

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

MINERA Y METALURGICA



**CONSIDERACIONES GEOLÓGICAS PARA EL EMPLAZAMIENTO DE
LAS REPRESAS: HUARMISLLA, ÁNGELES DE CCARAHUASA,
PAPACHACRA Y HUARICHACA. HUANCVELICA.**

TESIS

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEÓLOGO

Elaborado por:

HÉCTOR, ESPINOZA CCENTE

Asesor:

MSc. Ing. David Rolando, Rojas Caballero

Lima - Perú

2012

ÍNDICE

RESUMEN	4
Lista de Cuadros.....	6
Lista de Graficas.....	8
Lista de Símbolos y Siglas.....	9
INTRODUCCIÓN	10
Capítulo I: GENERALIDADES	13
1.1 Ubicación y accesos a las cuencas hidrográficas a estudiarse.....	13
1.2 Antecedentes.....	16
1.3 Objetivos y alcances.....	17
1.4 Características generales de las cuencas de los ríos: Huarmislla, Palca, Tambo y Runday.....	19
1.5 Metodología de estudio.....	24
1.6 Agradecimientos.....	25
Capítulo II: MARCO TEÓRICO	26
2.1 Importancia de la geología en la construcción de represas.....	26
2.2 Presas.....	26
2.3 Uso y clasificación de las presas	27
2.4 Partes de una Presa	28
Capítulo III: INFORMACIÓN GEOLÓGICA	29
3.1 Litología y Estratigrafía.....	29
3.2 Hidrogeología.....	30
3.3 Geología Estructural.....	31
3.4 Geomorfología.....	33
3.5 Sismología.....	34

Capítulo IV: CLIMATOLOGÍA DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS	
DE LOS RÍOS HUARMISLLA, PALCA, TAMBO Y RONDAY.....	35
4.1 Ubicación de las estaciones meteorológicas en las cuencas.....	35
4.2 El valor de la columna pluviométrica media anual, de los últimos 20 años (en milímetros).....	36
4.3 La temperatura media anual (20 años de observaciones).....	38
4.4 Determinación de la columna de la Evapotranspiración de los últimos 20 años (aplicando el método de Turc).....	39
Capítulo V: LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.....	40
5.1 Las formaciones permeables e impermeables (acuíferos, acuitardos y acuífugo).....	40
5.2 Los depósitos aluvionales y fluviales como acuíferos.	44
5.3 Potencia y delimitación de los acuíferos.....	45
5.4 Presencia de manantiales - sus caudales.....	45
Capítulo VI: HIDROLOGÍA - DETERMINACIÓN DE CAUDALES.....	46
6.1 Determinación de caudales en los ríos: Huarmislla, Palca, Tambo y Ronday.....	46
Capítulo VII: CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS DE LAS AGUAS.....	52
7.1 Características químicas, principales elementos.....	56
7.2 La dureza del agua (grado hidrotimétrico).....	57
7.3 Porcentaje del ión sodio. Determinación del SAR.....	57
7.4 Análisis bacteriológico.....	63
7.5 Condiciones de potabilidad.....	63
Capítulo VIII: BALANCE HIDROLÓGICO EN LAS CUATRO CUENCAS	
HIDROGRÁFICAS DE LOS RÍOS: HUARMISLLA, PALCA,	
TAMBO Y RONDAY.....	65

Capítulo IX: GEOLOGÍA DE LA REPRESA HUARMISLLA.....	68
9.1 Geomorfología.....	68
9.2 Estratigrafía.....	68
9.3 Geología estructural y Tectónica.	74
9.4 Estabilidad de taludes.....	74
9.5 Condiciones Geodinámicas.....	75
Capítulo X: GEOLOGÍA DE LA REPRESA ANGELES DE CCARAHUASA	91
10.1 Geomorfología.....	91
10.2 Estratigrafía.....	91
10.3 Geología estructural y Tectónica.	95
10.4 Estabilidad de taludes.....	96
10.5 Condiciones Geodinámicas.....	96
Capítulo XI: GEOLOGÍA DE LA REPRESA PAPACHACRA.....	113
11.1 Geomorfología.....	113
11.2 Estratigrafía.....	113
11.3 Geología estructural y Tectónica.	116
11.4 Estabilidad de taludes.....	116
11.5 Condiciones Geodinámicas.....	117
Capítulo XII: GEOLOGÍA DE LA REPRESA HUARICHACA.....	137
12.1 Geomorfología.....	137
12.2 Estratigrafía.....	137
12.2 Geología estructural y Tectónica.	140
12.3 Estabilidad de taludes.....	140
12.4 Condiciones Geodinámicas.....	141
Conclusiones.....	158
Recomendaciones.....	163
Bibliografía.....	164
Anexos.....	166

RESUMEN

La presente tesis para optar el título de Ingeniero Geólogo, revisa y desarrolla una metodología básica sobre las consideraciones geológicas necesarias que se deben tener en cuenta para el diseño de represas que está emplazado en afloramientos rocosos condicionado por la gran cantidad de factores que gobiernan su comportamiento: Litológicos (rocas volcánicas, ígneas, sedimentarias, volcánica - sedimentaria y metamórficas), Estructuras Geológicas (diaclasas , fallas, pliegues), Estratigrafía (grupo, formación y miembro), la Tectónica, Hidrología, Hidrogeología, Meteorización y el Clima.

Evidentemente que estas pueden comprometer, la estabilidad de los taludes naturales ó laderas, la permeabilidad del vaso de almacenamiento ó embalse, la resistencia del macizo rocoso ó de los estratos (espesor, inclinación) y asentamiento del dique ó cortina de la represa, por el peso de la estructura misma ó actividad sísmica.

La construcción de cuatro represas ubicados en la cuenca de los ríos Huarmislla, Palca, Tambo y Runday, en los distritos de Anchonga, Acoria, Santiago de Chocorvos y Querco en el departamento de Huancavelica respectivamente, tiene como interés fundamental el afianzamiento hídrico parcial, almacenando los excedentes de agua durante las épocas de lluvia (avenidas máximas de diciembre a mayo), con el propósito de utilizarlo durante los meses de estiaje, minimizando el riesgo de escasez y asegurando parcialmente la suficiente disponibilidad de agua para riego y en consecuencia incrementar el nivel de producción agrícola.

En tal sentido es importante y necesario contar con todos los estudios geológicos e hidrológicos, para adoptar las medidas correctivas necesarias y oportunas ante la eventualidad de algún problema que se presente en la elaboración del proyecto.

La diversidad de afloramientos rocosos que constituye las formaciones geológicas de edad Paleozoica, Mesozoica, Cenozoica y la presencia de accidentes tectónicos regionales (fallas y pliegues) han desarrollado diversas morfologías en las cuencas de los ríos. Las formas de relieve que caracterizan la parte alta de las cuencas son las altiplanicies y montañas constituido por materiales sedimentarios, metamórficos, ígneos, volcánicas y volcano - sedimentario. Las represas estarán emplazadas en afloramientos rocosos que a continuación se presenta.

Características de los Afloramientos		
Represa	Formación Geológica	Descripción Litológica
Huarmislla	Grupo Cabanillas (Grupo Excelsior)	Cuarcitas grises y verdosas, intercalado con Filitas y Pizarras grises en estratos delgados.
	Formación Chambara (Grupo Pucara)	Calizas grises claras a oscuras en estratos gruesos.
	Formación Julcani.	Tobas blanquecinas a rosada con cuarzo lítico y pómez.
Ángeles de Ccarahuasa	Formación Chimú (Grupo Goyllarisquizga)	Areniscas cuarzosas blancas y amarillentas de grano fino a gruesa.
	Formación Santa - Carhuaz (Grupo Goyllarisquizga)	Limoarcillas rojas intercaladas con Areniscas cuarzosas blancas y Calizas grises.
	Formación Farrat (Grupo Goyllarisquizga)	Areniscas cuarzosas blancas intercaladas con Arenisca y Limoarcillas rojas.
	Formación Chayllacatana	Coladas volcánicas Basálticas en algunos afloramientos intercalado con Areniscas y Limoarcillas rojas.
	Formación Chulec - Pariatambo	Calizas grises claras a violáceas en estrato delgado y grueso.
Papachacra	Formación Cachios (Grupo Yura)	Lutitas y Pizarras fisibles y conteniendo nódulos de Cuarzoarenita.
	Formación Labra (Grupo Yura)	Cuarzoarenita de grano medio color blanco grisáceo con estratificación paralela y oblicua curva en bancos gruesos, hacia la base intercalado con pizarras.
	Formación Hualhuani (Grupo Yura)	Cuarzoarenita de grano medio a grano grueso color blanco amarillento.
	Formación Castrovirreyna	Limoarcillitas con clastos volcánicos y derrames lenticulares de andesita, dacita.
Huarichaca	Formación Castrovirreyna	Toba de lapilli lítica en bancos delgados de coloración abigarrada de verdosa a gris blanquecino, intercalado con horizontes de areniscas.
	Formación Caudalosa	Toba de lapilli pardo ha rosado. Bloques y clastos de naturaleza andesítica del centro volcánico Queso Rupasca.

LISTA DE CUADROS

- Cuadro N° 1.1 : Ubicación Geográfica y Política de las Cuencas
- Cuadro N° 1.2 : Clasificación por Coeficiente de Compacidad
- Cuadro N° 1.3 : Características Geomorfológicas de la cuenca río Huarmislla
- Cuadro N° 1.4 : Características Geomorfológicas de la cuenca río Palca
- Cuadro N° 1.5 : Características Geomorfológicas de la cuenca río Tambo
- Cuadro N° 1.6 : Características Geomorfológicas de la cuenca río Ronday
- Cuadro N° 4.1 : Ubicación de las Estaciones Meteorológicas
- Cuadro N° 4.2 : Registro de la Columna Pluviométrica Media Anual
- Cuadro N° 4.3 : Precipitación Media Anual en las Cuencas
- Cuadro N° 4.4 : Registro de las Temperaturas Media Anual
- Cuadro N° 4.5 : Valores de la Evapotranspiración (ETR) en las cuencas
- Cuadro N° 6.1 : Parámetros para el cálculo del Caudal del río Huarmislla
- Cuadro N° 6.2 : Parámetros para el cálculo del Caudal del río Palca
- Cuadro N° 6.3 : Parámetros para el cálculo del Caudal del río Tambo
- Cuadro N° 6.4 : Parámetros para el cálculo del Caudal del río Ronday
- Cuadro N° 7.1 : Parámetros Físico - Químicas de la aguas
- Cuadro N° 7.2 : Clasificación de aguas para riego según su Conductividad Eléctrica.
- Cuadro N° 7.3 : Índice SAR para clasificar aguas de riego
- Cuadro N° 7.4 : Clasificación por relación de Absorción de Sodio (SAR) riesgo de Salinización y Alcalinización
- Cuadro N° 7.5 : Cationes y Aniones de las muestras seleccionadas en las Cuencas
- Cuadro N° 8.1 : Valores del Balance Hídrico en las cuencas
- Cuadro N° 9.1 : Características Geológicas de las rocas (Presa Huarmislla)
- Cuadro N° 9.2 : Características Geotécnicas de las rocas (Presa Huarmislla)
- Cuadro N° 10,1 : Características Geológicas de las rocas (Presa Ccarahuasa)
- Cuadro N° 10.2 : Características Geotécnicas de las rocas (Presa Ccarahuasa)

- Cuadro N° 11.1 : Características Geológicas de las rocas (Presa Papachacra)
- Cuadro N° 11.2 : Características Geotécnicas de las rocas (Presa Papachacra)
- Cuadro N° 12.1 : Características Geológicas de las rocas (Presa Huarichaca)
- Cuadro N° 12.2 : Características Geotécnicas de las rocas (Presa Huarichaca)

LISTA DE GRAFICA

- Grafica N° 4.1 : Líneas de Isoyetas de las Cuencas Huarmislla y Palca
- Grafica N° 4.2 : Líneas de Isoyetas de las Cuencas Tambo y Ronday
- Grafica N° 7.1 : Diagrama logarítmico de Schoeller para la potabilidad del agua
- Grafica N° 7.2 : Diagrama para la clasificación de aguas para riego
- Grafica N° 9.1 : Presa Huarmislla
- Grafica N° 10.1 : Presa Ángeles de Ccarahuasa
- Grafica N° 11.1 : Presa Papachacra
- Grafica N° 12.1 : Presa Huarichaca

LISTA DE SIMBOLOS Y SIGLAS

A	:	Área de la cuenca. (Km ²)
L	:	Longitud mayor del río. (Km)
P	:	Perímetro de la cuenca. (Km)
K _c	:	Coefficiente de Compacidad. (Km/Km ²)
F _f	:	Factor de forma.
A _p	:	Ancho promedio de la cuenca. (Km)
S	:	Pendiente media de la cuenca. (%)
L _o	:	Longitud total de las curvas de nivel. (Km)
I _c	:	Pendiente media del río.
h ₁	:	Altitud máxima.
h ₂	:	Altitud mínima.
P _{mm}	:	Precipitación media anual en milímetros.
ETR	:	Evapotranspiración real media anual en milímetros.
CE	:	Escurrimiento superficial medio anual en milímetros.
I	:	Infiltración medio anual en milímetros.
Q	:	Caudal. (m ³ /s)
TDS	:	Sólidos disueltos totales.
C _E	:	Conductividad Eléctrica. (μS/cm) micro Siemens/cm.
SAR	:	Relación de Absorción de Sodio.
Ma	:	Millones de años.

INTRODUCCION

El agua es un factor importante y limitante en la producción agrícola de la sierra peruana **por el factor climático** de nuestra sierra, la escasez de este recurso, en un prolongado periodo de estiaje (7 a 9 meses, mayo a diciembre), encamina a una crítica situación del agricultor para su riego, que no puede realizar dos o más cosechas al año.

La agricultura constituye una de las principales fuentes de la actividad económica de estas localidades, principalmente en el valle de los ríos: Huarmislla, Palca, Tambo y Ronday donde se desarrolla esta actividad bajo riego deficiente. Esta agricultura se desarrolla en dos momentos. El primer momento aprovechando las avenidas de los ríos, donde se siembra la mayor cantidad de áreas de cultivo. Segundo momento en épocas de estiaje, donde el agua es escasa, lo que no satisface la demanda de los cultivos, debido al poco caudal del río, dejándose de sembrar muchos terrenos. Esta actividad es la fuente principal de los ingresos económicos de esta población. El 90% de los pobladores se dedican a la agricultura, produciendo principalmente, desde arvejas, habas, papa, maíz amiláceo, cebada, trigo, alfalfa, entre otros.

El Gobierno Regional de Huancavelica, cumpliendo con el presupuesto participativo 2005 - 2015, de propiciar y elaborar proyectos de inversión para la construcción de represas, obras de riego (canales, bocatomas y túneles), su conservación y el mejoramiento de las obras de infraestructura de riego existente.

Es un proyecto de propósitos múltiples que desarrolla en forma detallada la descripción geológica y distinguir los diferentes tipos de litología donde se emplazarán las represas: Huarmislla, Ángeles de Ccarahuasa, Papachacra y Huarichaca.

El relieve de la cuenca es consecuencia de la conjunción de muchos factores que acompañaron al levantamiento andino. Entre los principales factores tenemos: al clima dominante, a la deformación tectónica y al vulcanismo a gran escala, los cuales son aspectos muy importantes para el cartografiado geológico.

La elaboración del estudio y desarrollo del trabajo comprende diferentes capítulos.

En el primer capítulo se describe las características generales (ubicación geográfica, antecedentes etc.) y los parámetros geomorfológicos de las cuencas hidrográficas.

En el Capítulo 2, se desarrolla una reseña de la importancia de la geología en la construcción de represas, clasificación, tipos y usos.

En el Capítulo 3, se presenta un repaso de los fundamentos básicos de la geología (litología, estratigrafía, geología estructural, hidrogeología y geomorfología), de las áreas del proyecto.

El Capítulo 4, contiene información de la climatología de las cuencas hidrográficas de los ríos: Huarmislla, Palca, Tambo y Runday.

El Capítulo 5, trata sobre las aguas subterráneas (formaciones permeables e impermeables), diferenciándose tres clases de materiales hidrogeológicos, tales como: acuíferos, acuitardos y acuífugos.

El Capítulo 6, trata sobre la Hidrología y la determinación de caudales.

El Capítulo 7, trata sobre las características físico - químicas de las aguas de las cuencas: pH, temperatura, sólidos disueltos totales (TDS), cationes y aniones, cloruros, sulfatos, alcalinidad y conductividad eléctrica.

El Capítulo 8, trata sobre el balance hidrológico de las cuencas hidrográficas.

Finalmente los capítulos 9, 10,11 y 12 tratan sobre los estudios geológicos donde se emplazaran las represas: Huarmislla, Ángeles de Ccarahuasa, Papachacra y Huarichaca (geomorfología, estratigrafía, geología estructural, tectónica, estabilidad de taludes y condiciones geodinámicas).

CAPITULO I: GENERALIDADES

1.1 UBICACIÓN Y ACCESO A LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Las cuencas de los ríos Huarmislla y Palca, se ubican en la zona central del territorio peruano. Geográficamente pertenece al flanco Oriental de la Cordillera Occidental de los Andes, sus aguas drenan hacia la vertiente del océano Atlántico. Las cuencas de los ríos Tambo y Ronday se ubican en la zona sur central del territorio peruano. Geográficamente pertenece al flanco Oeste de la Cordillera Occidental de los Andes, sus aguas drenan hacia la vertiente del océano Pacífico. Políticamente pertenece al departamento de Huancavelica y comprende los distritos de Anchonga (perteneciente a la provincia de Angaraes), el distrito de Acoria (perteneciente a la provincia de Huancavelica) y los distritos de Santiago de Chocorvos y Querco, que a su vez, pertenecen a la provincia de Huaytará. El área de las cuencas de investigación se encuentra dentro las coordenadas UTM mostradas en el cuadro 1.1.

Cuadro 1.1

Ubicación Geográfica y Política de las Cuencas

Cuenca Río	Ubicación Geográfica (UTM)		Ubicación Política		
	Norte (m)	Este (m)	Departamento	Provincia	Distrito
Huarmislla	8 569 000	513 000	Huancavelica	Angaraes	Anchonga
	8 577 000	526 000			
Palca	8 592 000	492 000	Huancavelica	Huancavelica	Acoria
	8 600 000	507 000			
Tambo	8 468 000	489 000	Huancavelica	Huaytará	Santiago de Chocorvos
	8 482 000	500 000			
Ronday	8460 000	500 000	Huancavelica	Huaytará	Querco
	8480 000	524 000			

El acceso a las cuencas se realiza por el sistema de vías que integran las ciudades de Huancayo, Huancavelica e Ica, con sus distritos y anexos ubicados dentro de la región de Huancavelica.

Se cuenta con tres sistemas de vías:

La Primera Vía.

