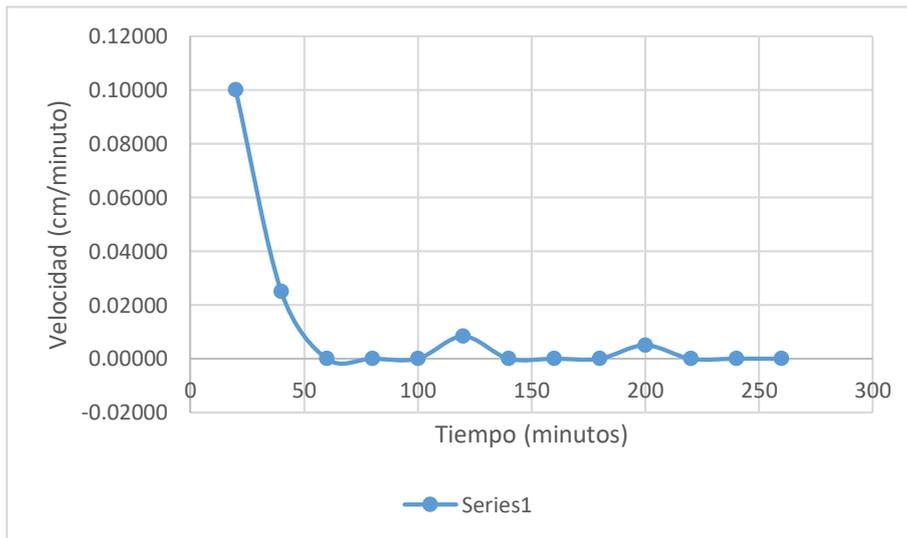


Fuente: Elaboración propia

PERMEABILIDAD EN LABORATORIO

En laboratorio se determinó el coeficiente de permeabilidad de 0.0035 cm/s.

Gráfico 7
Tasa de infiltración en laboratorio.



Fuente: Elaboración propia.



1.38.3 Capacidad portante y asentamiento

Capacidad portante (diseño por resistencia)

Capacidad portante en suelo

Según G. G. Meyerhoff (1953), El comportamiento del suelo está sujeto a cambios cuando se somete a diferentes tipos de cargas, específicamente cargas que cambian rápidamente o cargas que son relativamente constantes en el tiempo. La razón de esto radica en la naturaleza porosa de los suelos, donde los poros pueden contener cantidades variables de agua, total o parcialmente. Es importante notar que estos cambios en la carga no necesariamente resultan en la expulsión de una cantidad significativa de agua. Por el contrario, cuando se somete a cargas constantes, las variaciones en la presión intersticial dentro de diferentes secciones del suelo pueden provocar drenaje en ciertas áreas. Según G. G. Meyerhoff (1953) Al determinar o confirmar la capacidad de carga de un terreno que soporta una estructura, es necesario tener en cuenta tanto las condiciones a corto plazo (sin drenaje) como a largo plazo (con drenaje). Durante el análisis a corto plazo, se descartan todos los factores excepto la máxima cohesión. Sin embargo, en la evaluación a largo plazo de la capacidad de carga (con drenaje), la fricción interna del suelo y su densidad también juegan un papel importante.

Teoría de Terzaghi $q_c = 1.3 * c N_c + \square D f N_q + 0.4 \square B N_\gamma$

Teoría de Meyerhof

$$q_{cu} = c * N_c * F_{cs} * F_{cd} * F_{ci} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} + 0.5 * B * \gamma * N_\gamma * F_{\gamma s} * F_{\gamma d} * F_{\gamma i}$$

Teoría de Vesic

$$q_{cu} = c * N_c * F_{cs} * F_{cd} * F_{ci} * F_{cc} + q * N_q * F_{qs} * F_{qd} * F_{qi} * F_{qc} + 0.5 * B * \gamma * N_\gamma * F_{\gamma s} * F_{\gamma d} * F_{\gamma i} * F_{\gamma c}$$

Asentamientos

Métodos de Cálculos de Asentamientos



Tabla 32
Métodos de cálculos de asentamientos

Tipo de Asentamiento	Método	Aplicación
Inmediato	Elastico	Arenas, Gravas, Suelos no saturados, Arcillas duras y Rocas
Inmediato	Meyerhof	Arenas, Gravas y similares
Inmediato	Prueba de carga	Arenas, Gravas, Suelos no saturados, Arcillas duras y Rocas
Consolidación Primaria	Teoría de la consolidación	Arcillas blandas a medias saturadas
Consolidación Primaria y Secundaria	Idem	Arcillas a blandas muy blandas, turbas y suelos orgánicos y similares

Fuente: Elaboración propia

$$\text{Asentamiento total } St = Si + Scp + Scs$$

$$Si = \text{Asentamiento Inmediato}$$

$$Scp = \text{Asentamiento por Consolidación primaria}$$

$$Scs = \text{Asentamiento por Consolidación secundaria}$$

En arenas, gravas, arcillas duras y suelos no saturados en general $St \cong Si$

En arcillas saturadas $St \cong Scp$.

$St = Scp + Scs$ se usa comúnmente para describir el comportamiento de suelos que son altamente deformables, incluyendo turba y suelos orgánicos.

Cuando se trata de suelos granulares, se puede observar que el asentamiento inmediato es equivalente al asentamiento total.



Para determinar la capacidad portante de la estructura de la presa, los cálculos se realizaron por metro lineal. En concreto, los cálculos se realizaron para anchos de presa de 3,00 m, 4,00 m y 5,00 m. Estas medidas específicas se eligieron ya que las represas generalmente se diseñan y evalúan por metro lineal.

ASENTAMIENTOS (DISEÑO POR RIGIDEZ)

El asentamiento de la estructura de la presa por el diferente método para una profundidad de 2.40m vienen a ser los siguientes, los cuales son menores de 2.54 como exige la norma E.050

Tabla 33
Asentamientos (Diseño por rigidez).

Profundidad (Df)	ZAPATA		Asentamiento [cm]		
	Ancho (B)	Largo (L)	Terzaghi	Meyerhof	Vesic
	[m]	[m]			
2.40	1.00	3.00	1.70	1.82	1.82
	1.00	4.00	1.70	1.92	1.92
	1.00	5.00	1.70	1.99	1.99

Fuente: Elaboración propia

CANTERAS

CONFORMACION DEL DIQUE

CANTERA DE SUELO

Los suelos de origen cuaternario, tanto en la zona como en las áreas circundantes de la presa, representan áreas de mucha importancia en aspectos geotécnicos, es decir que estos afloramientos superficiales de los suelos pueden aprovechar para usos de canteras en obras de ingeniería civil. Con este fin se dio la necesidad de cartografiar la zona de canteras de suelo para usos en la construcción de la presa Pachacsimi.



Los suelos de origen coluvial de estos afloramientos están dados por arenas arcillosa con limo de coloración parda amarillenta.

Cuadro resumen de la cantera de suelo:

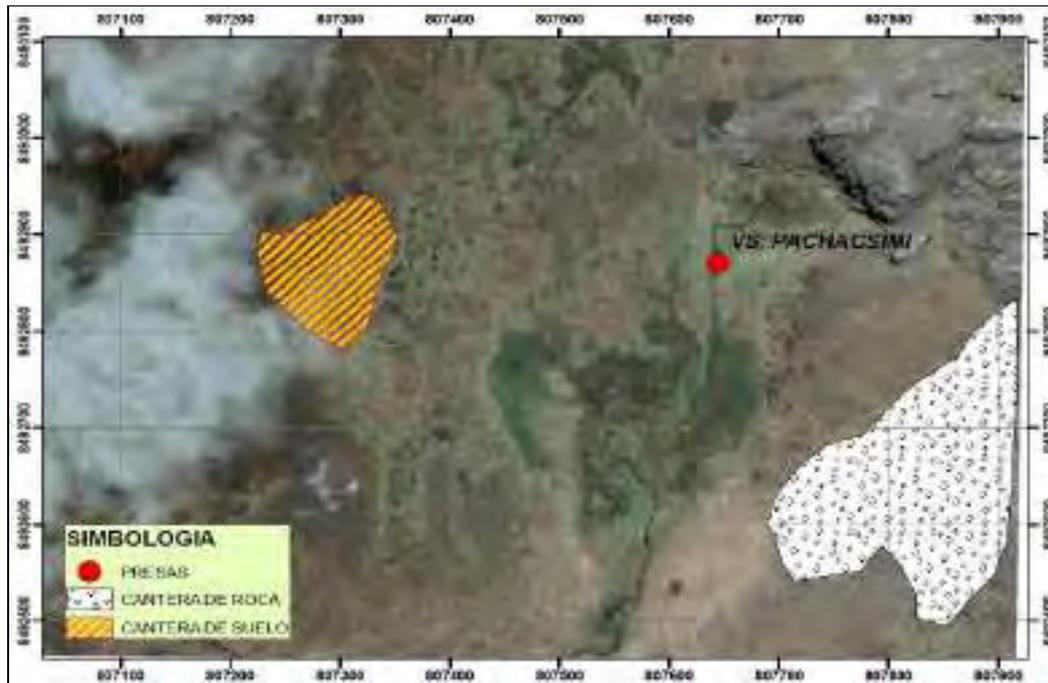
Tabla 34

Cuadro de resumen de la cantera de suelo

CANTERA	TIPO	TIPO DE EXTRACCIÓN	DE	ÁREA M2	POTENCIA ESTIMADA A M.	VOLUMEN M3	ACCESO
Suelo Coluvial	Arena Arcillosa	Manual mecánica	/	12935.4	2.00	25870.8	a 400 m desde trocha carrozable

Fuente: Elaboración propia **Imagen 15**

Imagen del mapa de cantera de suelo para el uso constructivo de la presa.



Fuente: Elaboración propia



ACCESO A LA CANTERA DE SUELO PARA CONFORMACION DE LA PRESA

Imagen 16

Acceso de la cantera de suelo para el uso constructivo de la presa.



Fuente: Elaboración propia

CANTERA DE ROCAS

Los afloramientos rocosos que se observa tanto en la zona como en las áreas circundantes de la presa representan áreas de mucha importancia en aspectos geotécnicos, es decir que estos afloramientos superficiales de las rocas se pueden aprovechar para usos de canteras en obras de ingeniería civil. Con este fin se dio la necesidad de cartografiar la zona de canteras de rocas para usos en la construcción de la presa Pachacsimi.

Su litología presenta afloramientos de rocas conglomeradas compuestas por clastos angulosos y subangulos que geológicamente pertenece al Grupo Tacaza. Fuente de información INGEMMET cuadrángulo de 28r Tambobamba.

Cuadro resumen de la cantera de rocas:



Tabla 35

Volumen de antera de conglomerado polimícticas

CANtera	TIPO	TIPO DE EXTRACCIÓN	AREA M2	POTENCIA ESTIMADA M.	VOLUMEN M3	ACCESO
Roca fracturada	Conglomerados polimícticas	Manual / mecánica	40,996.03	2.5	102490.075	a 350 m desde trocha carrozable

Fuente: Elaboración propia

La presencia de macizo rocoso que aflora en la zona de cantera propuesta obedece a un grado de fracturamiento regular y una alteración intermedia, ya que estas características facilitarían el tipo de extracción para su aprovechamiento en el uso de la conformación del dique de la presa.