La Carretera Central hasta la ciudad de Huancayo (a 310.00 Kms, de Lima), desde donde se sigue hacia el Sur Este, mediante una carretera asfaltada de 146.00 Kms, hasta la ciudad de Huancavelica. De esta vía parten dos carreteras afirmadas, una de 27.00 Kms, que interconectan los poblados de Lircay, y Anchonga para posteriormente, acceder al proyecto de la represa Huarmislla. La segunda carretera de 12.00 Kms, que interconecta al proyecto de la represa Ángeles de Ccarahuasa.

La Segunda Vía.

La Carretera Panamericana Sur hasta la ciudad de Ica (a 350.00 Kms, de Lima), de esta vía parten dos carreteras afirmadas hacia el Este, una de 100.00 Kms, que interconectan al poblado Santiago de Chocorvos y posteriormente se accede al proyecto de la represa Papachacra y la otra de 145.00 Kms, que interconectan los poblados de Tingue, Córdova, centro minero Antapite y Querco para posteriormente acceder al proyecto de la represa Huarichaca.

La Tercera Vía.

El Ferrocarril Central es la vía de mayor importancia en este sector del país, une el puerto del Callao con el complejo metalúrgico de la Oroya, donde se bifurca en dos ramales. El primer ramal se dirige al Sur Este, uniendo Jauja, Huancayo y Huancavelica. El segundo ramal, que une con la ciudad de Cerro de Pasco.

1.2 ANTECEDENTES

El agua es un factor importante y limitante en la producción agrícola de la sierra peruana **por el factor climático** de nuestra sierra, la escasez de este recurso, en un prolongado periodo de estiaje (7 a 9 meses, mayo a diciembre), encamina a una crítica situación del agricultor, para su riego que no puede realizar dos o más cosechas al año.

El requerimiento de este recurso hídrico es constante a lo largo de la historia. Inicialmente, el consumo fue básicamente de tipo doméstico, posteriormente se sumó la agricultura y ganadería, luego su aplicación se dio en el área industrial para el procesamiento de la materia prima y posteriormente su, utilidad se empleó para la generación de energía tanto térmica como eléctrica.

La agricultura constituye una de las principales fuentes de la actividad económica de estas localidades, principalmente en el valle de los ríos: Huarmislla, Palca, Tambo y Ronday donde se desarrolla esta actividad bajo riego deficiente. Esta agricultura se desarrolla en dos momentos. El primer momento aprovechando las avenidas de los ríos, donde se siembra la mayor cantidad de áreas de cultivo. Segundo momento en épocas de estiaje, donde el agua es escasa, lo que no satisface la demanda de los cultivos, debido al poco caudal del río, y dejándose de sembrar muchos terrenos. Esta actividad es la fuente principal de sus ingresos económicos de esta población, el 90% de los pobladores se dedican a la agricultura, produciendo principalmente, desde arvejas, habas, papas, maíz amiláceo, cebada, trigo, alfalfa, entre otros.

El Gobierno Regional de Huancavelica, cumpliendo con el plan de desarrollo departamental concertado y presupuesto participativo 2005 - 2015, tiene la función de promover el desarrollo de las actividades productivas de la región, propiciar la construcción de represas y el mejoramiento de obras de infraestructura de riego existentes, ampliación de la frontera agrícola y la inserción de los agricultores a las cadenas productivas a nivel nacional, reemplazar la agricultura de subsistencia a una que sea rentable, competitiva y de calidad.

Estos proyectos se enmarcan dentro de los lineamientos de política nacional y sectorial de lucha contra la pobreza y la generación de empleo, mejorar la calidad de vida de la población y generar oportunidades para su desarrollo.

La falta de agua, problema que aqueja a los agricultores de los distritos de Anchonga, Acoria, Santiago de Chocorvos y Querco. Han tomado la iniciativa para solucionar este problema mediante el presupuesto asignado a la región de Huancavelica por el sistema nacional de inversión pública y por ley que establece el marco normativo legal relacionado a estos proyectos que a continuación se menciona.

- Ley N° 27209 Ley de Gestión Presupuestaria del Estado.
- Ley N° 229289 Ley de Presupuesto del Sector Público del Año Fiscal 2009.
- Ley N° 27783 Ley de Base de Descentralización.
- Ley N° 27867 Ley Orgánica de Gobiernos Regionales.
- Ley N° 27902 Ley Modificatoria de la ley Orgánica de Gobiernos Regionales N° 27867.
- Ley del Sistema Nacional de Inversión Publica 27293.
- D.S.N° 02-2008-EF Aprueban el Nuevo Reglamento del Sistema Nacional de Inversión Pública.
- R.D.N° 002-2009-EF/68.01 Aprueban Directiva General del Sistema Nacional de Inversión Pública.
- R.M. N° 314-2007-EF/15 Aprueban la delegación de facultades para declarar la viabilidad de los proyectos de inversión pública.

1.3 OBJETIVOS Y ALCANCES

La presente Tesis es un proyecto de propósitos múltiples que tiene como objetivo principal desarrollar en forma detallada la descripción geológica, identificar contactos geológicos, fallas, zonas geológicas que puedan presentar inestabilidad de taludes, zonas permeables, socavación y/o erosión, donde se emplazarán las represas Huarmislla, Ángeles de Ccarahuasa, Papachacra y Huarichaca. Otro de los objetivos que busca el presente trabajo es integrar los conocimientos adquiridos en asignaturas separadas a lo largo de los estudios universitarios, consolidándolos y logrando de esta manera adquirir la experiencia necesaria para la elaboración de este tipo de proyectos.

Como objetivos secundarios tenemos los siguientes:

- Evaluar los beneficios e impactos a lograr como resultado de ejecutar el proyecto.
- Análisis de los sectores de poblaciones olvidadas y generar fuentes de trabajo

para disminuir el subempleo.

- Mejorar y ampliar las áreas de cultivo para aumentar la productividad agrícola que están bajo riego.
- Contribuir a la reducción de las migraciones del campo a las ciudades.
- Preservar el patrimonio de las obras hidráulicas en el país a través del programa de mantenimiento y prevención.

1.4 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS:

HUARMISLLA, PALCA, TAMBO Y RONDAY

Las características fisiográficas principales de una cuenca (parámetro o índices) son: forma, área, perímetro, pendiente, relieve, red de drenaje, orientación.

Cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica es la superficie o área de un terreno donde todas las precipitaciones pluviales se unen para formar un curso principal de agua.

La cuenca funciona como un gran colector encargado de reunir las aguas meteóricas (drenaje), para originar finalmente un curso principal. Esta transformación que se realiza con pérdida de agua, depende de las condiciones climatológicas que imperan en la cuenca así como las características físicas de los terrenos.

Área de la cuenca (A)

Es la superficie delimitada por una línea imaginaria (divortium aquarum), donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas a un mismo punto de salida.

Perímetro de la cuenca (P)

Corresponde a la línea divisoria de aguas con las cuencas limítrofes o la longitud de los contornos de la cuenca y tienen influencia en la forma así como el tiempo de concentración en ella.

Longitud mayor del río

Es el mayor cauce longitudinal que tiene una cuenca determinada, es decir el mayor recorrido que realiza el río desde la cabecera de la cuenca, siguiendo todos los caminos de dirección o sinuosidades hasta un punto fijo de interés, que puede ser una estación de aforo o desembocadura.

Forma de la cuenca

Es la que determina la distribución de las descargas de agua a lo largo del curso principal, y es en gran parte responsable de las características de las crecientes que se presenta en la cuenca.

La forma de la cuenca es expresada por parámetros, tales como el coeficiente de compacidad, ancho promedio y el factor de forma.

. Coeficiente de Compacidad (K_c) o Índice de Gravelius

Es la relación del perímetro de la cuenca hidrográfica a la circunferencia de un círculo cuya área sea igual a la de una cuenca y se define como:

$$K_c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

donde

P : es el perímetro de la cuenca en Km.

A : es el área de la cuenca en Km².

Cuadro 1.2
Clasificación por Coeficiente de Compacidad

Coeficiente de Compacidad (K_c)	Forma
1 - 1.25	Redonda
1.25 - 1.5	Ovalada
1.5 - 1.75	Alargada

Si este valor de K_c , fuera igual a la unidad, significa que habrá mayores oportunidades de crecientes debido a que los tiempos de concentración, T_c (duración necesaria para que una gota de agua que cae en el punto más alejado de aquella, llegue a la salida o desembocadura), de los diferentes puntos de la cuenca serían iguales.

De igual modo, cuanto mayor sea el valor de K_c , también será mayor el tiempo de concentración de las aguas y por tanto, estará menos propenso a una inundación. Generalmente en cuencas muy alargadas el valor de K_c , es mayor a 2.

. Ancho promedio

Es la relación entre el área de la cuenca y la longitud mayor del río, la expresión es la siguiente:

$$A_p = \frac{A}{L}$$

donde

A : es el área de la cuenca en Km².

L : es la longitud mayor del río en Km.

. Factor de forma (F_f)

La tendencia de las avenidas del cauce y las concentraciones de lluvias se puede analizar con el factor de forma planteado por Horton (1945). Como la relación entre el ancho promedio de la cuenca (A_p) y la longitud del curso de agua más largo (L). La expresión es la siguiente.

$$F_f = \frac{A_p}{L} = \frac{A}{L^2}$$

donde

A_p : es el ancho promedio de la cuenca en Km.

A : es el área de la cuenca en Km²

L : es la longitud del cauce principal medido desde la cabecera hasta su salida.

Valores bajos indica que es una cuenca cuyas avenidas son bajas, por lo que tiene menos tendencia a concentrar la intensidad de las lluvias y valores altos indican que la cuenca está estrechamente ligada a crecientes repentinas.

. Pendiente media del río (I_c)

Es la diferencia total de elevación del lecho del río dividido por su longitud, entre esos puntos. Se mide en m/m o %. y se determina mediante la siguiente expresión:

$$I_c = \frac{(h_1 - h_2)}{L}$$

donde:

L : es la longitud del cauce principal medido desde la cabecera hasta su salida.

h_1 : es la altitud máxima en metros.

h_2 : es la altitud mínima en metros.

. Pendiente media de la cuenca (S)

Se define como la media ponderada de las pendientes correspondientes a superficies elementales en las cuales se puede considerar constante. Se mide en m/m o %.

$$S = \frac{L_o \Delta h}{A}$$

donde:

L_o : es la longitud total de las curvas de nivel.

Δh : es el intervalo entre curvas de nivel.

A : es el área de la cuenca en Km².

Cuadro 1.3

Características geomorfológicas de la cuenca del río Huarmislla

Parámetros Fisiográficos	Unidades	Cuenca Huarmislla
Altitud máxima de la cuenca	m.s.n.m	4600
Altitud mínima de la cuenca	m.s.n.m	3940
Altitud media de la cuenca	m.s.n.m	3970
Longitud mayor del río	Km	14.35
Pendiente media del cauce	m/Km	45.9
Área	Km ²	53.5
Perímetro de la cuenca	Km	47.48
Ancho medio de la cuenca	Km	6.20
Coefficiente de compacidad		1.83
Factor de forma de la cuenca		0.43
Orden de corrientes	°	3
Pendiente media de la cuenca	%	16.47

Cuadro 1.4

Características geomorfológicas de la cuenca del río Palca

Parámetros Fisiográficos	Unidades	Cuenca Palca
Altitud máxima de la cuenca	m.s.n.m	4700
Altitud mínima de la cuenca	m.s.n.m	2650
Altitud media de la cuenca	m.s.n.m	3500
Longitud mayor del río	Km	31.58
Pendiente media del cauce	m/Km	64.9
Área	Km ²	194.29
Perímetro de la cuenca	Km	83.54
Ancho medio de la cuenca	Km	6.15
Coefficiente de compacidad		1.68
Factor de forma de la cuenca		0.2
Orden de corrientes	°	3
Pendiente media de la cuenca	%	12.54

Cuadro 1.5

Características geomorfológicas de la cuenca del río Tambo

Parámetros Fisiográficos	Unidades	Cuenca Tambo
Altitud máxima de la cuenca	m.s.n.m	4530
Altitud mínima de la cuenca	m.s.n.m	3530
Altitud media de la cuenca	m.s.n.m	4030
Longitud mayor del río	Km	12.71
Pendiente media del cauce	m/Km	78.6
Área	Km ²	105.99
Perímetro de la cuenca	Km	52.33
Ancho medio de la cuenca	Km	8.33
Coefficiente de compacidad		0.39
Factor de forma de la cuenca		0.65
Orden de corrientes	°	2
Pendiente media de la cuenca	%	20.52

Cuadro 1.6

Características geomorfológicas de la cuenca del río Ronday

Parámetros Fisiográficos	Unidades	Cuenca Ronday
Altitud máxima de la cuenca	m.s.n.m	4200
Altitud mínima de la cuenca	m.s.n.m	3310
Altitud media de la cuenca	m.s.n.m	3755
Longitud mayor del río	Km	24.97
Pendiente media del cauce	m/Km	35.6
Área	Km ²	301.42
Perímetro de la cuenca	Km	96.56
Ancho medio de la cuenca	Km	12.07
Coefficiente de compacidad		1.56
Factor de forma de la cuenca		0.48
Orden de corrientes	°	5
Pendiente media de la cuenca	%	36.02

1.5 METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Para el desarrollo de la presente tesis se plantea seguir la siguiente metodología:

1.- Recopilación de información existente.

En esta etapa se recopilará la información bibliográfica, tesis efectuadas anteriormente, ponencias, artículos, libros, entre otros documentos, visitas a instituciones que tengan que ver con el proyecto que sea concerniente al tema a investigar.

2.- Estudio de gabinete.

Con la información recopilada se procederá a desarrollar el sustento de los aspectos teóricos y marco conceptual.

3.- Programa de campo.

Se recopilara los planos, registros y documentación necesaria para conocer el proyecto a ser evaluado, realizando un viaje para proceder con el mapeo geológico, la evaluación, en donde se realizará recorridos en el área de trabajo para rescatar las condiciones en la cual se encuentra la zona, las cuales irán acompañadas con una exploración de campo in-situ correspondientes.

4.- Programa de evaluación.

Se procederá a la aplicación de los criterios desarrollados en el marco teórico y conceptual.

Estudio microscópico de las muestras de roca.

Resistencia a la compresión de la roca: carga puntual o compresión simple.

5.- Redacción de la tesis.

1.6 AGRADECIMIENTOS

Doy un agradecimiento a mí alma mater la Universidad Nacional de Ingeniería, al señor Director de la Escuela de Geología, Dr. Ing. Rolando Carrascal M, a mis asesores MSc. Ing. Guillermo Pérez V. y MSc. Ing. David Rojas C. Por sus enseñanzas y sabios consejos que nos inculcaron para afrontar los retos de la vida con los conocimientos que me brindaron a lo largo de mis estudios universitarios, consolidándolos y logrando de esta manera adquirir la experiencia necesaria para la elaboración de diferentes tipos de proyectos.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 IMPORTANCIA DE LA GEOLOGÍA EN LA CONSTRUCCIÓN DE REPRESAS

En todo proyecto de una obra hidráulica como es el caso de una represa, requiere pues, estudios muy detallados que garanticen por una parte la impermeabilidad de las rocas donde el agua sea almacenada y por otra, la resistencia del macizo rocoso en el sitio donde deberá construirse el dique o muro de retención.

Cuando una represa colapsa o falla es porqué las condiciones del terreno no son óptimas para resistir el peso de la estructura misma. También debido a los errores que han sido cometidos y la falta de precisión en la planeación de los estudios realizados en las investigaciones geológicas. De ahí la importancia de que el estudio geológico se haga con mayor detalle utilizando suficiente tiempo, dinero y esfuerzo.

2.2 PRESAS

Una presa es un dique o muro grueso de concreto y/o tierra que se construye en el cauce de un río o de un arroyo para embalsar el agua y derivarla a canalizaciones de riego.

CLASIFICACIÓN POR USO

Presa de almacenamiento

Sirve para embalsar agua en épocas de lluvia y utilizarla en épocas de estiaje. Se emplea en proyectos de riego, generación de energía eléctrica y recreación.

Presa de derivación

Son presas que se construyen para proporcionar la carga hidráulica necesaria para desviar el agua hacia los sistemas de conducción (canales y túneles). Son de gran uso en proyectos de riego, energía y agua potable.

CLASIFICACIÓN POR DISEÑO HIDRÁULICO

Presa con flujos por encima

Son aquellos que se les diseña para que el caudal del río descargue encima de la cresta o a través de los vertederos a lo largo de la presa.

Presa sin rebose

Son aquellas presas que no permiten rebosar el agua por encima de la cresta o corona, como ejemplo: presas de tierra y/o enrocado.

Presa combinadas

Son las presas que combinan los dos tipos de estructuras anteriores, ejemplo: presas de gravedad y presas de tierra.

CLASIFICACIÓN POR EL TIPO DE MATERIALES

Presas de concreto

De gravedad

Son construidas de concreto y depende de su propio peso para su estabilidad. Es usualmente de trazo recto en el plano horizontal, aunque a veces pueden ser de trazos ligeramente curvos.

De arco

También son de concreto, pero su principal factor de selección reside en la posibilidad de transmitir la mayor parte de empuje horizontal del agua almacenada detrás de la presa, hacia los estribos, aprovechando la condición o forma de arco, lo que le permite disponer de una sección de menor espesor en comparación a una presa de gravedad. Las presas en arco se usan en sitios encajonados o estrechos, donde las paredes laterales sean capaces de soportar los esfuerzos producidos por la forma de arco adoptado.

De contra fuerte

Es una presa donde la cortina o muro de contención, consiste en una losa construida en forma inclinada y apoyada en intervalos por contrafuertes, los cuales transmiten los esfuerzos al terreno.

Presas de Tierra

Son presas construidas como terraplenes, utilizando tierra y roca, teniendo especial cuidado en el control de la percolación a través de la presa, para lo cual se prevé la construcción de un núcleo impermeable o una capa impermeable en el talud del sector aguas arriba de la presa.

Presas de enrocado

Es una presa entre las de gravedad y las de terraplén, pero en este caso las rocas sirven de mayor elemento estructural, disponiéndose de una capa impermeable en la cara aguas arriba, apoyada en el núcleo rocoso, el cual también soporta el empuje del agua almacenada.

2.3 PARTES DE UNA PRESA

Cuenca fluvial o de captación

Es el área tributaria hasta un punto determinado de una corriente, que está separada de las cuencas adyacentes por las cumbres.

Reservorio o vaso de almacenamiento

Es el espacio volumétrico que se forma en el lugar seleccionado, para la edificación de la represas. El nivel máximo que alcanza el agua, se conoce como NAME (nivel de aguas de máximo embalse).

Presa o dique

Estructura cuya construcción permite el represamiento de las aguas de un cauce, generando un volumen de agua limitado por las condiciones topográficas y geológicas del lugar elegido.

Ataguías

Obstáculos o estructuras deformables a manera de cortinas pequeñas que se construyen aguas arriba y aguas abajo del sitio donde se ubicara la cortina principal, para de esta manera mantener seca el sitio de construcción. En el caso de estructuras de tierra y enrocamiento llegan a formar parte de la cortina y la ataguía de aguas arriba se construye a la entrada de los túneles de desvío.

Vertedero o aliviadero de demasías

También conocido como la válvula de seguridad de la presa. Es la estructura que permite evacuar caudales conocidos como de avenida, sin que se dañe la presa y al mismo tiempo mantener los niveles de agua a una determinada cota.

Estructura de regulación

Esta estructura permite la entrega del agua almacenada a los canales de riego de acuerdo a la necesidad de los agricultores.

CAPITULO III: INFORMACION GEOLÓGICA

3.1 Litología y Estratigrafía

Paleozoico

Los afloramientos más antiguos corresponden al Paleozoico Inferior del Devoniano. Está representado por el Grupo Cabanillas (Grupo Excélsior), constituido por cuarcitas grises y verdosas, intercaladas con filitas y pizarras grises, en el lugar donde se ubicará una parte del embalse de la presa Huarmislla.

Mesozoico

Grupo Pucará

Las secuencias Mesozoicas comprenden desde el Triásico superior hasta el Jurásico inferior, fundamentalmente el Grupo Pucará que está constituido por las formaciones: Chambara, Aramachay y Condorsinga.

La Formación Chambara está conformada por calizas grises a oscuras en estratos gruesos, en el lugar donde se ubicará el dique de la presa Huarmislla.

Grupo Yura

Tiene amplio desarrollo entre el Jurásico medio y el Cretáceo inferior, compuesto por la Formación Cachios, Labra y Hualhuani.

La Formación Labra está representada por areniscas cuarzosas de grano medio a fino, que se intercalan con delgadas capas de limoarcillitas, en el lugar donde se ubicará el dique de la presa Papachacra.

La Formación Hualhuani, está representada por cuarcitas cuarzosas bien seleccionadas, blanquecinas, con estratificación sesgada, en el lugar donde se ubicará una parte del embalse de la presa Papachacra.

Grupo Goyllarisquizga

Comprende las Formaciones Chimú, Santa - Carhuaz y Farrat del Cretáceo inferior.

La Formación Chimú está representada por areniscas cuarzosas, blancas y amarillentas, de grano fino a grueso, en el lugar donde se ubicará el dique de la presa Ángeles de Ccarahuasa.

La Formación Farrat está constituida por areniscas cuarzosas blancas intercaladas con areniscas y limoarcillitas rojas, en la zona donde se ubicará el vaso de la presa Ángeles de Ccarahuasa.

La Formación Chayllacatana está representada por coladas volcánicas basálticas, en algunos afloramientos intercalados con areniscas y limoarcillas rojas, en el lugar donde se ubica las partes bajas de la ladera de la presa Ángeles de Ccarahuasa.

La Formación Chulec - Pariatambo está constituida por calizas gris claras a violáceas en estratos delgados y gruesos, formando una secuencia estrato creciente. Se intercalan con margas, en el lugar donde se ubica las partes altas de la ladera de la presa Ángeles de Ccarahuasa.

Cenozoico

La Formación Julcani está constituida por tobas blanquecinas a rosadas con cuarzo, líticos y pómez, en el lugar donde se ubica las partes altas y medianas de las laderas del vaso de la presa Huarmislla.

La Formación Castrovirreyna está constituida por toba de lapilli lítica, en bancos delgados de coloración abigarrada de verdosas a gris blanquecino. Intercalado con horizontes de areniscas, en el lugar donde se ubicarán el embalse y el dique de la presa Huarichaca. También forma parte donde se ubicará el embalse de la presa Papachacra.

La Formación Caudalosa está constituida por tobas de lapilli, pardo ha rosado, de textura porfirítica, con cristales e cuarzo hialino, plagioclasas, hornblenda y lítico, en el lugar donde se ubica las partes altas de las laderas de la presa Huarichaca.

Centro volcánico Queso Rupasca está constituido por bloques y clastos de naturaleza andesítica, en el lugar donde se ubica las partes altas de las laderas de las represas Papachacra y Huarichaca.

3.2 HIDROGEOLOGÍA

Las aguas subterráneas se encuentran ligadas a las condiciones geomorfológicas de la cuenca, a la naturaleza de la roca y a la condición estructural de las formaciones geológicas. La estratigrafía y la tectónica de la cuenca son importantes para la caracterización hidrogeológica, para la determinación de las dimensiones y la geometría de los mantos acuíferos.

La cantidad de agua que se infiltra en el subsuelo queda determinada por la intensidad y tipo de precipitación, como condicionante externo, la estructura geológica (fracturamiento), la pendiente del terreno, cantidad y tipo de vegetación, permeabilidad de los suelos y/o rocas y la relación con la estratigrafía (secuencia de estratos permeables e impermeables), se produce una infiltración que genere problemas de presión de poros, generando deslizamientos. En el caso de que el talud o laderas llegue a saturarse, la facilidad o dificultad con que el talud se auto drene depende de las formaciones geológicas circundantes, por tanto la presencia de mantos permeables de evacuación de agua favorecerán grandemente su estabilidad. Los materiales impermeables que impiden el paso de las corrientes de agua subterránea, facilitan la ocurrencia de deslizamientos.

En rocas volcánicas, a veces su porosidad es muy grande, pero sus poros no necesariamente están interconectados. El agua corre a través de grietas formadas al enfriarse y entre los derrames lávicos sucesivos.

Las rocas ígneas y metamórficas pueden ser las menos saturadas y la poca agua presente procede de sus fracturas o discontinuidades.

Las areniscas y rocas sedimentarias permeables son formaciones acuíferas importantes, y presenta grandes flujos de agua, especialmente en la dirección de la estratificación.

En calizas, su porosidad depende mucho de su disolución interna, pero cuando esta es importante, da lugar a abundantes manantiales, ríos subterráneos, etc.

3.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Para una mejor comprensión del comportamiento de una obra hidráulica en un sitio determinado, se necesita conocer las estructuras geológicas y discontinuidades de las rocas y/o suelos donde quedara asentada la presa.

A continuación se hará una descripción de estas estructuras y discontinuidades como son: pliegues, fallas, juntas o diaclasas, fracturas, foliación, estratificación y discordancias, que deben tomarse en cuenta para un estudio geológico.

Pliegues. Es importante reconocer los diferentes tipos de pliegues en el campo, describiendo su orientación, rumbo, inclinación, dimensiones e intensidad. A veces los pliegues pueden influir en la elección del sitio para el emplazamiento del dique

de una presa. Entre los diferentes tipos de pliegues, los sinclinales tienen mucha importancia por su capacidad para acumular agua en el vaso de una presa.

Fallas. Son superficies de fracturación o rotura con desplazamiento relativo entre bloques separados, puede ser de diferentes longitudes, algunos metros a decenas y centenas de kilómetros, las fallas pueden generar terremotos a lo largo de ellas y causar daño y destrucción de las estructuras construidas sobre ellas, por la energía liberada. Estos fenómenos también pueden cambiar las propiedades geotécnicas del terreno al disminuir la resistencia, modificar las condiciones de permeabilidad, poner en contacto formaciones litológicas distintas y activar en la mayoría de los casos la erosión diferencial. Una falla activa es aquella que ha tenido, por lo menos un movimiento en los últimos 10,000 años en el pasado geológico reciente (Holoceno), con un potencial para el desplazamiento en el futuro y dentro de un régimen sismotectónico reciente. Una falla capaz es semejante a una falla activa y se define como aquella que ha tenido, por lo menos un movimiento en los últimos 500,000 años con macrosismicidad asociada y una falla inactiva sin movimiento en los últimos 500,000 años.

Diaclasas o Juntas. Son superficies de fracturamiento o rotura de las rocas generalmente más o menos verticales o transversales a la estratificación, a lo largo de las cuales el desplazamiento no ha existido o ha sido muy pequeño. La superficie de fracturamiento son planos paralelos entre sí, cuando corresponden a una misma familia.

Discordancias. Es la ausencia de correspondencia o conformidad entre rocas o capas de roca, plegada o no, horizontales, inclinadas o verticales de modo que presentan diversos ángulos. Las discordancias son evidencias de que han existido movimientos orogénicos o epirogénicos, periodos de erosión y posterior sedimentación se trata de discontinuidades que pueden corresponder a zonas de debilidad o permeabilidad y que por lo regular corresponden a cambios notables de litología.

Estratificación. Es la disposición de las capas o estratos de un terreno, representada por un plano o superficie de discontinuidad. Este plano o superficie de discontinuidad puede ser abierto o solo ser definido por un cambio de coloración de la roca depositada.

3.4 GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología tiene por objeto la descripción y la explicación del relieve terrestre, lo considera en función de su génesis, morfología, edad y de la dinámica de los procesos actuales. Hay una interrelación entre las formas del relieve con otro tipo de accidentes, como pueden ser la presencia de fallas y fracturas que influyen en el modelado de una región; por ejemplo: alineamiento de ríos o arroyos debido a la orientación de fallas o fracturas, escarpas producidos por fallas regionales.

En la región de Huancavelica, en el lugar donde se ubicarán los proyectos de las represas, ocupan un área de relieve accidentado, caracterizada por la Cordillera Occidental de los Andes que atraviesa el territorio peruano de SE a NO. Una sección transversal al lineamiento andino muestra las siguientes unidades:

Cordillera Occidental

La Cordillera Occidental es la unidad más relevante de la zona estudiada, sus altitudes sobrepasan los 4000 metros y presenta cumbres con nevadas. Esta cordillera está constituida por gruesas secuencias de rocas volcánicas y sedimentarias mayormente de edad Cenozoica.

En el flanco Oriental de la Cordillera Occidental de los Andes, se ubican las cuencas de las represas Huarmislla y Ángeles de Ccarahuasa, formando valles abiertos en forma de “U” labrados por la acción de la erosión glaciaria, profundizando a medida que se dirigen a su confluencia con el río Mantaro (Faja Interandina) y drenan sus aguas hacia el Océano Atlántico.

Hacia el flanco Oeste de la Cordillera Occidental de los Andes, se ubican las cuencas de las represas Papachacra y Huarichaca, formando una topografía agreste y árida. Está cortado por ríos transversales que bajan de las altas cumbres y drenan sus aguas hacia el Océano Pacífico.

Faja Interandina

Constituye una estrecha faja formada por profundos valles longitudinales y que separa a la Cordillera Occidental de la Cordillera Oriental, este valle formado por el río Mantaro, sigue un cauce encañonado de flancos con fuerte pendiente y fluye hacia el SE.

3.5 SISMOLOGÍA

Nuestro país ubicado en la zona central y occidental de Sudamérica, presenta un territorio muy accidentado debido principalmente al proceso de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana. Este proceso da origen a un gran número de sismos de diferentes magnitudes de focos a diversos niveles de profundidad y que han producido en superficies destrucción de diferentes magnitudes, de ahí los daños que ellos provocaran en las ciudades y obras civiles dependerán de su intensidad y de la capacidad de respuesta de las estructuras a la aceleración a la cual son sometidas. La correcta equivalencia entre estos dos factores permitirá reducir los daños causados por este tipo de peligro. En estas condiciones, en el Perú los sismos constituyen el mayor peligro al cual se encuentra sometido el territorio.

Estos sismos son parte de la principal fuente sismogénica en razón a que en ella se han producido los sismos de mayor intensidad conocidos en Perú. Una segunda fuente la constituye la zona continental cuya deformación produce la formación de fallas de diversas longitudes con la consecuente ocurrencia de sismos de magnitudes menores en tamaño a los a los que se producen en la primera fuente (Cahill & Isacks, 1992; Tavera & Buforn, 2001).

El entorno sismo tectónico del Perú se caracteriza por la colisión y subducción de la placa de Nazca (marina) bajo la placa sudamericana (continental), el mismo que dió origen a la aparición de la fosa peruana - chilena, a la Cordillera de los Andes, a los principales sistemas de fallas activas y a la ocurrencia continua de un gran número de sismos de diferentes magnitudes. Estas características geomorfológicas, geológicas y geofísicas, permiten considerar al Perú como uno de los países de mayor riesgo sísmico en América Latina.

El índice de convergencia (subducción) es aproximadamente 10 cm por año. Según el Mapa de Zonificación Sísmica propuesto en la norma sismo resistente del Reglamento Nacional de Construcciones (1997), las áreas de los proyectos se ubican en la región de Huancavelica y se encuentra comprendida en la Zona 2 corresponde a Sismicidad Media.

CAPITULO IV: CLIMATOLOGÍA DE LAS CUENCAS HIDROGRÁFICAS DE LOS RÍOS: HUARMISLLLA, PALCA, TAMBO Y RONDAY.

El territorio peruano, por su ubicación geográfica debería tener un clima tropical con precipitaciones abundantes, temperaturas altas y vegetación exuberante, sin embargo la presencia de la Cordillera de los Andes, la corriente peruana de Humboldt y el anticiclón del pacífico sur, dan lugar a climas diversificados a las tres regiones naturales.

La región de Huancavelica presenta altitudes que varían de 1000m a más de 4000 msnm. Esta diferencia de altitud, así como la influencia de la geografía andina sobre el régimen de temperaturas y precipitaciones, es la causa de la variedad climática existente (clima seco).

El clima puede describirse en dos categorías: el verano o periodo húmedo (de Diciembre a Abril) y el invierno o periodo de estiaje o seco (de Mayo a Noviembre).

4.1 Ubicación de las estaciones meteorológicas de las cuencas a estudiarse.

Las características meteorológicas de las cuencas están determinadas en gran medida por su configuración fisiográfica. Los registros hidrológicos están controlados por estaciones meteorológicas e hidrométricas que permiten evaluar las precipitaciones pluviales, las descargas de los ríos, las variaciones de temperatura, la humedad relativa, la evapotranspiración, etc. Estos datos comprenden el tratamiento y análisis de la información meteorológicas existentes.

Cuadro N° 4.1

Ubicación de las estaciones meteorológicas

Estación	Ubicación Geográfica		Ubicación Política			Altura (m.s.n.m)
	Latitud (S)	Longitud (W)	Departamento	Provincia	Distrito	
Acobamba	13° 20'	75° 20'	Huancavelica	Acobamba	Acobamba	3296
Lircay	12° 58'	74° 43'	Huancavelica	Angaraes	Lircay	3278
Huancavelica	12° 46'	75° 00'	Huancavelica	Huancavelica	Huancavelica	3675
Laramarca	13° 57'	75° 02'	Huancavelica	Huaytará	Laramarca	3403
Tambo	13° 41'	75° 16'	Huancavelica	Huaytará	Tambo	3250
Santiago de Chocorvos	13° 50'	75° 15'	Huancavelica	Huaytará	Santiago de Chocorvos	2700
Huac Huas	14° 07'	74° 46'	Ayacucho	Lucanas	Huac Huas	3150

4.2 Valor de la columna pluviométrica media anual.

La distribución de las precipitaciones en la cuenca de los ríos: Huarmislla, Palca (Vertiente Atlántica) y Tambo, Ronday (Vertiente del Pacífico) es irregular.

Cuadro N° 4.2
Registros Pluviométricos

Registros pluviométricos Máximos, Mínimos y Medios Anuales						
Estación	Altura (m.s.n.m)	Pmin (mm)	Año	Pmax (mm)	Año	Pma (mm)
Acobamba	3296	268	1992	902.5	1988	617.31
Lircay	3278	487.4	1992	1121.9	2002	785.00
Huancavelica	3675	513.8	1992	1586.0	1993	914.78
Laramarca	3403	26.4	1992	1024.7	1984	667.90
Tambo	3250	24.5	1992	1030.1	1972	423.95
Santiago de Chocorvos	2700	14.3	1992	876.3	1989	234.52
Huac Huas	3150	444	2003	1026.5	2001	659.28

Pmin : precipitación mínima anual total
Pmax : precipitación máxima anual total
Pma : precipitación media total multianual

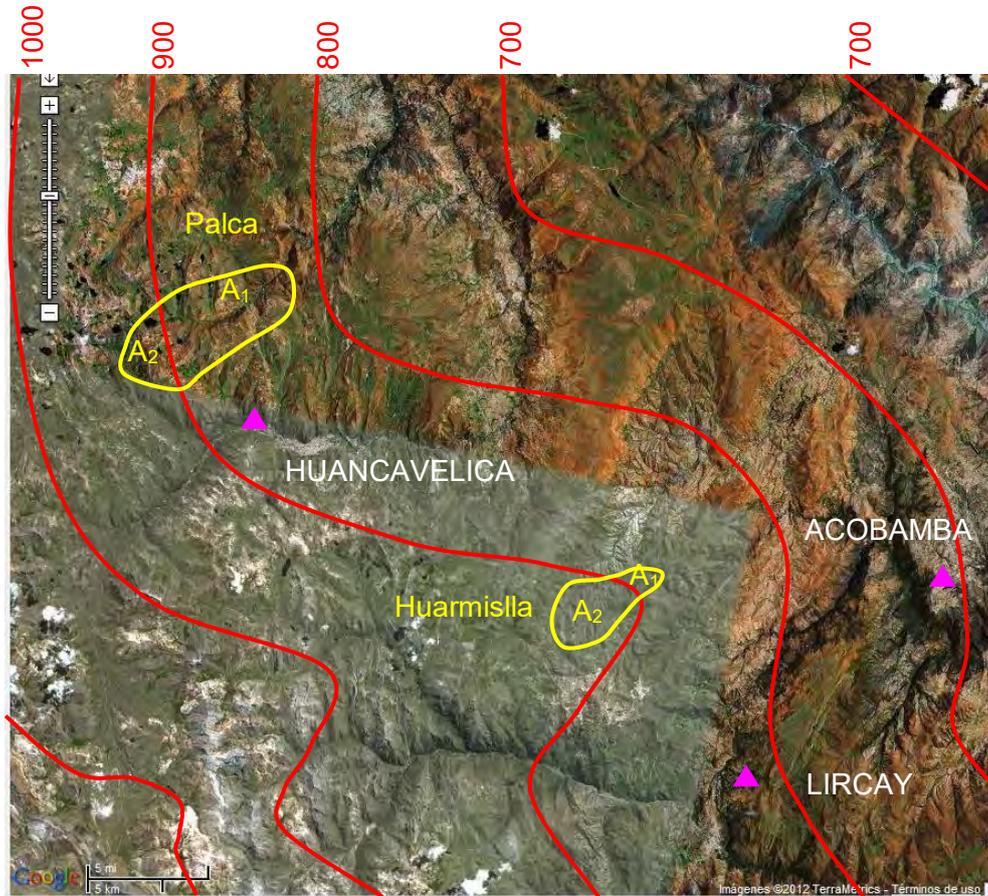
Cuadro N° 4.3
Precipitación Media en las cuencas