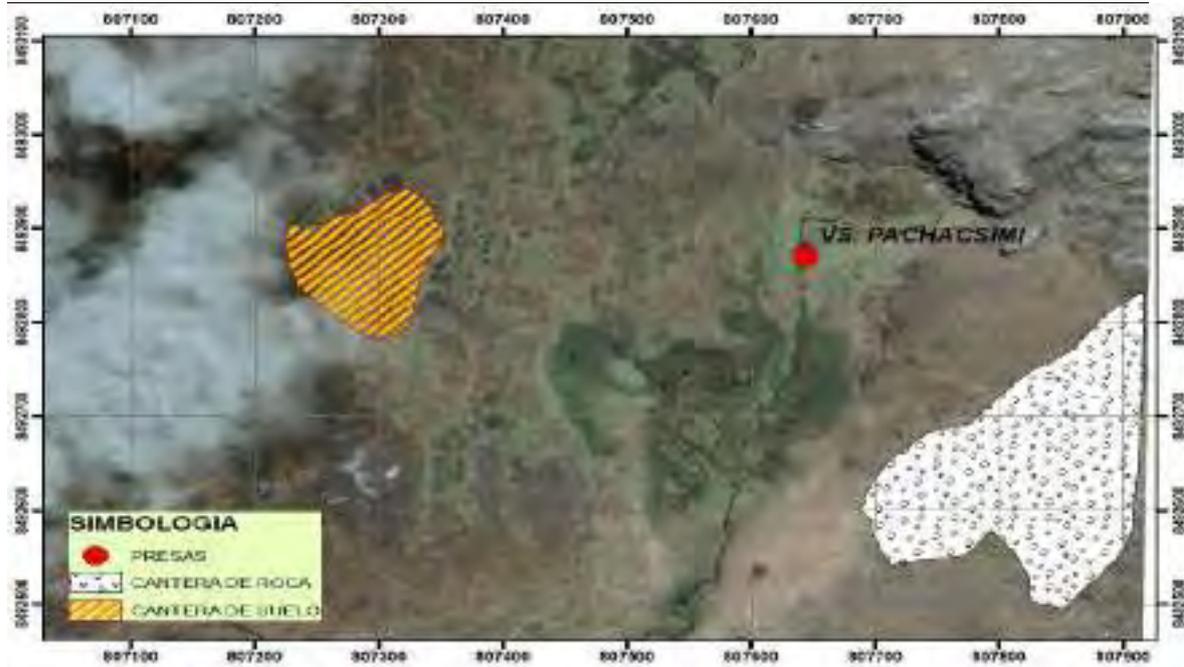
Generalmente la litología predominante de esta cantera está dada por rocas sedimentarias fracturadas que geológicamente son pertenecientes a la Grupo Tacaza, que están compuestas por conglomerados de coloración gris blanquecinos, cuyos clastos de conformación pueden llegar los 5 a 10 cm de diámetro, en la mayoría de ellas de formas redondeadas a sub redondeada que además presentan alteraciones de nivel medio alta.

Los volúmenes y área estimada para esta cantera se han realizado acorde a la identificación y análisis in situ ya que en la zona existen diferentes sitios que pueden ser aprovechables con litologías similares, sin embargo, por criterios de guardar la seguridad en la estabilidad de los taludes se ha mencionado en área que se observa en la siguiente imagen.



Imagen 17

Imagen del mapa de cantera de roca para el uso constructivo de la presa).



Fuente: Elaboración propia

ACCESO A LA CANTERA DE SUELO PARA CONFORMACION DE LA PRESA

Imagen 18

Acceso de la cantera de roca para el uso constructivo de la presa.



Fuente: Elaboración Propia.



CAPITULO IX:

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL.

1.39 Generalidades.

La propuesta de este proyecto de presa pretende utilizar el agua que es accesible y funcional durante los períodos de precipitación. Es importante tener en cuenta que estos recursos hídricos almacenados no solo servirán para aumentar la disponibilidad de agua. En cambio, servirán para mejorar la calidad general de los recursos hídricos para la región densamente poblada de Chinchaypujio.

La ejecución de diversas tareas durante las fases de construcción e intervención puede tener diversos efectos sobre el medio ambiente, que abarcan aspectos físicos, biológicos y socioeconómicos. Por lo tanto, esta sección tiene como objetivo identificar las posibles consecuencias ambientales que pueden surgir durante las diferentes etapas del proyecto.

1.40 Identificación

El proyecto reconoce las diversas actividades que se desarrollarán a lo largo de sus diferentes fases: construcción, operación y cierre. Estas actividades tienen en cuenta el impacto potencial de diferentes factores ambientales.

Para la ejecución integral del proyecto, examinaremos los diversos factores ambientales que pueden sufrir modificaciones durante las etapas de construcción, operación y cierre. La siguiente lista describirá estos factores:



Foto 19

Vista de los componentes ambientales antes de la ejecución de la presa.



Fuente: Propia.

1.41 Descripción.

Se discutirá la identificación, interpretación, predicción y comunicación de los efectos ambientales resultantes de la ejecución del proyecto en la microcuenca del Ccuyo, teniendo en cuenta sus diversas etapas. Se delinearán los distintos impactos ambientales del proyecto, con énfasis en la caracterización de dichos impactos.