Cuenca Hidrográfica	Área Parcial en Km ²	Altura de precipitación en (mm)	Volumen total anual en (m ³)	Altura media de la Precipitación (Pmm)
Huarmislla	$A_1 = 16.75$ $A_2 = 36.75$ $A_{Total} = 53.5$	850 950	14 237.5 <u>34 912.5</u> 49 150.0	$\frac{49 150.0}{53.5} = 918.69$
Palca	$A_1 = 87.145$ $A_2 = 107.145$ $A_{Total} = 194.29$	850 950	74 073.25 <u>101 787.75</u> 175 861.00	$\frac{175 861.0}{194.29} = 905.14$
Tambo	$A_1 = 11.4975$ $A_2 = 62.995$ $A_3 = 31.4975$ $A_{Total} = 105.99$	300 500 700	3 449.25 31 497.50 <u>22 048.25</u> 56 995.00	$\frac{59 995.00}{105.99} = 537.73$
Ronday	$A_1 = 47.7875$ $A_2 = 165.575$ $A_3 = 87.7875$ $A_{Total} = 301.15$	500 700 900	28 893.75 115 902.50 <u>79 008.75</u> 223 805.0	$\frac{223 805.0}{301.15} = 743.16$

Pmm : precipitación media anual

Grafica 4.1

Líneas de Isoyetas en las cuencas de los ríos Huarmislla y Palca

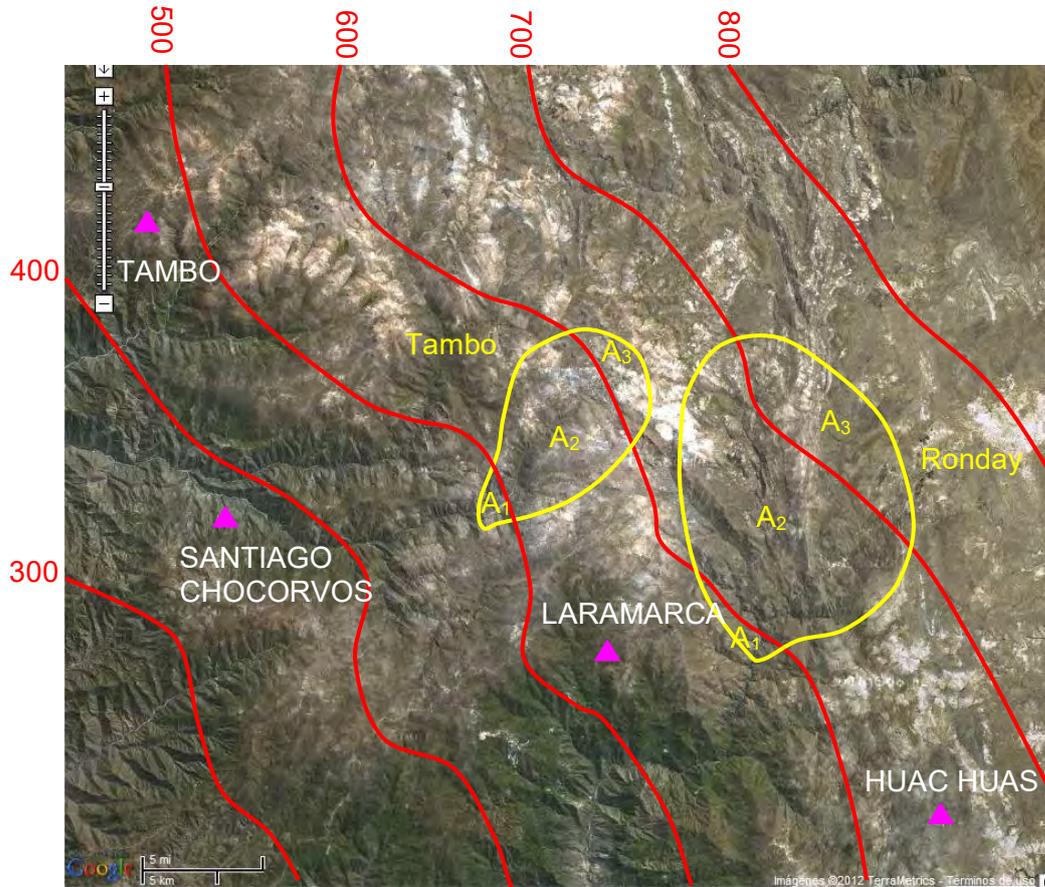


LEYENDA:

- ▲ Estación Pluviométrica
- ~ Líneas de Isoyetas
- Ⓐ Perímetro de la Cuenca

Grafica 4.2

Líneas de Isoyetas en las cuencas de los ríos Tambo y Runday



LEYENDA:

-  Estación Pluviómetrica
-  Líneas de Isoyetas
-  Perímetro de la Cuenca

4.3 La temperatura media anual.

Las cuencas de los ríos Huarmislla, Palca, Tambo y Runday, esta comprendido entre los 2000 y 4300 msnm, el clima es frio de alta montaña, las temperaturas diurnas son siempre positivas, pero a la sombra, así como en las noches, a lo largo del año la temperatura bajan a 0°C, originando la congelación de los charcos que se forman por la fusión del hielo, la nieve y la escarcha.

Cuadro N° 4.4
Registro de las Temperaturas

Temperatura Media en las Cuencas (T°C)													
Cuenca	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Oct.	Nov.	Dic.	T° Media Anual
Huarmislla	10.03	9.78	9.92	9.54	8.81	8.36	8.33	8.63	9.31	9.63	10.10	9.99	9.36
Palca	10.00	9.57	9.72	9.48	9.0	8.50	8.50	8.60	9.23	9.56	9.81	10.05	9.34
Tambo	11.52	11.40	11.60	11.84	11.20	11.36	10.40	10.32	11.34	11.30	11.40	11.00	11.20
Ronday	9.97	11.20	11.10	12.10	13.13	13.10	12.77	12.93	12.93	12.83	12.53	11.57	12.18

4.4 Determinación de la columna de la Evapotranspiración.

Dentro del intercambio constante de agua entre los océanos, los continentes y la atmósfera, la evaporación es el mecanismo por el cual el agua es devuelta a la atmósfera en forma de vapor; en su sentido más amplio, involucra también la evaporación de carácter biológico que es realizada por los vegetales, conocida como transpiración. Sin embargo, aunque los dos mecanismos son diferentes y se realizan independientemente no resulta fácil separarlos, pues ocurren por lo general de manera simultánea; de este hecho deriva la utilización del concepto más amplio de evapotranspiración que los engloba.

La evapotranspiración constituye un importante componente del ciclo y balance del agua. Se estima que un 70% del total de agua recibida por una zona (precipitación) es devuelto a la atmósfera a través del proceso, mientras que el 30% restante constituye la escorrentía superficial y subterránea. Es la suma de todas las pérdidas por transformación del agua en vapor, depende de factores ligados a la meteorología (precipitación, radiación solar y humedad del aire), a la vegetación (densidad tipo y grado de desarrollo) y al suelo (textura y estructura). Estos factores condicionan la capacidad de almacenamiento del agua.

Cálculo de la Evapotranspiración (ETR) por el método Turc.

$$\text{Evapotranspiración} = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{(300 + 25T + 0.05T^3)^2}}}$$

Cuadro N° 4.5
Valores de la Evapotranspiración (ETR) en las cuencas

Cuenca	P (mm)	T°C (media)	Evapotranspiración (mm)
Huarmislla	918.69	9.36	494.41
Palca	905.14	9.34	492.00
Tambo	553.77	11.20	434.37
Ronday	743.16	12.18	519.82

CAPITULO V: LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

En función de la historia geológica de las áreas estudiadas y los procesos tectónicos ocurridos es posible interpretar que estos fenómenos han actuado como control de la sedimentación. De esta forma las estructuras geológicas y la estratigrafía condicionan el límite de los sistemas acuíferos, la geometría de las unidades hidrogeológicas, las áreas de recarga, descarga y las direcciones de flujo de las aguas subterráneas. En las cuencas de los ríos, se puede diferenciar tres clases de materiales hidrogeológicos tales como: acuíferos, acuitardos y acuífugos.

El potencial de almacenamiento de agua en un acuífero se mide a partir del coeficiente de almacenamiento o porosidad eficaz. El movimiento del agua a través de las rocas se mide calculando el coeficiente de permeabilidad de Darcy o conductividad hidráulica (K).

ACUÍFEROS

Son unidades geológicas que tiene la capacidad de almacenar y transmitir aguas subterráneas a través de las fracturas, fallas y poros.

Acuíferos Fisurados o Fracturados

En estos materiales la porosidad por fracturas es la más importante para la circulación y almacenamiento de aguas subterráneas. La mayor capacidad de almacenamiento y circulación de agua subterránea por estas fracturas depende de la edad de las rocas, de la densidad de las fracturas, su intensidad, así como su plegamiento y/o deformación, además de estructuras hidráulicas formacionales que condicionan el almacenamiento y los límites del acuífero.

Acuíferos Porosos no Consolidados

Se les conoce con el nombre de acuíferos detríticos, estos depósitos se encuentran compuestos por gravas arenosas, con bancos de arena y gravas que poseen porosidad y permeabilidad, lo cual favorece el almacenamiento de agua subterránea.

Acuíferos Fisurados Sedimentarios

Se presentan en rocas volcánicas, volcánico - sedimentarias y sedimentarias, las fracturas deben estar abiertas e interconectadas unas con otras y con la superficie para poderse recargar. En las rocas duras y fracturadas, la permeabilidad varía de

acuerdo a la densidad, el tamaño y abertura de las fracturas y diaclasas. La conexión entre estos es un factor determinante en el grado de permeabilidad, las fracturas predominantes se encuentran a lo largo de los planos de estratificación.

Acuífero Cachios

Este acuífero aparece en la parte baja de la cuenca del río Tambo. Su litología está conformada por el predominio de areniscas cuarzosas altamente fracturada con intercalaciones de lutitas limoarcillitas, débilmente esquistosas y en estratos delgados. La permeabilidad superficial es de 0.19933 m/día, realizado por el INGEMMET, propio de acuíferos fisurados de moderada a alta productividad.

Acuífero Labra

Sus características litológicas se caracterizan por la presencia de fracturas y poros. Las fracturas interceptan a los poros por lo cual se convierte en un acuífero de doble porosidad. Litológicamente está compuesto por estratos de areniscas cuarzosas grises de grano medio con estratificación paralela. Estos niveles de arenisca son muy porosos y permeables los que permite una clasificación como acuífero sedimentario. La permeabilidad superficial promedio para estas areniscas se encuentran entre 0.1331 y 0.2527 m/día, realizado por el INGEMMET. En sectores hacia la base, presenta niveles impermeables de limo arcillitas silicificadas, que trabajan como basamento impermeable de este acuífero. El espesor medio estimado para esta unidad acuífera es de 500 metros.

Acuífero Hualhuani

Su litología predominante son las areniscas cuarzosas con laminaciones oblicuas, estas características litológicas y estructurales hace que esta formación tenga condiciones para ser un acuífero permeable de mediana productividad. La permeabilidad superficial promedio es de 0.1099 y 0.1255 m/día, realizado por el INGEMMET. El espesor estimado para esta formación es inferior a 60 metros, por lo cual las posibilidades de encontrar aguas subterráneas en cantidad apreciable en este acuífero son escasas.

Acuíferos Fisurados Volcánico - Sedimentario

En estos materiales, la permeabilidad de las rocas queda circunscrita a las fracturas de las rocas volcánicas y a la esquistosidad de las rocas sedimentarias, que actualmente dividen a la matriz de las rocas en patrones muy variables. Estos

elementos y las fallas interconectadas son los únicos que pueden permitir interconexiones que generen vías preferenciales de percolación de agua subterránea (la interconexión de los espacios libres, por donde circula el agua, se puede ver fácilmente en aquellos casos donde existen materiales solubles, como el CaCO_3). Las formaciones permeables en terrenos volcánicos - sedimentarios identificados son los siguientes:

Acuífero Sacsaquero

Los afloramientos de este acuífero se encuentran ampliamente en la parte alta de la cuenca del río Tambo, en pequeños afloramientos que dan origen a uno de los tributarios del río Tambo. Litológicamente está constituido por una secuencia masiva de tobas líticas y piroclásticos, cuyos clastos y bloques soportados en una matriz de grano medio hacen que esta formación tenga un comportamiento permeable. A estas características intrínsecas se le suma la gran red de fracturamiento regional, lo cual genera propiedades hidráulicas de doble porosidad. Con estas características de las rocas lo clasificamos como acuíferos permeables de moderada a alta productividad. La Permeabilidad medida en tobas redepositadas es de 0.17215 m/día y en arenas arcósicas van de 0.257 a 0.5234 m/día, realizado por el INGEMMET.

Acuífero Castrovirreyna

Este acuífero aflora en las nacientes de los ríos Tambo y Runday, encontrándose por una secuencia volcánica sedimentaria, con sedimentos lacustres y tobas líticas en mayor proporción. Presentan derrames de lavas de composición andesítica y conglomerados con clasto volcánicos, los clastos alcanzan hasta 10 centímetros de diámetro. Además presentan un nivel calcáreo delgado y muy aislado.

Acuíferos Fisurados Volcánicos

Estos acuíferos se forman a partir de materiales fundidos, a gran temperatura y a distintas profundidades. Sin embargo, la enorme actividad tectónica producida por la Cordillera de los Andes dió origen a la presencia de numerosas fracturas y fallas regionales, de porosidad efectiva y gran productividad en agua, dependiendo siempre de la alimentación y recarga que se produzcan a partir de la precipitación pluvial. El volcánico localizado en la cuenca del río Tambo y Runday es de la Formación Caudalosa.

Acuífero Caudalosa

Litológicamente está conformado en la base con bloques y clastos volcánicos subangulosos a subredondeados, en una matriz cuarzo feldespática, de grano grueso, poco compacto, disgregable al tacto, está cubierto por tobas de ceniza, color verdoso amarillento con líticos y tobas de arena (piroclasto). Las características de este acuífero están condicionadas a la presencia de fracturas y fallas que controlan la percolación del agua subterránea. La permeabilidad es de 0.09579 y 0.3444 m/día, realizado por el INGEMMET.

ACUITARDOS

Son las formaciones geológicas que tienen la capacidad de contener agua subterránea, pero que la transmiten muy lentamente. No son potenciales para la explotación, pero si condicionantes para el almacenamiento de las aguas subterráneas.

Los acuitardos conforman la unidad hidrogeológica con mayor exposición en las cuencas del río Huarmislla y Palca, en general comprenden rocas sedimentarias bien fuertemente cementadas, aunque existen formaciones de baja permeabilidad o impermeables en terrenos volcánicos y volcánico - sedimentario. En estos materiales la única forma de circulación del agua subterránea es a través de fallas y/o fracturas regionales.

De acuerdo a la amplia exposición de acuitardos en la cuenca en estudio, se ha clasificado de la siguiente forma:

Acuitardos Sedimentarios

Acuitardo Chulec - Pariatambo

Aflora en la parte alta de la cuenca del río Palca. Litológicamente se encuentra compuesto de potentes bancos de calizas intercaladas con margas y lutitas de textura afaníticas, en bancos de 1 a 1.5 metros de espesor. Esta intercalación con materiales impermeables le confiere la clasificación de Acuitardo. Sin embargo; ante la presencia de numerosos pliegues, anticlinales y sinclinales, no se descarta la presencia de fallas y fracturas con condiciones de albergar aguas subterráneas.

Acuitardo Volcánico - Sedimentario

Acuitardo Chayllacatana

Se observa en la parte superior de la cuenca del río Palca. Litológicamente está conformada por secuencia volcánico clástica y lávica, con presencia de algunos niveles cuarcíticos lenticulares, en la base son mayormente calizas.

Acuitardo Volcánico

Acuitardo Julcani

Principalmente aflora en la parte alta y en la base de la cuenca de río Huarmislla, su litología comprende tobas de cristales fuertemente soldadas, interestratificadas de composición dacítica, con abundante plagioclasa. Estos materiales se encuentran poco deformados, dándole una permeabilidad baja y una porosidad media de acuerdo al tamaño del grano que tienen los poros. Estas tobas tienen la capacidad de almacenar aguas subterráneas, pero la transmiten muy lentamente. Por este motivo se le ha clasificado a esta formación como acuitardo de escasa productividad.

ACUÍFUGO

Los acuífugos son formaciones que no tienen condiciones para almacenar ni transmitir aguas subterráneas. Esto sucede en materiales impermeables.

Acuífugo Cabanillas (Excélsior)

Estos materiales están compuestos por las rocas más antiguas que afloran en la cuenca del río Huarmislla. Litológicamente, está constituido por rocas metamórficas de características impermeables, filitas, pizarras esquistos y cuarcitas. Estos materiales pueden tener fracturas superficiales, pero sin condiciones para el almacenamiento y transmisibilidad de las aguas subterráneas. En otros sectores se encuentran intemperizados.

5.2 Los depósitos aluvionales y fluviales como acuíferos.

Son formaciones detríticas no consolidadas, porosas y permeables o también denominado acuíferos porosos no consolidados. Está compuesta por depósitos cuaternarios recientes. La litología predominante está conformada por las gravas y arenas, que facilitan la libre circulación y almacenamiento de aguas subterráneas. En estos depósitos se encuentran sedimentos finos, como horizontes limo arcilloso y esporádicos bancos de arcilla.

5.3 Potencia y delimitación de los acuíferos.

Un acuífero o unidad hidrogeológica considerada reservorio de aguas subterráneas nos permite delimitar por extensión a un sistema de un acuífero que se define como un conjunto de rocas que están ordenadamente relacionadas entre sí, contribuyen a transportar o almacenar agua subterránea en su interior.

5.4 Presencia de manantiales.

Un manantial es considerado como una surgencia de aguas de origen subterráneo. Generalmente se produce por medio de fracturas, fallas, grietas, diaclasas, cambio de litología, o en lugares donde la superficie topográfica corta al nivel piezométrico de un acuífero.

CAPITULO VI: HIDROLOGÍA - DETERMINACIÓN DE CAUDALES

Para el cálculo del caudal, depende de la medición de la velocidad media de la corriente del río y del área de la sección transversal del canal, a partir de la siguiente formula.

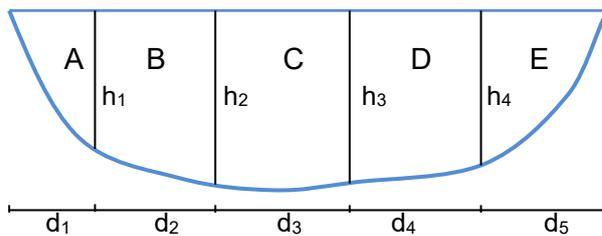
$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = A \text{ (m}^2\text{)} \times V \text{ (m/s)}$$

Q : Caudal

A : Área

V : Velocidad

Grafica N° 6.1
Área de la sección transversal del cauce de un río



6.1 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DEL RÍO HUARMISLLA

Cuadro N° 6.1
Parámetros para el cálculo del caudal del río Huarmislla

Altura		Tiempo		Distancia	
h	metros	t	segundos	d	metros
h ₁	0.3	t ₁	16.7	d ₁	0.7
h ₂	0.56	t ₂	19.0	d ₂	0.4
h ₃	0.53	t ₃	21.0	d ₃	0.6
h ₄	0.25	t ₄	17.0	d ₄	0.5
Longitud		t ₅	18.0	d ₅	0.8
L	8.4	t Promedio	18.34	d Total	3.0

Altura media del cauce

$$B = (h_1 + h_2)/2 = (0.3+0.56)/2 = 0.43\text{m}$$

$$C = (h_2 + h_3)/2 = (0.56+0.53)/2 = 0.545\text{m}$$

$$D = (h_3 + h_4)/2 = (0.53+0.25)/2 = 0.39\text{m}$$

Sección transversal

$$S_A = (b \times h)/2 = (0.7 \times 0.3)/2 = 0.105\text{m}^2$$

$$S_B = (0.4 \times 0.43) = 0.172\text{m}^2$$

$$S_C = (0.6 \times 0.545) = 0.327\text{m}^2$$

$$S_D = (0.5 \times 0.39) = 0.195\text{m}^2$$

$$S_E = (b \times h)/2 = (0.80 \times 0.25)/2 = 0.1\text{m}^2$$

$$\text{Total} = 0.899\text{m}^2$$

$$Q (\text{m}^3/\text{s}) = A(\text{m}^2) \times V(\text{m}/\text{s})$$

$$Q = 0.899\text{m}^2 \times (8.4/18.34)\text{m}/\text{s} = 0.411\text{m}^3/\text{s}$$



Foto 01: Midiendo el tiempo que recorre la madera en el cauce del río Huarmislla

6.2 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DEL RÍO PALCA

Cuadro N° 6.2
Parámetros para el cálculo del caudal del río Palca

Altura		Tiempo		Distancia	
h	metros	t	segundos	d	metros
h ₁	0.30	t ₁	18.00	d ₁	1.0
h ₂	0.51	t ₂	19.20	d ₂	0.7
h ₃	0.49	t ₃	17.30	d ₃	0.6
h ₄	0.38	t ₄	18.40	d ₄	0.6
Longitud		t ₅	19.20	d ₅	0.9
L	9.0	t _{Promedio}	18.42	d _{Total}	3.8

Altura media del cauce

$$B = (h_1 + h_2)/2 = (0.3+0.51)/2 = 0.405\text{m}$$

$$C = (h_2 + h_3)/2 = (0.51+0.49)/2 = 0.5\text{m}$$

$$D = (h_3 + h_4)/2 = (0.49+0.38)/2 = 0.435\text{m}$$

Sección transversal

$$S_A = (b \times h)/2 = (1.0 \times 0.3)/2 = 0.15\text{m}^2$$

$$S_B = (0.7 \times 0.405) = 0.2835\text{m}^2$$

$$S_C = (0.6 \times 0.5) = 0.3\text{m}^2$$

$$S_D = (0.6 \times 0.435) = 0.261\text{m}^2$$

$$S_E = (b \times h)/2 = (0.9 \times 0.38)/2 = 0.171\text{m}^2$$

$$\text{Total} = 1.1655\text{m}^2$$

$$Q (\text{m}^3/\text{s}) = A(\text{m}^2) \times V(\text{m}/\text{s})$$

$$Q = 1.1655\text{m}^2 \times (9.0/18.42)\text{m}/\text{s} = 0.569\text{m}^3/\text{s}$$



Foto 02: Midiendo la profundidad del río Palca

6.3 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DEL RÍO TAMBO

Cuadro N° 6.3
Parámetros para el cálculo del caudal del río Tambo

Altura		Tiempo		Distancia	
h	metros	t	segundos	d	metros
h ₁	0.3	t ₁	17.2	d ₁	0.9
h ₂	0.35	t ₂	18.0	d ₂	0.3
h ₃	0.4	t ₃	20.1	d ₃	0.5
h ₄	0.39	t ₄	19.2	d ₄	0.4
Longitud		t ₅	18.5	d ₅	1.0
L	8.0	t Promedio	18.6	d Total	3.1

Altura media del cauce

$$B = (h_1 + h_2)/2 = (0.3+0.35)/2 = 0.325m$$

$$C = (h_2 + h_3)/2 = (0.35+0.4)/2 = 0.375m$$

$$D = (h_3 + h_4)/2 = (0.4+0.39)/2 = 0.395m$$

Sección transversal

$$S_A = (b \times h)/2 = (0.9 \times 0.3)/2 = 0.135m^2$$

$$S_B = (0.3 \times 0.325) = 0.0975m^2$$

$$S_C = (0.5 \times 0.375) = 0.1875m^2$$

$$S_D = (0.4 \times 0.395) = 0.158m^2$$

$$S_E = (b \times h)/2 = (1.0 \times 0.39)/2 = 0.195m^2$$

$$\text{Total} = 0.773m^2$$

$$Q (m^3/s) = A(m^2) \times V(m/s)$$

$$Q = 0.773m^2 \times (8.0/18.6)m/s = 0.332m^3/s$$



Foto 03: midiendo el ancho del río Tambo

6.4 DETERMINACIÓN DEL CAUDAL DEL RÍO RONDAY

Cuadro N° 6.4
 Parámetros para el cálculo del caudal del río Ronday

Altura		Tiempo		Distancia	
h	metros	t	segundos	d	metros
h ₁	0.55	t ₁	21.7	d ₁	1.1
h ₂	0.6	t ₂	20.0	d ₂	0.8
h ₃	0.62	t ₃	19.2	d ₃	1.0
h ₄	0.54	t ₄	18.1	d ₄	0.85
Longitud		t ₅	19.3	d ₅	1.85
L	10.0	t Promedio	19.66	d Total	5.0

Altura media del cauce

$$B = (h_1 + h_2)/2 = (0.55+0.6)/2 = 0.575\text{m}$$

$$C = (h_2 + h_3)/2 = (0.6+0.62)/2 = 0.61\text{m}$$

$$D = (h_3 + h_4)/2 = (0.62+0.54)/2 = 0.58\text{m}$$

Sección transversal

$$S_A = (b \times h)/2 = (1.1 \times 0.55)/2 = 0.3025\text{m}^2$$

$$S_B = (0.8 \times 0.575) = 0.46\text{m}^2$$

$$S_C = (1.0 \times 0.61) = 0.61\text{m}^2$$

$$S_D = (0.85 \times 0.58) = 0.493\text{m}^2$$

$$S_E = (b \times h)/2 = (1.25 \times 0.54)/2 = 0.3375\text{m}^2$$

$$\text{Total} = 2.203\text{m}^2$$

$$Q \text{ (m}^3\text{/s)} = A\text{(m}^2\text{)} \times V\text{(m/s)}$$

$$Q = 2.203\text{m}^2 \times (10.0/19.66)\text{m/s} = 1.120\text{m}^3\text{/s}$$



Foto 04: Midiendo un tramo del río Ronday

CAPITULO VII: CARACTERÍSTICAS FÍSICO - QUÍMICAS DE LAS AGUAS

Se ha medido los siguientes parámetros físico - químico de las aguas en las cuencas: pH, temperatura, sólidos disueltos totales (TDS), cationes y aniones, cloruros, sulfatos, alcalinidad y conductividad eléctrica.

pH

Es una medida de la intensidad acida o alcalina de una muestra de agua. La acidez del agua está relacionada a la capacidad para atacar los materiales geológicos (acelerando la meteorización de las rocas) y está usualmente acompañada por un alto contenido de sólidos disueltos totales (Langmuir D., 1997). Se expresa como la concentración en meq/gr de iones de hidrogeno o como la cantidad equivalente de carbonato de calcio requerida para neutralizar dicha acidez.

TEMPERATURA

La temperatura es un parámetro muy importante para los procesos naturales en el agua. Las descargas de agua a altas temperaturas, pueden causar daño a la flora y fauna de las aguas receptoras al interferir con la reproducción de las especies, incrementar el crecimiento de bacterias, algas y otros organismos. Acelerar las reacciones químicas y la eutrofización.

Considerando que existe una relación inversa entre la altitud y la temperatura, se ha determinado que las temperaturas bajan con el incremento de la altitud con una gradiente térmica de alrededor 0.5 °C por cada 100 metros de ascenso (INRENA - Pejeza, 2004)

Acuíferos muy profundos pueden presentar su temperatura influenciada por el grado geotérmico. Consideramos que las aguas con temperaturas inferiores a 16°C son aguas frías; de 16 a 22°C son aguas normales; superiores a 22°C aguas calientes.

SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (TDS)

Es la cantidad total de sustancias orgánicas e inorgánicas dispersas en un volumen de agua, esta cantidad es directamente proporcional a la conductividad eléctrica. Expresa el contenido de sólidos disueltos de una muestra de agua, este ionizado o no. El procedimiento para conocer la cantidad de sólidos disueltos en el agua consiste en determinar el residuo seco a 180° o 110°C en una estufa seca, después del secado, el peso de la muestra no coincide con el total de sólidos

disueltos en la muestra original. Ello es consecuencia de que los bicarbonatos han pasado a carbonatos y los sulfatos se precipitan en forma de yeso, reteniendo agua. Sin embargo el residuo seco da idea del contenido total de sólidos disueltos, en el agua natural suele presentar valores inferiores a 1000 ppm.

CATIONES

Ion Calcio

Su presencia en el agua se debe a rocas carbonatadas o sulfatos de calcio como: calizas, dolomías, yeso y anhidrita. El ion calcio y magnesio conceden al agua la dureza. La concentración de calcio en una agua subterránea potable varía entre 10 y 100 ppm, cantidades mayores de hasta 1000 ppm, son inocuas para la salud del hombre.

Ion Magnesio

Su presencia en el agua se debe a las dolomías y silicatos de magnesio. Lavado de evaporitas con magnesio. Las concentraciones más frecuentes de magnesio varía entre 1 y 40 ppm.

Ion Sodio

Su presencia en el agua se debe a feldespatos, disolución de sulfatos y nitratos sódicos, sal gema, intrusiones marinas. Las sales de sodio son muy solubles, las concentraciones de 0.1 a 100ppm, son normales.

Ion Potasio

Su presencia se debe a productos que se forman en la descomposición meteórica de las ortoclasas, silvina y nitrato potásico, el grado de solubilidad de las sales potásicas es tan elevado como el de las sales sódicas, la concentración normal en aguas subterráneas suele ser inferior a 10 ppm, siendo frecuentes entre 1 y 5 ppm.

ANIONES

Ion Cloruro

Su presencia en el agua se debe al agua marina atrapada en el interior de los sedimentos, de la disolución de la sal común y de los minerales afines que existen en las formaciones de evaporitas, de los cloruros existentes en el agua de lluvia y nieve, se presentan casi siempre en forma sódica y potásica, las concentraciones

de las aguas subterráneas son inferiores a 100 ppm. En zonas áridas pueden aumentar hasta 1500 ppm, concentraciones superiores a 1000 ppm, son nocivas para la salud y el agua de mar tiene de 19000 ppm a 24000 ppm.

El ion cloruro es una sustancia altamente soluble y estable utilizada frecuentemente como indicador de contaminación antrópica en los estudios de evaluación ambiental.

El contenido elevado de cloruro en el agua interfiere en el desarrollo y crecimiento vegetal, también causa corrosión de tuberías y estructuras metálicas, se sabe que las excretas humanas y de otros organismos superiores (orina) poseen concentraciones importantes de estas sustancias.

Ion Sulfato

Su presencia se debe a disolución de minerales sulfatados existentes en las rocas sedimentarias, las arcillas orgánicas pueden proporcionar grandes cantidades de sulfato mediante oxidación de la marcasita y pirita. Las aguas subterráneas presentan cantidades inferiores a 100 ppm, el agua de mar puede presentar entre 2500 y 3000 ppm. El agua residual del drenado de minas y hierro u otras que contengan pirita puede aportar importantes cantidades de sulfato debido a la oxidación de esta.

Ion Carbonato y Bicarbonato

Procede de la disolución del CO₂ existente en la atmósfera y de los carbonatos, fundamentalmente caliza y dolomía, la alcalinidad de las aguas se debe esencialmente a la presencia de (CO₃⁻²) y (HCO₃⁻) las concentraciones más frecuentes suelen oscilar entre 50 y 400 ppm

Ion Nitrato

Su presencia en el agua se debe a la descomposición de materia orgánica, contaminación industrial agrícola y urbana, y el uso de los fertilizantes agrícolas. Las concentraciones normales de NO₃⁻ oscilan entre 0.1 y 30 ppm, valores superiores a 60 ppm ponen de manifiesto contaminación probablemente orgánica.

Ion Nitrito

Su presencia de NO_2^- se debe a la descomposición de la materia orgánica por acción bacteriana. No debe existir en el agua subterránea, su presencia es síntoma indudable de contaminación.

ALCALINIDAD

En la mayoría de los cuerpos de agua natural la alcalinidad se halla asociada al “sistema carbonato”, esto es, a carbonatos (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-) presentes tales como $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, NaHCO_3 y $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$. Por esta razón la alcalinidad suele tomarse como un indicativo de la concentración de estas sustancias, sin que ello quiera decir que, para todos los casos, la alcalinidad se deba exclusivamente al sistema carbonato, por ejemplo para el caso de aguas subterránea relativamente antigua que discurren por estratos arenosos, la alcalinidad también se halla relacionada a los silicatos disueltos.

Los suelos donde predominan el Na^+ y el CO_3^{2-} se les denomina alcalinos, el papel del sodio es importante, ya que reacciona con el suelo y reduce su permeabilidad, cualquier suelo con contenido alto de sodio, soporta mal el crecimiento de las plantas.

SALINIDAD

La salinidad del agua puede ser estimada midiendo su conductividad eléctrica. Es por ello que una clasificación adecuada del agua para riego debe estar basada en la conductividad eléctrica y en el porcentaje de sodio, cuando predominan los cloruros o sulfatos se denominan salinos.

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica se encuentra estrechamente ligada a la mineralización del agua, su variación se debe al contacto de las aguas subterráneas con materiales solubles por efecto de la circulación en formaciones antiguas que contiene cantidades sustanciales de sólidos disueltos (sales, sulfatos, etc). Se define como la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica y es lo contrario de la resistencia. La unidad de medición utilizada comúnmente es el micro Siemens /cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

En las aguas de alta pureza, la conductividad eléctrica del agua es muy baja, del orden de $0.045 \mu\text{S}/\text{cm}$, este valor se eleva enormemente si entra en contacto con

pequeñas cantidades de sales y puede llegar a ser un buen conductor eléctrico cuando contiene sustancias iónicas disueltas (Custodio, 1996). Por lo tanto desde el punto de vista de la conductividad eléctrica, afirmamos que las aguas con alta conductividad son salinas, y las aguas de baja conductividad son aguas de calidad para el uso en agricultura y consumo humano. La variación normal de este parámetro está entre 150 y 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La calidad del agua subterránea depende mucho de las condiciones y características que tienen los acuíferos: de su litología, de la velocidad de circulación, de la calidad del agua de infiltración, de los factores hidrodinámicos también de las actividades humanas que puedan producir influencia o contaminación, cuyos alcances son a veces insospechados. La influencia de condiciones externas al subsuelo (como la pluviometría y los aspectos antrópicos) modifican de forma temporal o permanente la naturaleza de las aguas subterráneas.

Se realizaron campañas de campo para el muestreo de aguas, de una manera puntual no sistemática, uno en cada cuenca de los ríos: Huarmislla, Palca, Tambo y Runday respectivamente.

Los parámetros físicos medidos in situ fueron los siguientes: pH, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos (TDS).

7.1 Características Químicas, principales elementos

La composición fisicoquímica y bacteriológica del agua se adquiere al momento de la circulación en el subsuelo y al entrar en contacto con diferentes tipos de rocas y minerales.

Generalmente el origen del agua subterránea es la infiltración de agua de lluvia, y esta contiene gases y algunos iones que se encuentran disueltos en la atmósfera. Los principales constituyentes del agua subterránea son:

Mayoritarios: HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , Na^+ , K^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , CO_2 , O_2 , y SiO_2

Minoritarios: NO_2^- , PO_4^{3-} , BO_3^{3-} , F^- , S^{2-} , Br^- , I^- , NH_4^+ , Fe^{+2} , Mn^{+2} , Li^+ , Sr^{+2} , Zn^{+2}

Elementos traza: Al^{+3} , Ti^{+4} , Co^{+2} , Cu^{+2} , Pb^{+2} , Ni^{+2} , Cr^{+3}

7.2 La dureza del agua (grado hidrotimétrico)

La dureza del agua se debe, principalmente, a la presencia de compuestos de calcio (Ca^{+2}), magnesio (Mg^{+2}), sulfatos y de cloruros. Estos iones impiden la formación de espumas con los jabones, por eso las aguas duras lavan mal, elevan el consumo de detergentes y producen incrustaciones en las tuberías.

El grado hidrotimétrico indica la dureza del agua en función al tenor global, en sales de: Ca, Mg y SO_4 .

$$^{\circ}\text{dh} = \text{Ca} (\text{CO}_3\text{Ca} / \text{Ca}) + \text{Mg} (\text{CO}_3\text{Ca} / \text{Mg}) + \text{SO}_4 (\text{CO}_3\text{Ca} / \text{SO}_4)$$

El grado hidrotimétrico francés $^{\circ}\text{dh}$, de un agua corresponde a un contenido de 10 mg de CO_3Ca por litro. Podemos utilizar igualmente la parte por millón de partes (ppm). Un ppm corresponde a un contenido de 1mg por kilogramo.

$$1^{\circ}\text{dh} = 10 \text{ ppm de } \text{CO}_3\text{Ca}$$

Cuadro N° 7.1

Parámetros Físico - Químicas de las aguas

Parámetros Físico-químicas						
Cód.	Fuente (Río)	Dureza mg/l	T°C	pH	TDS mg/l	Alcalinidad mg/l
H - 01	Huarmislla	33.6	8.5	8.1	60	19.5
P - 02	Palca	74.6	9.1	8.3	20	55.5
T - 03	Tambo	44.2	11.4	7.9	80	38.9
R - 04	Ronday	58.6	10.3	8.2	65	34.1

7.3 Porcentaje del ion Sodio. Determinación del SAR

Altos contenidos de sodio en las aguas de regadío, afecta la permeabilidad del suelo y causa problemas de infiltración. Esto es porque el sodio cuando está presente en el suelo es intercambiable por otros iones. El calcio y magnesio son cationes que forman parte de los complejos estructurales que forman el suelo, generando una estructura granular apropiada para los cultivos. El exceso de iones sodio (Na^+) desplaza al calcio (Ca^{+2}) y magnesio (Mg^{+2}), provoca la dispersión y desagregación del suelo. El suelo se vuelve duro y compacto en condiciones secas y reduce la infiltración de agua y aire a través de los poros que conforman el suelo. Para la caracterización química de las aguas se ha empleado tablas diagramas en los que se muestra en el cuadro N° 7.2, que clasifica las aguas para riego, según su conductividad eléctrica, parámetro relacionado directamente con la concentración de sales en el agua.