1.41.1 Movimiento

1.41.1.1 Remoción de suelos.

La extracción de suelo conduce al agotamiento de las capas de suelo, dando como resultado la excavación de taludes en las terrazas. Esta excavación sirve como medida preventiva contra deslizamientos de tierra imprevistos dentro de la zona designada del proyecto. En consecuencia, se considera que este impacto es de baja intensidad y tiene un efecto negativo. Sin embargo, es posible restaurar las áreas afectadas en un futuro próximo e implementar medidas para paliar su impacto.



ALTERACION:

Todas las formas de desmonte, incluidos los cortes y otras actividades, dan como resultado la susceptibilidad del suelo a los eventos de erosión. La eliminación de la cubierta poco profunda conduce al deterioro de sus atributos físicos. En consecuencia, esto se considera como una consecuencia negativa de baja magnitud que puede ser mitigada.

PERDIDA:

En ciertos lugares, el material edáfico sufre una reducción, llegando eventualmente a las capas más profundas donde las rocas se involucran, llegando incluso a impactar la cubierta vegetal. En consecuencia, se considera que este fenómeno tiene un efecto adverso mínimo.

1.41.1.2 DETERIORAMIENTO

Las actuaciones de destierro en la zona tendrán un ligero efecto sobre la calidad del agua, resultando en un impacto temporal y levemente negativo.

ALTERACIONES

A lo largo de la fase de construcción, se llevarán a cabo diversas actividades que darán como resultado la liberación de partículas sólidas que permanecerán en el aire. Esta ocurrencia se clasifica como un efecto adverso temporal y reversible en el medio ambiente en su conjunto.

La construcción de la represa involucrará varias actividades, tales como el movimiento de personal y operadores, el traslado de materiales y la operación de maquinaria y equipo. Estas actividades generarán diferentes niveles de ruido, lo que tendrá un efecto disruptivo sobre la vida silvestre local y las comunidades vecinas. Como



resultado, este ruido se ve como un impacto negativo temporal que puede revertirse por completo.

PERDIDA

Las actividades planificadas en el área de estudio, que involucran movimiento de materiales y limpieza de terrenos, conducirán inevitablemente al agotamiento de la flora silvestre local. En consecuencia, este impacto se clasifica como negativo, aunque de menor magnitud, y puede restaurarse en el tiempo.

A lo largo del proceso de construcción de la presa, habrá una serie de actividades de desmonte. Estas actuaciones supondrán la remoción de la capa superior del suelo, con la consiguiente pérdida y modificación de la cubierta vegetal existente. En consecuencia, este impacto se reconoce como negativo; sin embargo, es importante tener en cuenta que esta actividad en particular es manejable y temporal.

1.41.1.3 Desplazamiento de la fauna.

La pérdida de cobertura vegetal dentro del área de estudio resultará en el agotamiento de las poblaciones de vida silvestre como resultado de una causa y efecto recíproco. En consecuencia, se clasifica como un impacto negativo de baja intensidad.

1.41.1.4 Alteración del hábitat acuático.

A lo largo del proceso de construcción, varios ambientes acuáticos y humedales pueden sufrir modificaciones, lo que resulta en un impacto de bajo nivel que puede remediarse en un período de tiempo relativamente breve.

1.41.1.5 Ingresos económicos.

La implementación del proyecto generará varios beneficios económicos para la comunidad local a través de la utilización de una variedad de bienes y servicios. Como resultado, se prevé que habrá un impacto positivo en el corto plazo.



1.41.1.6 Generación temporal de empleo.

Cuando comience la fase de construcción de la represa, generará oportunidades de empleo temporal ya que requerirá mano de obra no calificada. En consecuencia, esto producirá un efecto transitorio pero favorable.

1.41.2 Transporte

1.41.2.1 Deterioro de la calidad de agua superficial.

Durante esta etapa, las actividades de transporte tienen el potencial de afectar la calidad del agua, lo que genera una consecuencia negativa relativamente menor.

1.41.2.2 Alteración de excelencia de aire

El paso de maquinaria y las emisiones de los vehículos de transporte tendrán un impacto directo en la calidad del aire. Este impacto implicará principalmente la liberación de polvo PM10, que incluye partículas como polvo sólido o líquido, cenizas, cemento, partículas metálicas y hollín. Adicionalmente, habrá una menor contribución de emisiones de CO₂. Es importante señalar que, si bien este impacto es negativo, es de muy baja intensidad.

1.41.2.3 Alteración en el nivel de ruido.

Cuando se trata del transporte de maquinaria, equipos y materiales, el impacto en los niveles de ruido se considera de mínima intensidad y de naturaleza negativa dentro de las inmediaciones del proyecto designado.

1.41.2.4 Ingresos económicos.

A lo largo del período de construcción de la presa, la población local generará ingresos económicos.



1.41.2.5 Generación temporal de empleo.

Durante la duración de la construcción de la represa, habrá una creación de oportunidades de empleo temporal. Estos trabajos implicarán principalmente mano de obra no especializada, lo que resultará en un efecto beneficioso a corto plazo.

1.41.3 Construcción

1.41.3.1 Contaminación de suelo.

Se espera que durante esta fase ocurra la generación de contaminación del suelo por la presencia de residuos sólidos, resultando en un efecto adverso temporal.

1.41.3.2 Contaminación del recurso hídrico.

Como resultado, la generación de residuos líquidos durante esta etapa conducirá a la contaminación del agua, lo que se considera que tiene un efecto adverso temporal.