Cuadro N° 7.2

Clasificación de aguas para riego según su Conductividad Eléctrica

	Clasificación	C.E. $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C	Concentración sal en gr/l
C ₁	Salinidad Baja	0 - 250	< 0,2
C ₂	Salinidad Media	250 - 750	0,2 - 0,5
C ₃	Salinidad Alta	750 - 2250	0,5 - 1,5
C ₄	Salinidad Muy Alta	2250 - 5000	1,5 - 3,0

Las sales pueden proceder de las rocas emplazadas en los cursos de las aguas corrientes, principalmente las de tipo sedimentario, las cuales tienen sales como minerales constituyentes. Otra fuente de sales, es el empleo de elevadas cantidades de fertilizantes (especialmente los más solubles), que producen la contaminación de los cuerpos de agua. La acumulación de sales influye negativamente en el crecimiento de los cultivos.

Las aguas cuya salinidad está por debajo de $750 \mu\text{S}/\text{cm}$ no ofrecen ningún riesgo de salinización y pueden utilizarse en toda clase de suelos sin preocupaciones especiales. Cuando la conductividad supera el valor anterior es necesario tomar precauciones, que varían según el tipo de suelo y los riegos de salinización que significa, de manera que no deberían utilizarse en suelos de elevada salinidad y con una permeabilidad reducida. Por encima de $2250 \mu\text{S}/\text{cm}$, estas aguas no deben utilizarse en ningún caso.

Relación de Absorción de Sodio (SAR)

Cuando la proporción de sodio es alta, será mayor el peligro de sodificación y al contrario, si predomina el calcio y el magnesio, el peligro es menor. El SAR en una solución de suelo, se relaciona con la absorción de sodio y en consecuencia esta relación puede usarse como "índice de sodio" o del peligro de sodificación que tiene dicha agua, la cual afecta de manera muy directa a los cultivos, en la medida que el exceso de sodio hace que las arcillas se dispersen y la materia orgánica se solubilice, afectando muy negativamente las propiedades físicas del suelo (agregados menos estable, sellado del suelo, encostramiento y disminución de la conductividad hidráulica), por lo que el medio será menos apto para el crecimiento de los cultivos.

Cuadro N° 7.3
Índice SAR para clasificar aguas de riego

Clasificación		SAR	
		C _E = 100 μS/cm	C _E = 750 μS/cm
S ₁	Baja en Sodio	0 - 10	0 - 6
S ₂	Media en Sodio	10 - 18	06 - 12
S ₃	Alta en Sodio	18 - 26	12 - 18
S ₄	Muy alta en Sodio	> 26	> 18

En lo referente a la sodicidad, los valores de SAR inferiores a 18 (cuadro N° 7.3), no representan ningún tipo de problema para cualquier clase de suelo. Por encima de estos valores se deben tomar precauciones en función del estado del complejo de cambio del suelo, los suelos calcáreos toleran mejor el sodio que los suelos de baja saturación; los más problemáticos son aquellos cuyo extracto de saturación presenta un SAR elevado.

El diagrama de Wilcox es un modelo que nos sirve para clasificar la calidad de agua según la aptitud de uso, tomando como base la conductividad eléctrica del agua (salinidad) y la relación de absorción de sodio. La calidad del agua de riego se mide por la combinación de los dos parámetros tratados líneas arriba, la salinidad y el contenido de sodio.

El proceso que da lugar a la salinización de suelo, es el intercambio iónico que se produce en el suelo, que implica la sustitución del Ca⁺² y Mg⁺² que en el existen por el sodio disuelto en el agua.

La Relación de Absorción de Sodio (SAR). Es la concentración relativa del Sodio con respecto al Calcio y Magnesio, denominado índice SAR. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$SAR = \frac{\frac{Na^+}{1}}{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}$$

Para el ploteo de los puntos y clasificación de los datos en el diagrama se ha utilizado valores de Na⁺, Ca⁺⁺ y Mg⁺⁺, en meq/l, utilizando la formula SAR.

Los diagramas de Wilcox & Riverside permiten la clasificación de las aguas de acuerdo con el peligro de salinización del suelo. En donde cada agua viene caracterizada por el índice C (conductividad eléctrica desde C₁, baja, a C₄, muy alta) y el índice S (contenido de sodio desde S₁, bajo, a S₄, muy alto). Al combinar

ambos factores de peligro de salinización del suelo (C_E) y de alcalinización del suelo (SAR) surgen 16 categorías de agua de riego.

C₁ - S₁. Aguas que tienen bajo contenido de sodio y por lo tanto salinidad baja, apta para el riego en la mayor parte de cultivos y en casi todos los suelos agrícolas. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio y también puede existir problemas con los suelos de muy baja permeabilidad. Este tipo de agua se encuentra en la cuenca de los ríos Huarmislla, Palca, Tambo y Ronday. Es recomendable para el uso agrícola sobre todo en el riego de pera, manzana, naranja, almendras, ciruelas, melocotón y otros, de acuerdo al piso altitudinal.

C₂ - S₁. Esta clasificación muestra que el agua es de calidad para el riego, a pesar de su bajo contenido en sodio, lo que genera una salinidad media, puede presentar algunos problemas con cultivos muy sensibles al sodio; en ciertos casos puede ser necesario emplear grandes volúmenes de agua y utilizar cultivos tolerantes a la salinidad. Es apta para el uso en agricultura, especialmente de cultivos como uva, aceituna, granadilla, tomate, coliflor, lechugas, alfalfa y otros. Sin embargo, pueden presentarse problemas con cultivos muy sensibles al sodio y con suelos con muy baja permeabilidad.

C₁ - S₂. Aguas de baja salinidad, media en contenido de sodio, apta para el riego de casi todos los terrenos, sobre todo suelos de textura gruesa o de suelos orgánicos con buena permeabilidad.

C₃ - S₁. Aguas de salinidad alta con bajo contenido de alcalinidad, se usan en suelos de buen drenaje y se emplean grandes volúmenes de agua.

C₃ - S₂. Aguas de salinidad alta con cierto contenido de alcalinidad y por lo tanto con cierto peligro de acumulación de sodio en el suelo. Este problema se presenta especialmente en suelos de textura fina (arcillosos) y de baja permeabilidad. Para el uso de este tipo de agua deben vigilarse las condiciones físicas del suelo y especialmente el nivel de sodio cambiante, corrigiendo o neutralizando en caso de ser necesario.

C₄ - S₂. Aguas de salinidad muy alta, su uso está condicionado a ciertas restricciones para riego, ya que tiene un contenido medio de sodio. Se recomienda el uso en suelos muy permeables y con buen drenaje, empleando volúmenes en exceso para lavar sales del suelo y utilizando cultivos muy tolerantes a la salinidad.

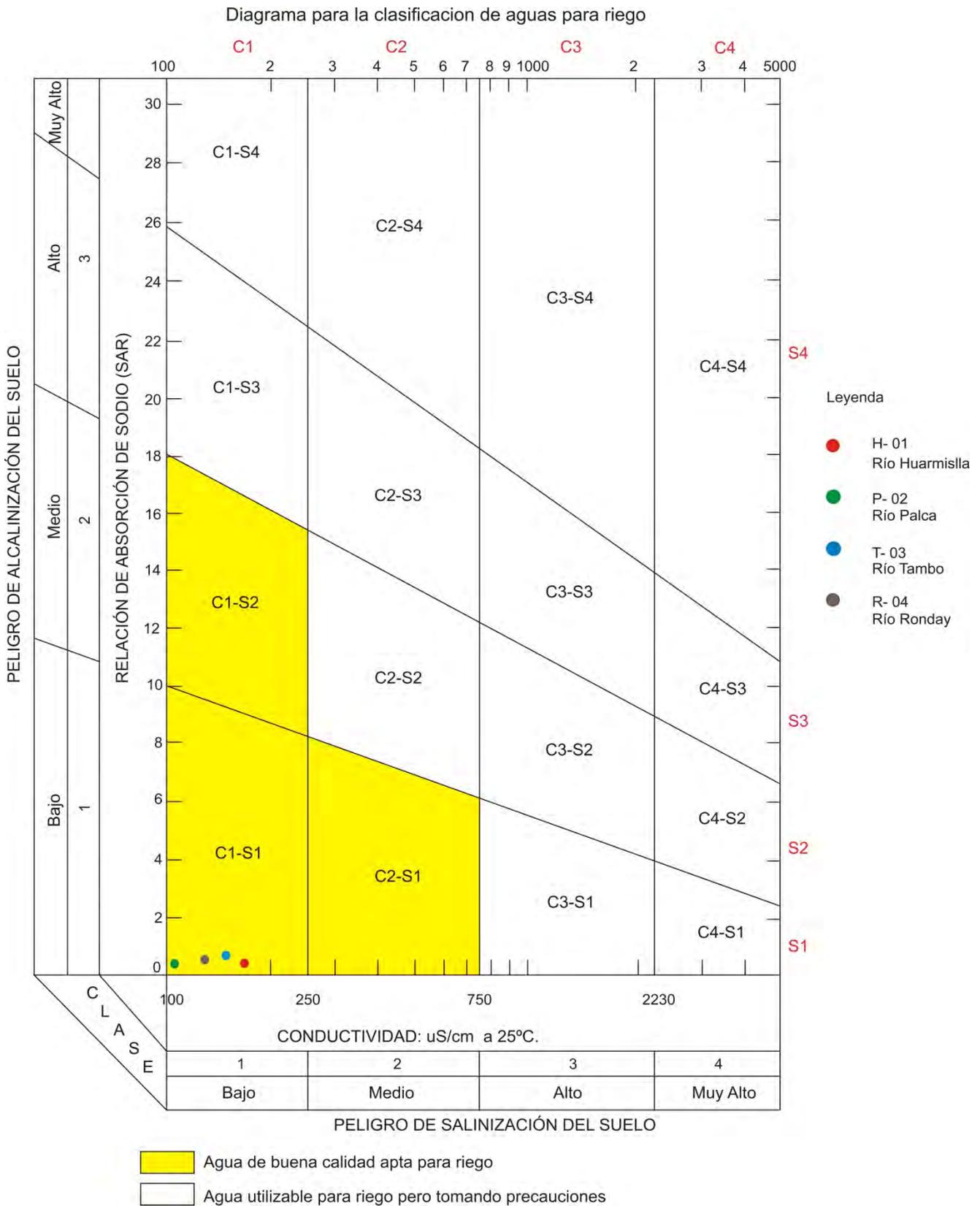
Este tipo de agua es propensa a contaminar los acuíferos, especialmente los de alta permeabilidad.

Cuadro N° 7.4

Clasificación por relación de Absorción de Sodio (SAR) riesgo de Salinización y Alcalinización

Cod.	C _E	Na	Ca	Mg	SAR	Tipo de Agua	Clasificación	Salinización	Alcalinización
	μS/cm	(meq/l)	(meq/l)	(meq/l)					
H - 01	148	0.62	1.64	0.63	0.54	Excelente	C ₁ - S ₁	Bajo	Bajo
P - 02	113	0.66	1.94	0.73	0.49	Excelente	C ₁ - S ₁	Bajo	Bajo
T - 03	170	0.38	0.54	0.33	0.87	Excelente	C ₁ - S ₁	Bajo	Bajo
R - 04	140	0.41	1.04	0.46	0.54	Excelente	C ₁ - S ₁	Bajo	Bajo

Grafica 7.1



7.4 Análisis bacteriológico

El análisis bacteriológico determina la posible contaminación del agua subterránea por aguas residuales. El análisis consiste en la búsqueda de elementos patógenos y en la determinación de su cantidad.

7.5 Condiciones de potabilidad

Para controlar el contenido físico - químico de las aguas que pueden ser usadas para consumo humano se ha utilizado el diagrama de potabilidad. En los diagramas, se representa el valor en mg/l de los aniones, cationes o una suma de ellos, utilizando una escala logarítmica, y uniendo los puntos mediante una secuencia de líneas. Este tipo de diagrama de columnas se conoce también como diagrama de Schoeller - Berkaloff. Si bien la escala logarítmica no es apropiada para observar pequeñas diferencias en la concentración de cada ion, si es útil para representar en un mismo diagrama aguas de baja y alta salinidad, y observar la relación entre los iones asociados con la inclinación de las líneas. La representación final será las posibilidades de potabilidad que tenga esta agua desde el punto de vista físico -químico.

En los centros poblados realizan captaciones de manantiales y ríos en las quebradas. Usan este recurso para el abastecimiento humano y agrícola. Sin embargo estas captaciones no tienen ningún tipo de tratamiento. Para controlar el contenido físico - químico de las aguas de consumo humano se utilizó el diagrama de Schoeller para potabilidad y se obtuvo los siguientes resultados.

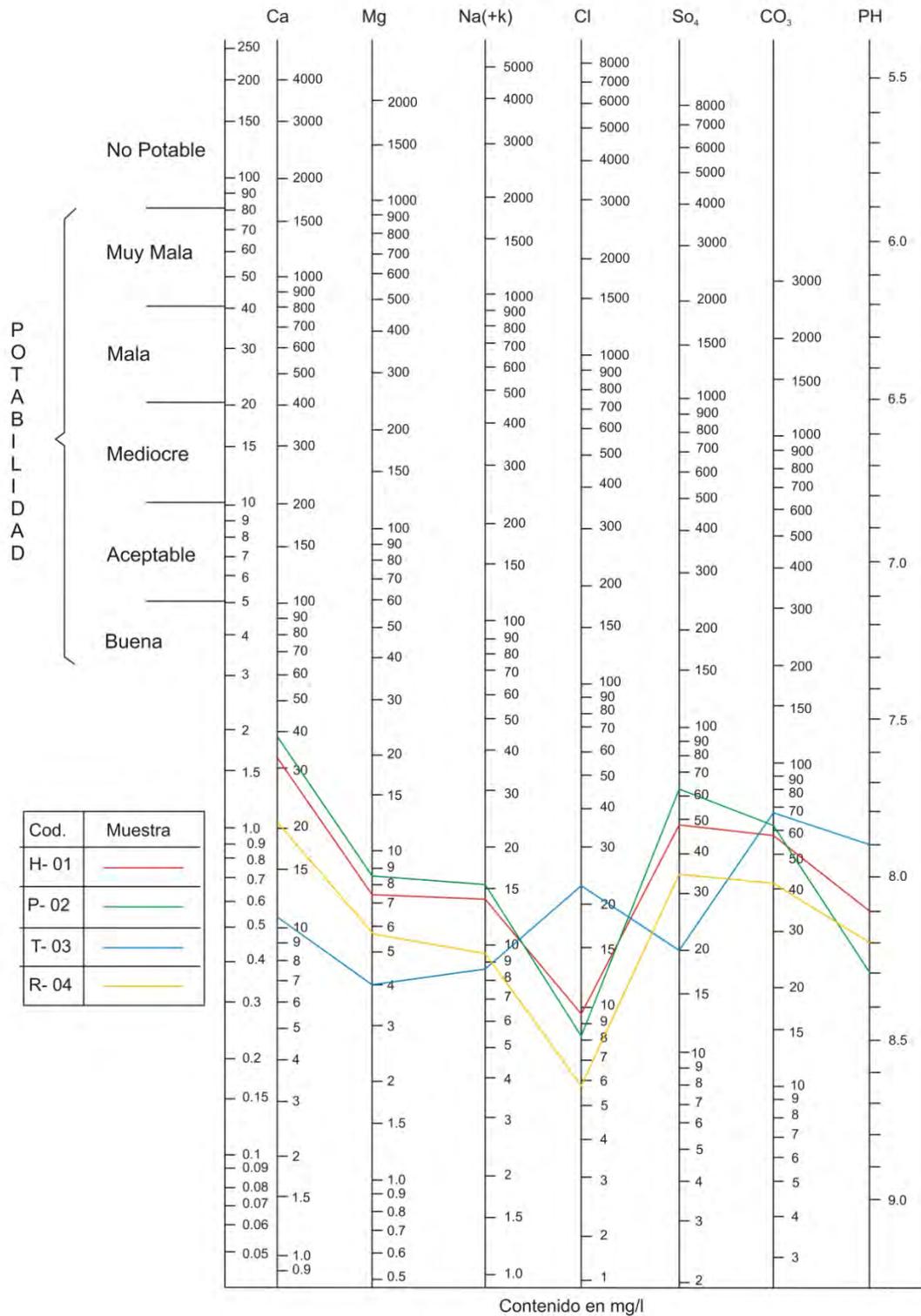
Cuadro N° 7.5

Cationes y Aniones de las muestras seleccionadas en las cuencas de los ríos

Muestra		Coordenadas			Cationes (mg/l)					Aniones (mg/l)			
Cód.	Río	X	Y	Cota	Na	Ca	Mg	K	Al	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻²	NO ₃ ⁻²
H-01	Huarmislla	526050	8577901	3970	14.3	33	7.75	2.45	0.04	58.2	9.7	49	0.49
P-02	Palca	505961	8596037	4395	15.4	39	8.92	2.4	0.03	61.2	8.3	63	0.4
T-03	Tambo	492435	8470237	3530	8.85	11	4.02	0.83	0.03	68.9	24.9	20	7.45
R-04	Ronday	508353	8460655	3310	9.57	21	5.7	1.98	0.02	40.4	5.9	35	0.32

Gráfica 7.2

Diagrama logaritmico de Schoeller para la potabilidad del agua en los ríos: Huarmislla, Palca, Tambo y Ronday



CAPITULO VIII: BALANCE HIDROLÓGICO DE LAS CUENCAS DE LOS RÍOS: HUARMISLLA, PALCA, TAMBO Y RONDAY.

El concepto de balance hídrico está siempre relacionado con el ciclo hidrológico, en donde se tiene en cuenta la distribución y el movimiento del agua, bajo y sobre la superficie del terreno. Este cálculo se realiza con la finalidad de establecer los déficits o excesos de agua natural en el sistema hidrológico.

El balance hídrico de las cuencas tiene por objeto contabilizar los aportes y las pérdidas de agua en la cuenca hidrológica. Se ha calculado el balance hídrico preliminar con los datos obtenidos del agua que cae sobre la superficie de la cuenca (Precipitación = P), una parte vuelve a la atmosfera por evaporación directa sumada a la transpiración de la vegetación (Evapotranspiración = ETR). Otra parte discurre por la superficie (Escorrentía superficial = CE), concluyendo en las quebradas y ríos. El resto se introduce en el terreno y se incorpora al sistema acuífero (Infiltración = I).

Todo fenómeno cíclico implica una igualdad de pérdidas y ganancias, por lo que el balance del agua lo representamos con la siguiente igualdad, que se conoce con el nombre de balance hídrico de superficie:

$$P = ETR + CE + I \pm dh$$

P : Precipitación media anual en milímetros.

ETR : Evapotranspiración real media anual en milímetros.

CE : Esguerrimiento superficial medio anual en milímetros.

I : Infiltración medio anual en milímetros.

$\pm dh$: Diferencia positiva o negativa que podría establecer entre los dos miembros de la ecuación (variación del almacenamiento hídrico o variación de reserva).

8.1 CÁLCULO DE LA ESCORRENTÍA SUPERFICIAL (CE) EN LAS CUENCAS

Escorrentía Superficial (CE) en la cuenca del río Huarmislla.

$$CE \times (\text{Área de la cuenca}) \text{ m}^2 = Q \text{ m}^3/\text{s}$$

$$CE \times (53500000) \text{ m}^2 = 0.411 \text{ m}^3/\text{s} = 35575.694 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$CE = 242.71 \text{ mm/año}$$

Escorrentía Superficial (CE) en la cuenca del río Palca.

$$CE \times (\text{Área de la cuenca}) \text{ m}^2 = Q\text{m}^3/\text{s}$$

$$CE \times (194290000) \text{ m}^2 = 0.569\text{m}^3/\text{s} = 49161.6\text{m}^3/\text{día}$$

$$CE = 92.35\text{mm/año}$$

Escorrentía Superficial (CE) en la cuenca del río Tambo.

$$CE \times (\text{Área de la cuenca}) \text{ m}^2 = Q\text{m}^3/\text{s}$$

$$CE \times (105990000) \text{ m}^2 = 0.332\text{m}^3/\text{s} = 28725.677\text{m}^3/\text{día}$$

$$CE = 98.92\text{mm/año}$$

Escorrentía Superficial (CE) en la cuenca del río Runday.

$$CE \times (\text{Área de la cuenca}) \text{ m}^2 = Q\text{m}^3/\text{s}$$

$$CE \times (301420000) \text{ m}^2 = 1.120\text{m}^3/\text{s} = 96815.462\text{m}^3/\text{día}$$

$$CE = 117.23\text{mm/año}$$

8.2 CÁLCULO DE LA INFILTRACIÓN (I) EN LAS CUENCAS

Para cuantificar los ingresos y egresos naturales de agua que se realiza a lo largo del periodo hidrológico en las cuencas de los ríos Huarmislla, Palca, Tambo y Runday se ha realizado con la siguiente igualdad.

$$P = ETR + CE + I$$

Infiltración en la cuenca Huarmislla

$$918.69 = 494.41 + 242.71 + I$$

$$I = 181.57 \text{ mm/año}$$

Infiltración en la cuenca Palca

$$905.14 = 492.00 + 92.35 + I$$

$$I = 320.79\text{mm/año}$$

Infiltración en la cuenca Tambo

$$553.77 = 434.37 + 98.92 + I$$

$$I = 20.48\text{mm/año}$$

Infiltración en la cuenca Ronday

$$743.16 = 519.82 + 117.23 + I$$

$$I = 106.11 \text{ mm/año}$$

Cuadro N° 8.1

Valores del Balance Hídrico en las cuencas

Cuenca	Precipitación (P) mm/año	Temperatura Media (°C)	Evapotranspiración (ETR) mm/año	Escorrentía (CE) mm/año	Infiltración (I) mm/año
Huarmislla	918.69	9.36	494.41	242.71	181.57
Palca	905.14	9.34	492.00	92.35	320.79
Tambo	553.77	11.20	434.37	98.92	20.48
Ronday	743.16	12.18	519.82	117.23	106.11

CAPÍTULO IX: GEOLOGÍA DE LA REPRESA HUARMISLLA

Anchonga - Huancavelica

9.1 GEOMORFOLOGÍA

El rasgo geomorfológico local que presenta el área de estudio, donde se ubica la cuenca Huarmislla y el río del mismo nombre, es el resultado de los efectos degradatorios y agentes de la meteorización, controlados por las estructuras resultantes de los procesos tectónicos, el tipo de litología, así como la intensidad con que actúan los procesos geodinámicos externos, que se han encargado de darle la configuración actual al relieve de la zona. Diferenciándose las siguientes unidades.

Laderas

Son relieves de altitudes comprendidas entre 2300 y 4000 msnm, que presentan pendientes moderadas y pronunciadas, que ascienden, gradualmente hacia, las superficies altas. Esta unidad constituye los flancos del valle fluvial.

Altas Mesetas

Esta unidad geomorfológica se halla por encima de los 4000 msnm, y está constituida por zonas de topografía suave ondulada con apariencias redondeadas y alargadas. Han sido modeladas, generalmente, sobre las secuencias sedimentarias.

9.2 ESTRATIGRAFÍA

PALEOZOICO INFERIOR

GRUPO CABANILLAS (D - ca)

Se ha considerado como Grupo Cabanillas a los afloramientos que anteriormente fueron denominados Grupo Excélsior. Esta unidad aflora en el área de estudio y en los sectores de Lircayccasa, San José de Tastabamba y Huajaypampa; donde se tienen secuencias grano y estrato crecientes compuestas de cuarcitas intercaladas con filitas y esquistos gris amarillentos.

Las rocas del Paleozoico inferior del Grupo Cabanillas (Excélsior) se depositaron en un ambiente marino sílico - clástico somero distal. Los estratos de las rocas están intensamente plegados a nivel regional y presentan distintos grados de metamorfismo regional.

Respecto a la edad de esta unidad (Excélsior), se han encontrado fósiles en los afloramientos del SE, los cuales fueron determinados por Morales M. (Lab. pal. del INGEMMET), correspondiendo a *Australocoelia toucteloti* GIU. BOUCOT y *Leptocoelia* cf. *L. Flabellites* (CONRAD), que indican el Devoniano inferior a medio; *Schuchertella* sp., del Devoniano y *Burmeisteria* sp., del Devoniano inferior. Por lo tanto, en base a todas estas evidencias podemos considerar una edad Devoniano inferior a medio para el Grupo Cabanillas en esta región.

PALEOZOICO SUPERIOR

GRUPO AMBO (Ci - a)

El Grupo Ambo sobreyace en discordancia al Grupo Cabanillas (Devoniano inferior medio); comienza por cuarcitas grises, blancas y verdosas, intercaladas con filitas, esquistos grises y algunos estratos de conglomerados verdosos; hacia la parte superior se hace más conglomerádica, intercalado con esporádicos estratos de cuarcitas; los conglomerados están compuestos principalmente por clastos redondeados a subredondeados de cuarcitas.

En estos afloramientos no se ha encontrado fauna que nos indique su edad. Sin embargo, sabemos que sobreyace en discordancia a rocas del Grupo Cabanillas (Devoniano inferior a medio) e infrayace del mismo modo a rocas del Grupo Tarma (Carbonífero superior). Por tanto y en base a la posición estratigráfica del Grupo Ambo, podemos considerarle una edad del Carbonífero inferior.

GRUPO TARMA (Cs - ta)

Aflora entre los sectores de Chaupi Orjo, San José de Tastabamba y en ambos márgenes del río Urubamba (Acobamba). Otros afloramientos se tienen en Quelcaya y Pepinoyoc. En estos afloramientos el Grupo Tarma está compuesto por lutitas grises que meteorizan a color amarillento, intercaladas con areniscas cuarzosas grises, blancas y verdosas, algunos estratos de calizas grises y estratos de microconglomerados con clastos de cuarzo, cuarcita y esquistos.

Respecto a la edad de esta unidad, YAMAGIWA et al., (1982) en MEGARD et al., (1983), estudiaron los corales y foraminíferos provenientes de la caliza del sector de Palcas, reconociendo *Eostaffella* aff. *Inflecta* y a *Endothyra*, que indican una edad pensilvaniano mas inferior para estas calizas. Por otro lado han encontrado fósiles en los diferentes afloramientos, los cuales fueron estudiados por Morales M. (Lab. de Pal. del INGEMMET). Fósiles encontrados próximos a San José de

Tastabamba, corresponden a Crinoideos, Fenestella retiformis V. SCHLOTHEIM que indican el Carbonífero superior y Zaphrenticae ind., que indica el rango Ordoviciano - Permiano. Otro fósil encontrado en la carretera a Andabamba, corresponde a Productidae ind., que indica el Carbonífero inferior a superior. Por estas razones podemos considerar una edad Carbonífero superior al Grupo Tarma de la región de Huancavelica.

GRUPO MITU

El Grupo Mitú de la región de Huancavelica fue dividido en dos miembros: Miembro Inferior y Miembro Superior.

Miembro inferior Sedimentario (Ps T- mi - s)

Este miembro es el más extenso y aflora en mayor proporción que el miembro superior. Se tiene en los sectores del valle del río Huachocolpa entre Palca y Sihua, al norte de Julcani entre Tabla Pampa y Tocyasca; al NE de Acoria entre la laguna Jechjacocho y el río Mantaro. Sobreyace en discordancia indistintamente a los grupos Cabanillas (Devoniano inferior - medio), Ambo del Carbonífero inferior, Tarma (Carbonífero superior) y Copacabana (Pérmico inferior).

Está compuesto principalmente por rocas sedimentarias, formando una secuencia compuesta por areniscas, intercaladas con conglomerados y limoarcillitas.

Miembro Superior Volcano Sedimentario (Ps T- mi - vs)

Este miembro aflora principalmente en la parte Oriental y SE del cuadrángulo de Huancavelica a manera de una franja de dirección N-S, en los sectores de Huanca Huanca, Anchonga (valle del río Lircay), y entre la laguna Azul Cocha y los sectores de Puca Cruz y Calzada.

Está compuesto principalmente por tobas, brechas y coladas volcánicas de composición andesítica a basáltica.

En esta unidad no se ha encontrado fósiles; por lo que su edad es atribuida de acuerdo a sus relaciones estratigráficas. Sobreyace en discordancia al Grupo Copacabana (Pérmico inferior), e infrayace del mismo modo al Grupo Pucara (Triásico superior - Jurásico inferior). Por lo tanto podemos considerar al Grupo Mitú del Permiano superior.

MESOZOICO

Triásico - Jurásico

Como consecuencia de una transgresión que aparentemente ha permanecido en forma ininterrumpida desde el Noriano - Retiano hasta el Bajociano, se encuentran en el área de estudio potentes secuencias de calizas caracterizadas por una sedimentación netamente marina, que está conformado por el Grupo Pucará y la Formación Chunumayo.

GRUPO PUCARÁ

Esta unidad se subdividió en las formaciones: Chambará, Aramachay y Condorsinga. En la zona de estudio aflora la Formación Chambara.

Formación Chambará (Tr Ji- cha)

Es la unidad con mayores afloramientos del Grupo Pucará, estos afloramientos son los más importantes para una mejor comprensión de la evolución sedimentaria y tectónica del Permo - Triásico; debido a que en estos afloramientos la Formación Chambará sobreyace directamente y en discordancia angular sobre los Grupos Ambo y Mitú. Aflora en los sectores de Laria, este de Lircay, Callanmarca y Chanquil. Sobreyace concordantemente al Miembro superior del Grupo Mitu. La particularidad de estos afloramientos son las intercalaciones de coladas volcánicas existentes en toda esta unidad.

Litológicamente se caracteriza por presentar en la parte inferior calizas grises a veces con chert intercaladas con areniscas cuarzosas verdosas; en algunos casos en la parte inferior se intercalan secuencias compuestas por coladas volcánicas (basaltos y andesitas), areniscas cuarzo - feldespáticas y limoarcillitas rojas. Hacia la parte media y superior se tiene calizas grises intercaladas con dolomitas y limoarcillitas grises.

Respecto a la edad, se han recolectado fósiles en las calizas, los cuales fueron determinados por Lidia Romero (Lab. Pal. del INGEMMET), donde en el sector del Cerro Parco se tiene fósiles correspondientes a Terebratulidae ind., que indican el Triásico superior al reciente. Por otro lado MEGARD, F. (1968) en el cuadrángulo de Huancayo (25-m), diferencio al Grupo Pucará, asignando a la Formación Chambara una edad Noriano - Retiano. En conclusión, por corresponder estos afloramientos de la hoja de Huancayo, consideramos esta misma edad para la Formación Chambara.

Formación Aramachay (Ji - ar)

La Formación Aramachay aflora como cuerpos ovalados formando sinclinatorios; en los sectores de Padre Rumi, Pantache, Jahuicucho, Oeste de Chanquil, Quiscapata y en el valle del río Lircay entre Anchonga y Lircay.

Litológicamente está compuesta por lutitas, margas, calcarenitas, calizas bituminosas, calizas con chert y lentes de sílice oscura.

Megard, F (1968) diferenció a la Formación Aramachay, asignándole en base a fósiles una edad Hettangiano al Sinemuriano inferior (Jurásico inferior).

Formación Condorsinga (Ji - co)

Esta unidad aflora en el núcleo de sinclinatorios y en el flanco Oeste del anticlinal de Lircay; en los sectores de Uchuypuquio, Puncujasa cerro Altarchajay en la margen del río Lircay.

Litológicamente está compuesto por calizas gris claras en estratos gruesos, los afloramientos se caracterizan por presentar una coloración gris blanquecina a amarillenta por intemperismo; en algunos afloramientos como los de Lircay presentan intercalaciones de areniscas calcáreas amarillentas.

Fósiles encontrados al SO de Pucará en el sector de Padre Rumi, corresponde (Epithyris) sub maxillata MORRIS, que indica el rango Aaleniano -Bajociano y Rhyochonella SP. Que indica el Liásico-Dogger. Otro fósil encontrado en los alrededores de Ichupucro (SE de Acoria) corresponde a Lobidothyris sp. Finalmente fósiles encontrados al Sur de Lircay corresponden a Lobothyris sp. Del Liásico. Por otro lado MEGARD, F. (1968), en base a fósiles determina una edad Sinemuriano superior - Aaleniano inferior para la Formación Condorsinga en el sector de Huancayo. Por lo tanto y en base a estos datos podemos asignar una edad Sinemuriano Superior - Aaleniano y probablemente Bajosiano para la Formación Condorsinga de la región de Huancavelica

CENOZOICO

NEÓGENO

FORMACIÓN JULCANI

Esta unidad aflora en los alrededores de la mina Julcani y en los sectores de Cochaccasa, Huarmislla, Carhuac y en los cerros Pucapata y Vizcachas.

La Formación Julcani está compuesto por dos miembros:

Miembro Inferior (Nm - j- i)

Compuesto principalmente por tobas.

Miembro Superior (Nm - j- s)

Se compone de conglomerados con clastos de tobas, brechas, coladas y domos volcánicos.

Se han realizado numerosas dataciones radiométricas, indicando edades entre 9 a 10 Ma. (NOBLE, D. SILBERMAN, M., 1984). Por lo tanto podemos considerar para esta formación la edad del Mioceno superior (Tortoniano inferior); la cual sería equivalente lateral sincrónico con la parte superior de la Formación Huanta.

Los depósitos volcánicos se pueden interpretar como etapas de un volcanismo explosivo inicial, lo cual produce flujos piroclásticos, ignimbritas y a veces con intercalación de lahares, siguiendo las erupciones con el emplazamiento de numerosos domos extrusivos y en parte intrusivo de composición dacítica datados en 10 ± 0.5 m.a. El emplazamiento está relacionado a las estructuras tectónicas regionales sobre todo al lineamiento Lircay de rumbo ONO-ESE y las diversas fallas con rumbo N-S, por ejemplo el lineamiento Tucsipampa.

DEPÓSITOS CUATERNARIOS

Depósitos Aluviales

Son depósitos formados por acumulación en el río. Está constituido por bloques medianos y gravas subredondeadas a redondeadas polimicticos, heterogéneos a homogéneos, envueltos en una matriz areno limosa poco coherente, con presencia de lentes arcilloso en cantidades variables, dentro de estos sedimentos existen medianos bloques de roca desprendidos o acarreados de la Formación Julcani.

Depósitos Coluviales

Estos depósitos cubren en mayor porcentaje las partes bajas, pie de monte o zonas de menor ángulo de reposo en las laderas de los cerros. Son acumulaciones de escombros de materiales angulosos mezclados con arena, grava, arcilla y bloques de roca, producto de la alteración, descomposición y desprendimiento de las rocas que se encuentran aflorando. Estos escombros se acumulan por gravedad, formando conos de espesores considerables.

9.3 TECTÓNICA Y GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La deformación de las rocas metamórficas del Grupo Cabanillas (Excélsior) se debe al evento Tectónico Hercínico. En el área de estudio los estratos de las rocas metamórficas Paleozoicas del Grupo Cabanillas y rocas sedimentarias Mesozoicas del Grupo Pucara, forman un anticlinal asimétrico de eje N-S aproximadamente, en la cual se encuentran fallados los flancos por fallas longitudinales y paralelas al eje del anticlinal. En lado Occidental por la falla Palca así como en el lado Oriental por las fallas Tucsi y Tuclla, el sistema de fallamiento es inverso.

Al sobrevenir la actividad ígnea, en el Mioceno medio a superior, dió origen a una agrupación de centros volcánicos dacíticos hasta riodacíticos, orientados en una franja ONO-ESE. Habiéndose favorecido por la intersección de los sistemas de fallamiento, que proporcionó las zonas débiles que sirvieron de conductos, ventanas volcánicas por donde emanaron las rocas volcánicas (Formación Julcani)

Finalmente la tercera parte de la Orogenia Andina combinada con los movimientos de ascensión (fuerzas verticales) y posterior enfriamiento del magma, reactivó las fallas Lircay, Pampas, Tucsi y Tuclla, dando origen a rocas volcánicas explosivas produciendo tufos y brechas. Posteriormente se emplazaron los domos.

La falla Tuclla de dirección NE - SO y con buzamiento de 38° hacia el NO, atraviesa el río Huarmislla donde se ubicará el vaso de la presa. Es además del tipo inverso debido a que hace sobreponer rocas pertenecientes al Grupo Cabanillas (Excélsior) encima de rocas del Grupo Mitu y Pucará.

9.4 ESTABILIDAD DE TALUDES

Las laderas del vaso de la presa, muestran los estratos de las rocas metamórficas del Grupo Cabanillas (Grupo Excélsior), constituido por cuarcitas intercaladas con filitas y esquistos, de edad perteneciente al Devoniano. La ladera de la margen derecha tiene pendientes que varían de 35° a 40° con rumbo de los estratos N35°E y buzamiento de 70° hacia el NO. La ladera de la margen izquierda tiene pendientes que varían de 45° a 50° con rumbo de los estratos N39°E, y buzamiento de 65° hacia el NO.

En las cumbres y laderas de ambas márgenes del río Huarmislla, afloran rocas volcánicas de la Formación Julcani (domos), constituido por tobas, de edad

perteneciente al Mioceno medio a superior. En las laderas se ubican bloques de roca suelta de diferentes dimensiones, algunos llegan a tener longitudes de 1.5 x 1.0m² y altura de 1.0m, que ponen en riesgo su caída, volcadura o deslizamiento por gravedad, a un futuro en la etapa constructiva de la presa.