1.41.3.3 Perdida de cobertura vegetal.

Durante esta etapa se realizarán una serie de trabajos para eliminar la vegetación que cubre el terreno. A medida que se elimina la capa superior, toda la cobertura vegetal del área se pierde y modifica, lo que genera un impacto negativo. Sin embargo, es importante tener en cuenta que este impacto se puede minimizar y es de naturaleza temporal. (Ministerio de Vivienda, 2018)

1.41.3.4 Ingresos económicos.

Durante la fase de construcción, la población local experimentará un impulso económico como resultado de una mayor demanda de diversos bienes y servicios. Se espera que esto tenga un efecto beneficioso a corto plazo.

1.41.3.5 Generación temporal de empleo.

En la totalidad de esta fase, se prevé que habrá una creación de oportunidades de empleo temporal. Es importante tener en cuenta que estos puestos requerirán



principalmente mano de obra no calificada. En consecuencia, se prevé que esto resulte en un efecto breve pero favorable.

1.41.4 Almacenamiento

1.41.4.1 Contaminación de suelos.

Durante esta fase, habrá una ocurrencia de contaminación del suelo en la región designada debido a varias actividades que involucran la operación y utilización de maquinaria y equipo. En consecuencia, este impacto se considera de naturaleza temporal y perjudicial.

1.41.4.2 Contaminación del recurso hídrico.

Durante esta etapa se presentará la contaminación de la fuente de agua como consecuencia de la manipulación de maquinarias y equipos, catalogándose, así como una consecuencia adversa a corto plazo.

1.41.5 Etapa de ejecución

1.41.5.1 Calidad de vida.

Se espera que la implementación del proyecto de la represa tenga un efecto beneficioso en el bienestar de la comunidad local, lo que conducirá a una mejora en su calidad de vida en general.

1.41.5.2 Dinámica poblacional.

A medida que se desarrolle el proceso, la dinámica poblacional de Chinchaypujio experimentará una expansión que es ampliamente considerada como un efecto benéfico.



1.41.5.3 Factores ambientales

Tabla 36

Tabla de factores ambientales

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

Fuente: Propia

1.42 Medidas

- Para cumplir con las especificaciones técnicas descritas en el proyecto, es imprescindible emplear las técnicas adecuadas al realizar movimientos de tierra y extracciones de los bancos de materiales.
- Cuando se trata del material resultante de movimientos de tierra y taludes, es importante evitar transportarlo a zonas con vegetación natural. En cambio, debe dirigirse a áreas limpias que aún no están ocupadas.
- Para mitigar la erosión resultante de la extracción de material, es imperativo compactar rápidamente los materiales removidos.
- Para asegurar que la calidad del suelo no se vea afectada, es imperativo que los campamentos se instalen en áreas alejadas de las tierras agrícolas.
- Para evitar diversas formas de contaminación ambiental, es imperativo que todos los desechos sólidos se eliminen en áreas designadas.



- Para restaurar la cubierta vegetal, la vida silvestre y sus hábitats, es imperativo emprender medidas de forestación. Estas acciones son esenciales para el rejuvenecimiento exitoso del entorno natural.
- Para minimizar la producción de niveles de ruido excesivos y evitar la contaminación de los recursos de agua y suelo dentro del sitio del proyecto, es esencial cumplir con las prácticas de mantenimiento adecuadas para la maquinaria y los vehículos. Estas prácticas de mantenimiento deben cumplir con los estándares técnicos y estar ubicadas estratégicamente en áreas designadas.
- A lo largo del proceso de construcción de la represa, es imperativo que los trabajadores utilicen únicamente las instalaciones sanitarias provistas por el proyecto en las inmediaciones. Esto es para asegurar la preservación de los recursos hídricos sin ningún tipo de compromiso.

1.43 Plan de contingencias.

El objetivo principal del plan de contingencia es delinear los pasos y medidas necesarios que nos permitan abordar de manera efectiva cualquier posible situación de emergencia que pueda ocurrir debido a peligros ambientales.

A. Contingencias por fenómenos naturales.

Estos eventos se derivan de sucesos como terremotos, lluvias excesivas, vientos fuertes y más. Como resultado, las repercusiones de estos eventos se manifiestan como interrupciones del trabajo y daños a la infraestructura.

B. Contingencias por accidentes.

En el lugar de trabajo pueden ocurrir varios incidentes que requieran atención médica inmediata y la intervención de equipos de rescate. Además, los accidentes también



pueden desencadenarse por mordeduras de insectos o animales, y la gravedad de las consecuencias varía según la naturaleza de la picadura.

C. Contingencias por procesos técnico - constructivos.

Estos problemas surgen de secuencias progresivas que requieren una atención cuidadosa, ya sea en el ámbito del diseño o la construcción. Como resultado, estos desafíos pueden manifestarse como contratiempos en los cronogramas de construcción y gastos adicionales para el proyecto, particularmente en relación con la adquisición de materiales y recursos.

D. Contingencias por conflictos sociales.

El origen de estas contingencias se remonta a diversos factores que impactan tanto en la plantilla como en la empresa ejecutora. Estos factores pueden surgir de conflictos internos o externos, que pueden incluir luchas humanas dentro del lugar de trabajo o problemas externos como huelgas, paros o quejas de la comunidad local. A pesar de sus diferentes orígenes, estas contingencias pueden tener una consecuencia común: retrasos en el avance de la obra, perjudicando así la reputación de la empresa ejecutora.

1.43.1 Distribución general

En escenarios de emergencia o accidente, varias personas están involucradas en brindar asistencia inmediata o indirecta. Estas personas son el residente de obra, el ayudante, el maestro, el capataz y los trabajadores.

1.43.2 Manejo de contingencias.

Con el fin de estar preparados ante cualquier imprevisto o siniestro que pueda surgir en las inmediaciones, la dirección de contingencias informará previamente a los centros de salud ubicados en la localidad de Coya de la fecha de inicio del proyecto. En



consecuencia, es imperativo que el hospital y los centros de salud estén informados oportunamente y dispuestos a colaborar en todos los aspectos requeridos.



CONCLUSIONES

PRIMERA: Litológicamente es favorable por estar compuesta por macizos rocosos volcano sedimentarios del grupo Tacaza (lahares, brechas de caliza y conglomerado), Tanto dentro de la propia cuenca como a lo largo del dique, solo quedan algunos restos de morrenas. Estas morrenas consisten en grava, arena, brechas y conglomerados que contienen fragmentos de caliza. Estos remanentes también se pueden observar entre la laguna de Ccuyo y la microcuenca. La topografía circundante de la microcuenca y la desembocadura crea condiciones favorables para el cierre. Estas condiciones se caracterizan por la presencia de cerros a ambos lados.

SEGUNDA: Con base en el análisis del coeficiente de permeabilidad, se puede concluir que la permeabilidad general de los suelos en cuestión varía de media a baja. Estos suelos se caracterizan por tener una cubierta superficial consistentemente húmeda, seguida de saturación con agua. Los materiales presentes en estos suelos consisten principalmente en granulometría heterogénea, incluyendo suelo orgánico mezclado con brecha caliza y conglomerados. La capacidad portante para la construcción de la presa Pachacsimi ha alcanzado un valor favorable de 23,22 kg/cm². La roca se considera favorable con base en los valores adquiridos a través de la clasificación RMR, ya que pertenece a la clase III, lo que significa su capacidad para resistir cortes y compresión. Esta garantía de estabilidad y resistencia a la erosión. El sitio óptimo para la cantera de piedra está situado en una colina en dirección noroeste de la laguna Ccuyo, se encuentra a una distancia de unos 200 metros del eje central del dique, que cuenta con un volumen superior a 5000 metros cúbicos.

TERCERA: En términos de hidrología, la microcuenca del Ccuyo presenta condiciones favorables para la construcción de la presa. Esto se debe a factores como las



recargas de agua, los caudales, los períodos de máxima inundación y los períodos de sequía. Estas condiciones nos permitirán administrar y asignar de manera efectiva los recursos hídricos para el centro poblado de Chinchaypujio y sus comunidades aledañas.

CUARTO: El diseño adecuado para la construcción de la presa Pachacsimi es de tierra.



RECOMENDACIONES.

PRIMERA. - Para mejorar el atractivo estético del área impactada por la construcción de la represa, es esencial emprender un esfuerzo integral de reforestación. Este esfuerzo tiene como objetivo crear un entorno visualmente más atractivo al tiempo que garantiza la preservación y seguridad de la población de vida silvestre existente.

SEGUNDA. - El proceso de excavación para la fundación de la presa involucra la búsqueda de áreas de roca mínimamente fracturada. Es preferible encontrar roca por debajo de 1,5 m en las zonas de estribo y hasta 2 m en la zona central de la presa.

TERCERA. - Para minimizar el transporte de áridos, se recomienda incorporar piedra triturada procedente de las canteras cercanas situadas en el cerro al noroeste de la laguna. Estas canteras se encuentran aproximadamente a 200 metros del eje del dique. Los restos fragmentados encontrados en estas canteras son muy aptos para el proceso de trituración.

CUARTA. - Para adaptarse a las condiciones geológicas y geotécnicas, así como a la ventajosa proximidad del material de cantera, es imperativo que la construcción de la presa sea de hormigón de gravedad.

QUINTA. - Para garantizar que la mezcla de concreto cumpla con los estándares requeridos para la construcción, es necesario obtener los agregados gruesos y finos de las canteras de cunya designadas. Estas canteras se han considerado adecuadas para su uso como materiales de construcción debido a su óptima finura y durabilidad. Vale la pena señalar que la disponibilidad de este material dentro del área del Proyecto respalda aún más su uso.

SEXTA. - Para asegurar la impermeabilización del área fracturada en el lugar designado para la presa, es necesario realizar inyecciones de cemento o bentonita.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Braja, M. (2008). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. CENGAGE Learning México.
- Davis, M. (1899). *The Geographical Cycle*. . Geographi-cal Journal Of The Royal Geographical So-ciety.
- Deere, U. (1964). *Índice RQD*. SGS.
- Derruau, M. (1966). *Geomorfología*. Barcelona: Ariel S.A.
- Esquivel, C., & Pinares, G. (2019). *Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa Kullko*. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Gonzales, D., Ferrer, M., & Ortuño, L. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Prentice Hall.
- Gonzales, L., & Sencia, A. (2019). *Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa ccomerccochoa. distrito de Coyllurqui. provincia de Cotabambass, Apurimac 2019*. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Huamán, K. (2020). *Evaluación geológica y geotécnica para la construcción de la represa huathua laguna, distrito de Quiquijana. provincia de Quispicanchis, departamento de Cusco*. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- Huaman, N., & Caballero, L. (2022). *Estudio geológico y geotécnico para la construcción de la presa Marhuay del distrito de Coya, provincia de Calca, Cusco*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- INGEMMET. (1997). *Memoria*. Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico .
- INRENA. (1995). *Mapa Ecológico del Perú*. Lima.
- Instituto Geológico minero y metalúrgico. (1995). *Geología del Perú*. Fimert S.A.
- Lambe, T., & Whitman, R. (1997). *Mecánica de Suelos*. Academia.



- Meyerhoff, G. (1953). *The bearing capacity of concrete and rock*. Magazine of concrete research.
- Mijares, F., & Aparicio, J. (1989). *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Limusa.
- Ministerio de Vivienda. (2018). *Construcción y Saneamiento*. Lima: Departamento de Construcción.
- Popper, K. (1980). *La lógica de la investigación científica*. Madrid: Grupo Anaya.
- Prado, F., & Velásquez, H. (2015). *Estudio geológico - geotécnico para la construcción de la presa quillca alto Pichigua-Espinar, Cusco*. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- Rodríguez, A. (2017). *Métodos científicos de indagación y de construcción de conocimiento*. Revista EAN.
- Suarez, J. (S.f). *Análisis Geotécnico* .
- Suárez, L. (2015). *La Geología de Honduras y la cooperación internacional del desarrollo* . Geólogos del mundo.
- Villota, H. (2005). *Geomorfología Aplicada a Levantamientos Edafológicos y Zonificación*. Bogotá: IGAC.
- Zink, J. (1980). *Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales*. Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation.

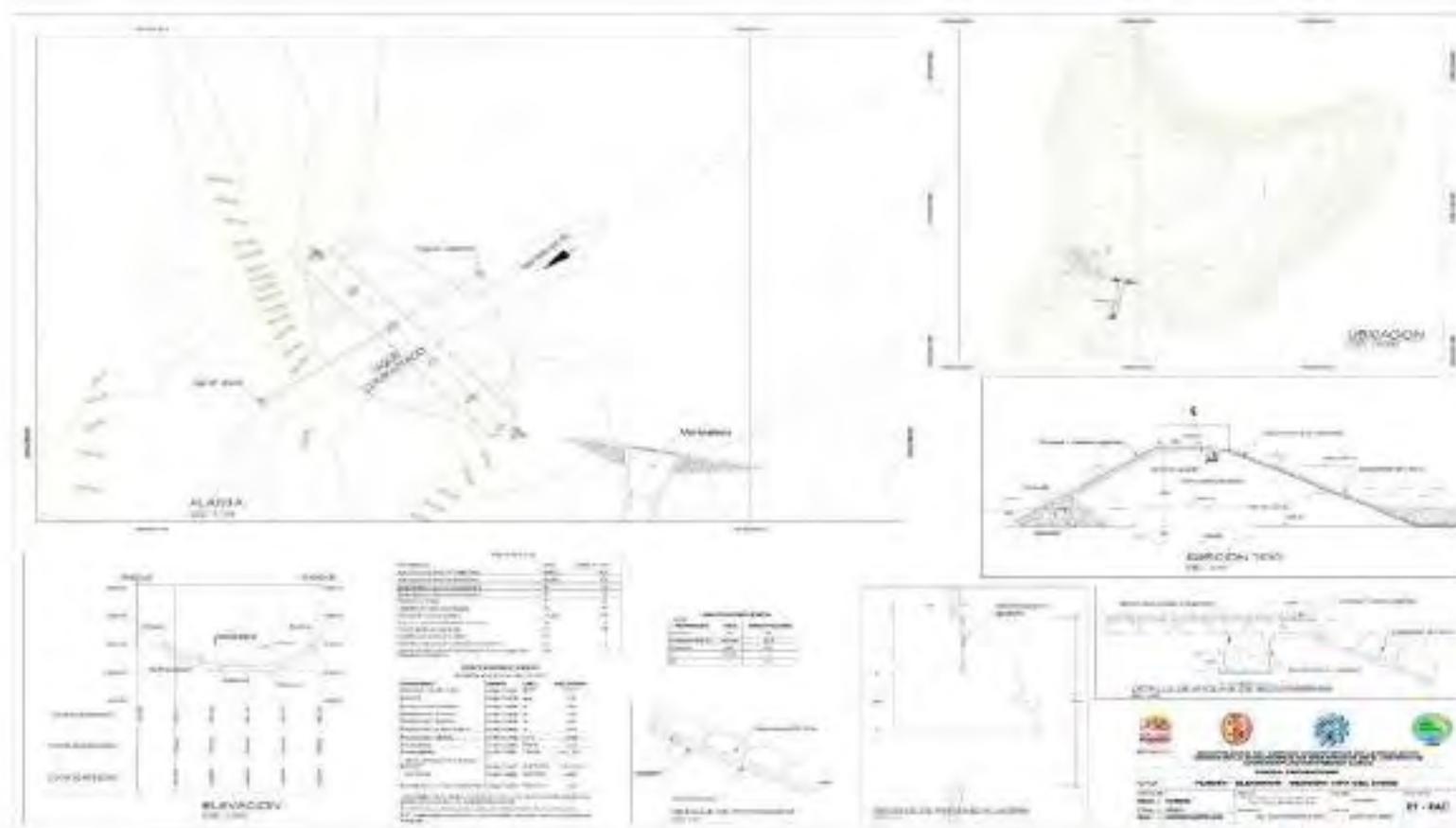


ANEXOS

PLANOS



"ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA PACHACSIMI DEL DISTRITO DE CHINCHAYPUJIO, PROVINCIA DE ANTA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO"

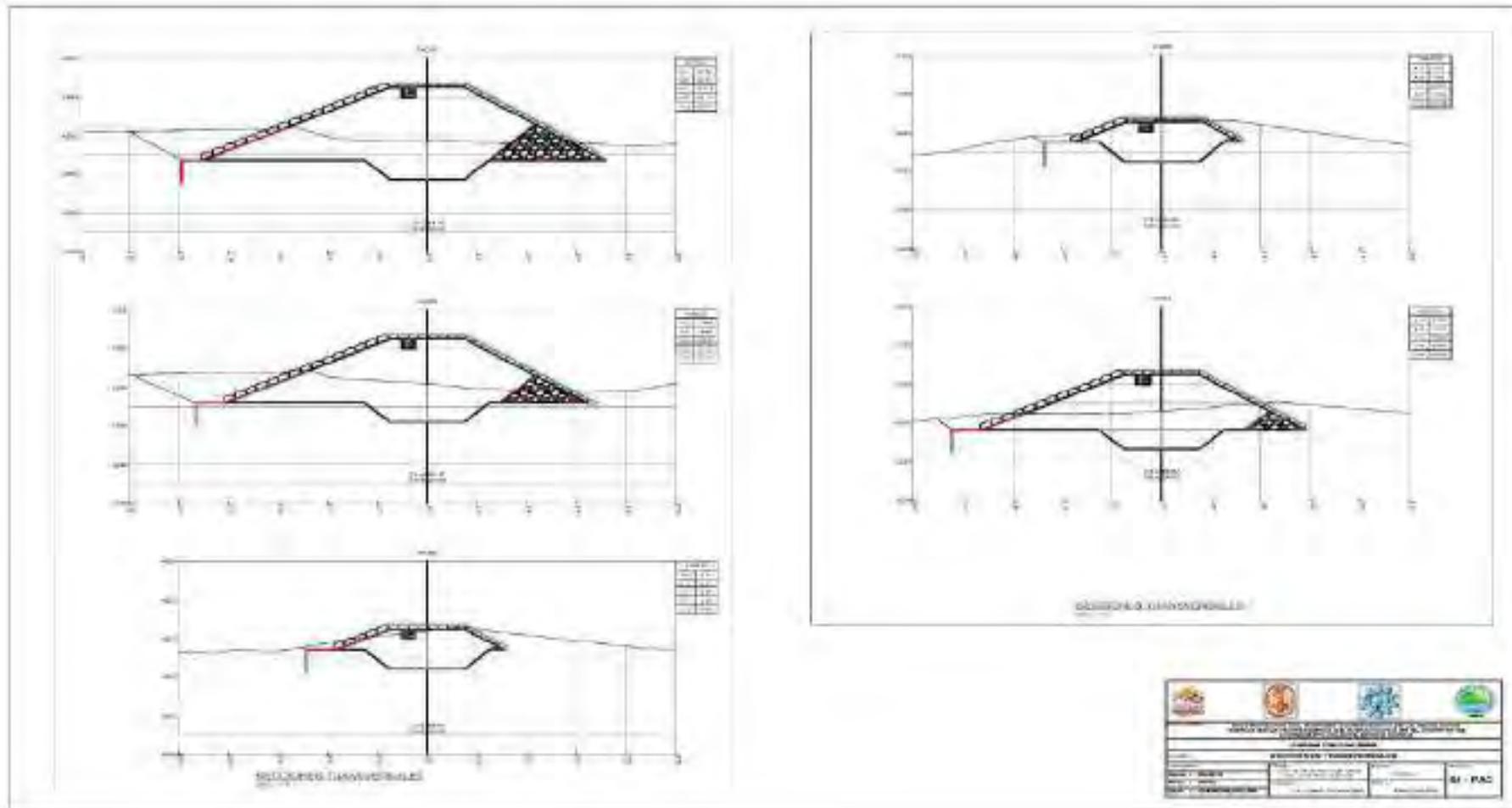


BACH. DARWIN ROGELIO CRUZ CHURA

BACH. MANUEL LEONIDAS VARGAS VASQUEZ



"ESTUDIO GEOLOGICO, GEOTECNICO E HIDROLOGICO PARA LA CONSTRUCCION DE LA PRESA PACHACSIMI DEL DISTRITO DE CHINCHAYPUJIO, PROVINCIA DE ANTA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO"



BACH. DARWIN ROGELIO CRUZ CHURA

BACH. MANUEL LEONIDAS VARGAS VASQUEZ



PANEL FOTOGRAFICO

FOTOGRAFIA DE CAMPO



Fotografía 1: Ensayo in situ DPL C-01



Fotografía 2: Ensayo in situ DPL C-02



Fotografía 3: Ensayo in situ DPL C-03



Fotografía 4: Vista de calicata C-3



Fotografía 5: Descripción estratigráfica C-02



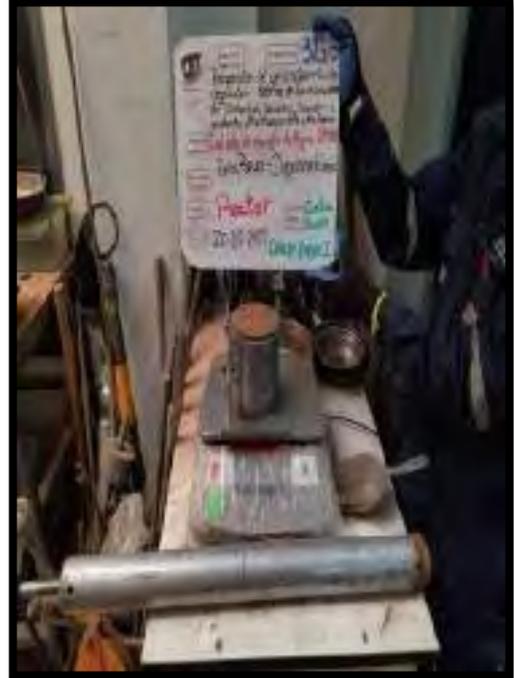
Fotografía 6: Ensayo in situ de densidad de suelo, C-02



FOTOGRAFIA DE ENSAYOS DE LABORATORIO



Fotografía 7: Ensayo de Proctor de CS



Fotografía 1: Limite Liquido, C-1



Fotografía 9: Ensayo de permeabilidad en laboratorio



Fotografía 2: Ensayo de Granulometría CS-II C-03