En el dique de la presa (corona) en ambos estribos, tenemos rocas sedimentarias Triásicas de la Formación Chambara (Grupo Pucará), constituido por calizas de estratificación gruesa, de edad perteneciente al Noriano - Retiano. El talud natural del estribo derecho tiene pendientes que varían de 50° a 55° con rumbo de los estratos N70°E y buzamiento de 43° hacia el NO. El talud natural del estribo izquierdo tiene pendientes que varían de 60° a 65° con rumbo de los estratos N60°E y buzamiento de 52° hacia el NO.

9.5 CONDICIONES GEODINÁMICAS

A través del mapeo geológico superficial realizado en la cuenca Huarmislla, se tiene laderas de pendiente alta en ambas márgenes del río. Sismos de regular intensidad podrían afectar la estabilidad del lugar, que originaría desestabilización de las masas de tierra y bloques de rocas capaces de provocar volcadura y deslizamiento de mediana escala en dirección donde se ubicará la presa.

Cuadro N° 9.1

Características Geológicas

Roca Muestra	Composición Mineralógica	Tamaño de Grano	Color y Tonalidad	Comportamiento al HCl
M ₁ Caliza	Alto Contenido de Carbonatos	Fino	Beige	Efervece Violentamente
M ₂ Caliza	Alto Contenido de Carbonatos	Fino	Amarillo	Efervece Violentamente
M ₃ Caliza	Alto Contenido de Carbonatos y Óxidos	Fino	Beige	Efervece Violentamente
M ₄ Caliza	Alto Contenido de Carbonatos y Óxidos	Fino	Beige	Efervece Violentamente
M ₅ Silex	Cuarzo masivo	Fino	Gris	No Efervece
M ₆ Filita	Cloritas, Biotita, Cuarzo	Fino	Negro	No Efervece
M ₇ Filita	Cloritas, Biotita, Cuarzo	Fino	Negro	No Efervece
M ₈ Cuarcita	Cuarzo	Grueso	Verdoso	No Efervece
M ₉ Toba	Plagioclasa, Cuarzo, Biotita	Grueso	Blanquecino	No Efervece

Cuadro N° 9.2

Características Geotécnicas

Roca Muestra	Grado de Alteración	Grado de Fracturamiento	Grado de Dureza	Grado de Estratificación
M ₁ Caliza	Moderadamente Alterado	Levemente Fracturado	Muy Dura	Moderada
M ₂ Caliza	Muy Alterado	Muy Fracturado	Dura	Moderada
M ₃ Caliza	Alterado	Fracturado	Dura	Moderada
M ₄ Caliza	Alterado	Fracturado	Dura	Moderada
M ₅ Sílex	Moderadamente Alterado	Levemente Fracturado	Muy Dura	Moderada
M ₆ Filita	Moderadamente Alterado	Fracturado	Muy Dura	Delgada
M ₇ Filita	Alterado	Fracturado	Muy Dura	Delgada
M ₈ Cuarcita	Alterado	Moderadamente Fracturado	Muy Dura	Delgada
M ₉ Toba	Alterado	Fracturado	Muy Dura	Moderada

PRESA DE TIERRA - HUARMISLLA

El núcleo de la presa será construido de material seleccionado, con pantalla de geomembrana y cubierta con material seleccionado, cuyas características son: altura del embalse 24.00 m., altura total de la presa será de 26.00 m, con una longitud de la corona de 105 m, tal como se observa en la grafica N° 9.1. El agua de embalse será evacuado por una tubería de 24" de diámetro. El vertedero de demasías de la presa tendrá un ancho de 2.2 m., por 1.5 m., de altura que permitirá evacuar en caso de máximas avenidas hasta una capacidad de 8.5 m³/s, conduciendo esta agua al mismo río. Esta presa servirá como reservorio acumulando las aguas provenientes de la cuenca del río Huarmislla, así mismo de la escorrentía de la que forma dicho vaso, durante los meses de lluvia. Con volumen de almacenamiento de 1`979,433.74 m³.

La Presa Huarmislla, estará conformada por un dique de tierra homogénea, con taludes aguas arriba de 2.0:1 H: V y talud aguas abajo de 2.0:1 H: V, protegido el talud aguas arriba con un enrocamiento de rocas y terminando en un coronamiento de cota 3966.00 msnm y 5.0 m de ancho, con la finalidad de dar accesibilidad vehicular, así como para dar mayor estabilidad a la presa.

El presente proyecto estará constituido por un canal principal cubierto de concreto, sección trapezoidal de dimensiones; base de 0.80 m, altura total de 0.40 m y un talud de las paredes de 1:1, en una distancia de 11,235.00 m, según evacuan las aguas en las tomas laterales, dicho diámetro están de acuerdo a la pendiente de conducción el cual variara de 0.0013% a 0.28% y caudal de conducción inicial de 330.49 lt/seg.

Grafica Nº 9.1
Presia Huarmislla

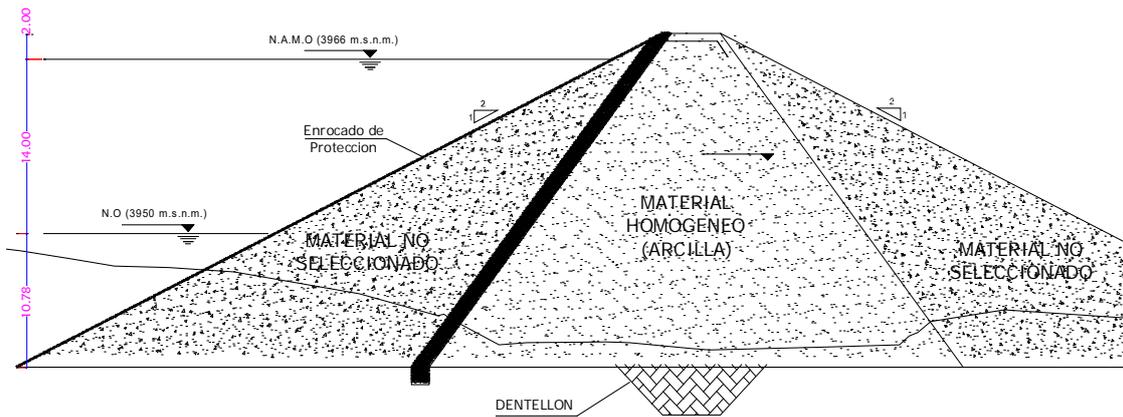




Foto N°3: vista hacia el N, ubicación del vaso de la presa Huarmislla, tomado del estribo izquierdo.



Foto N°4: vista hacia el N, continuación del vaso de la presa Huarmislla. Se observa afloramientos del Grupo Cabanillas (Excélsior), de donde se extrajeron las muestras (M-6), (M-7) y (M-8), tomado del estribo izquierdo.



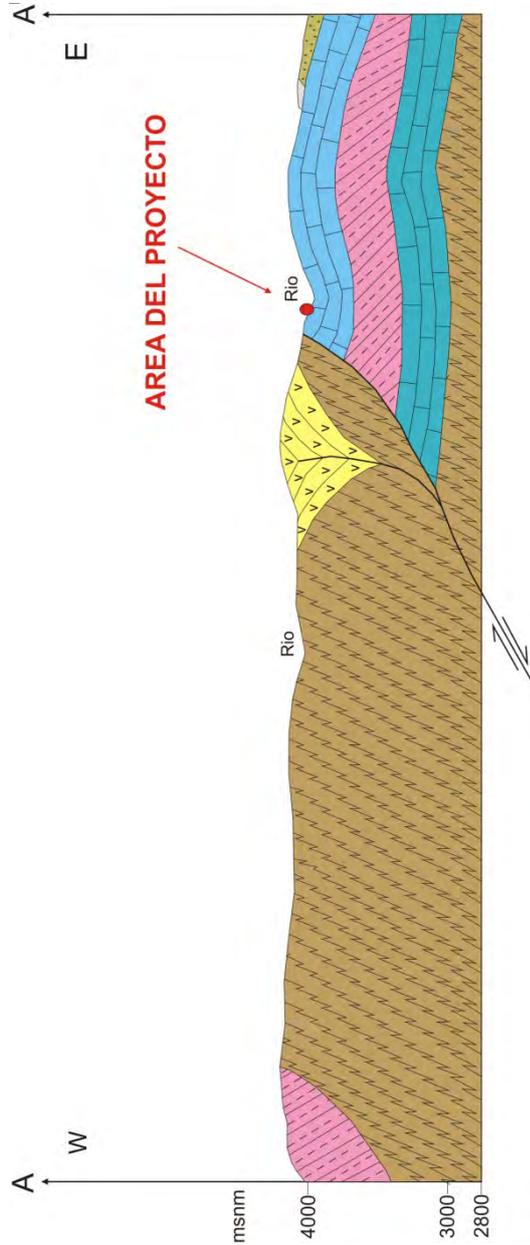
Foto N°7: vista hacia el NO, afloramiento del Grupo Cabanillas (Grupo Excélsior), de donde se extrajo las muestras (M-6), (M-7) (M-8), tomado de la margen derecha del río Huarmislla.



Foto N°8: pizarras, filitas y areniscas cuarcíferas del Grupo Cabanillas (Grupo Excélsior), ampliado de la foto anterior.



Foto N°15: vista hacia el NE, maquina DD200, realizando pruebas o ensayos de permeabilidad en el estribo derecho del eje dique o cortina de la presa.



LEYENDA:

- Qh-al Deposito Aluvial
 - Nm-ju-to Fm. Julcani Inferior
 - Nm-nu/sed Fm. Rumichaca
 - Ts-ch Gpo. Pucara
 - PsT-nu/sed Gpo. Mitu
 - Pi-c Gpo. Copacabana
 - D-ca Gpo. Cabanillas (Excelisior)
- Falla inversa
- A A' perfil

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA TESIS: CONSIDERACIONES GEOLOGICAS PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LAS REPRESAS: HUARMISLLA, ANGELES DE CCARAHUASA, PAPACHACRA Y HUARICHACA. HUANCVELICA	
	PLANO: 03 PLANO GEOLOGICO PERFIL AA: REPRESA HUARMISLLA	ASESORES: Ing. Guillermo Perez V. Ing. David R. Rojas C.
AUTOR: Héctor Espinoza Ccente	FECHA: Agosto del 2012	
ESCALA: 1:50.000		

CAPÍTULO X: GEOLOGÍA DE LA REPRESA ANGELES DE CCARAHUASA

Acoria - Huancavelica

10.1 GEOMORFOLOGÍA

El desarrollo geomorfológico del área estudiada, es el resultado de procesos tectónicos como fallamiento, plegamiento y agentes geodinámicas que han dado el modelado por la intensa erosión fluvial causada por el río Palca en las quebradas y la litología de las diversas unidades estratigráficas que han dado la configuración actual del relieve. Pudiéndose diferenciar las siguientes unidades.

Altas Mesetas

Los procesos de formación de estos relieves, fueron afectados por los eventos tectónicos ocurridos en la Cordillera Occidental de los Andes. En el cuaternario reciente se evidencia una intensa erosión glacial y fluvial, que ha disectado esta superficie excavando las rocas más blandas y dejando un relieve de afloramientos más resistentes.

Área Glaciar

Son áreas reducidas que corresponden a partes altas del flanco Oriental de la Cordillera Occidental de los Andes, presentan rasgos topográficos impresos por la glaciación Cuaternaria, originando una morfología de pico y cumbres bastante agrestes, así como la presencia de lagunas glaciales y valles glaciares, con perfiles transversales en forma de "U".

10.2 ESTRATIGRAFÍA

JURÁSICO

Sobre la secuencia del Grupo Pucará se encuentra las calizas de la Formación Chunumayo.

Formación Chunumayo (Jm - chu)

Aflora en los alrededores de la ciudad de Huancavelica, como franjas alargadas de dirección N-S en los cerros Millpo, Potocchi. En el área de estudio aflora a manera de franjas afectadas por pliegues NNO - SSE, comprendiendo los sectores de Pampahuasi, Machacancha, Lajaipata y Palca.

Litológicamente está compuesta por una intercalación de calizas con limoarcillitas y limos areniscosos. Las calizas son gris claras, algunas micriticas, se presenta en

estratos delgados. Las limoarcillitas y limos areniscosos son grises y amarillentos micáceos.

La edad de esta formación es conocida mediante los estudios detallados por WESTERMANN, G. et al. (1980). En la localidad típica de Chunumayo, donde le asigna una edad Bajociano. Por otro lado se han encontrado fósiles en la carretera Huancavelica y Palca en el cuadrángulo de Conayca (26-m) cerca al límite con el cuadrángulo de Huancavelica (26-n), los cuales fueron estudiados por Morales, M. (Lab. Pal. del INGEMMET), corresponden a *Reineckia brancoi* REIN que indica el Caloviano, *Cererithyris intermedia* (J. SOWERBY), del Jurásico medio y *Loboidothyris* sp. Que indica el Jurásico medio (Bajociano). En base a estos datos podemos considerar una edad Bajociano-Caloviano inferior para la Formación Chunumayo.

CRETÁCEO

En términos generales el Cretáceo inferior (Berriasiano - Aptiano) consta esencialmente de secuencias terrígenas (Grupo Goyllarisquizga), mientras que las secuencia del Albiano son mayormente calcáreas (Formación Chulec), bien marcado es el volcanismo Cretácico (Chayllacatana), al final del Grupo Goyllarisquizga e inicio de la Formación Chulec.

GRUPO GOYLLARISQUIZGA

Se tienen al norte de la ciudad de Huancavelica a manera de franjas alargadas de dirección N-S, afectados por pliegues (anticlinales y sinclinales). En algunos de estos afloramientos fue posible subdividir a este grupo en sus formaciones: Chimú, Santa - Carhuaz y Farrat, sin embargo, en otros afloramientos, por presentar una litología monótona no se pudo realizar esta subdivisión, cartografiándose únicamente como Grupo. Sobreyace en discordancia erosional a la Formación Chunumayo o directamente sobre la Formación Condorsinga del Grupo Pucará.

Formación Chimú (Ki-chi)

Presenta un grosor aproximado de 100m. Litológicamente está compuesta hacia la base por arenisca cuarzosa roja en estratos delgados intercalados con limoarcillitas y limos rojos y verdes, en algunos casos como en el sector de Yauli presenta delgados estratos de calizas margosas y areniscas calcáreas. Hacia la parte superior se compone principalmente de areniscas cuarzosa blanca y rosada de grano fino a grueso, con laminaciones oblicuas, curvas y horizontales.

Formación Santa-Carhuaz (Ki-sa-ca)

Tiene un grosor aproximado de 80m, presenta hacia la base limoarcillitas rojas y verdes intercaladas con algunos estratos de areniscas rojas (10 a 40 cm), hacia la parte media de la unidad presentan una secuencias de calizas grises a gris clara, con un grosor que varía de 2 a 20m, intercaladas por limoarcillitas rojas y algunas areniscas rojas. La parte superior está compuesta por unas areniscas rojas en estratos delgados intercaladas por limoarcillas rojas y verdes.

Formación Farrat (Ki-fa)

Presenta hasta 110m de grosor, se halla compuesta principalmente por arenisca cuarzosa blanca y amarillenta de grano fino a grueso. Hacia la parte superior presenta areniscas de grano grueso, con canales de microconglomerados, los clastos son subredondeados a redondeados de cuarzo, cuarcita y volcánicos; con diámetro de hasta 2cm. Presenta una evolución grano y estrato creciente.

Formación Chayllacatana (Ki - cha)

Esta unidad aflora en la parte donde se ubicará el vaso de la presa. Sobreyace en discordancia erosional a la Formación Farrat del Grupo Goyllarisquizga e infrayace a la Formación Chulec - Pariatambo.

Litológicamente está compuesta por una secuencia que puede ser volcánica - sedimentaria o sedimentaria. Los afloramientos Orientales de esta unidad comienzan con unos microconglomerados con clastos subangulosos a angulosos de rocas volcánicas, principalmente, con diámetros hasta de 8cm, seguidamente se tiene areniscas rojas intercaladas con limos y limoarcillitas, coladas volcánicas de composición basáltica, volcánicos retrabajados y hialoclasticas; terminando la secuencia se tiene coladas volcánicas

No se han encontrado evidencias que indiquen la edad de estos volcánicos. Sin embargo NOBLE, D et al. (2001), realizo estudios de datación de unos volcánicos basálticos correspondientes a esta unidad, por el isotopo Ar/Ar, indicando una edad isócrona de 109.2 ± 1.6 Ma. Por lo tanto podemos asignar a la Formación Chayllacatana la edad Albiano inferior.

Formación Chulec - Pariatambo (Ki- chu- pt)

Anteriormente estuvo cartografiado únicamente como Formación Chulec. Sin embargo de acuerdo a los nuevos estudios, la parte superior de esta secuencia podría corresponder a la Formación Pariatambo.

Litológicamente está compuesta por lutitas calcáreas en la base, pasando hacia arriba a margas interestratificadas con calizas en estratos delgados, con una coloración gris amarillenta y con grosores inferiores a 50cm. En la parte media de la secuencia se encuentra calizas micriticas, de color gris claro, con alto contenido de nódulos de Chert. Hacia la parte superior se tiene calizas beige en estratos gruesos, micriticas, en algunos casos grises a gris oscuras, intercaladas con algunos estratos de margas, conteniendo fragmentos de conchillas.

Fósiles encontrados en el sector de Huapa corresponde a Moluscos ind., Globigerinidae ind. Que indica el rango Cretáceo superior al reciente. Por otro lado, por sus relaciones estratigráficas, las cuales sobreyacen a la Formación Chayllacatana del Albiano inferior, podemos considerar a la Formación Chulec-Pariatambo del Albiano medio a superior.

CENOZOICO

PALEÓGENO

Formación Tantara (Pe-tt)

Aflora en la carretera Huancavelica - Sachapite y al norte y sur de la ciudad de Huancavelica. Donde sobreyace en discordancia angular a la Formación Casapalca.

Litológicamente está compuesta por coladas volcánicas de composición basáltica, de coloración gris oscura a violáceas, con algunas intercalaciones piroclásticas.

No se ha encontrado fauna alguna que indique su edad, sin embargo existe una datación realizada por NOBLE, D. (1979). En el sector de Escalera por el método K/Ar sobre plagioclasas, indicando una edad de 39.2 ± 1.10 Ma. Por lo tanto podemos asignarle una edad de Eoceno medio para la Formación Tantara de la región de Huancavelica.

NEÓGENO

Formación Huando

La Formación Huando aflora mayormente en la parte Este del área del proyecto. Dividiéndose en dos miembros: Inferior y Superior.

Miembro Inferior (Nm-n-i)

Está compuesta por depósitos piroclásticos (tobas) intercalados con limoarcillitas, limolitas y areniscas de ambiente lacustre. Hacia la parte superior se tiene una secuencia de conglomerados intercalados con areniscas grises y tobas.

Miembro Superior (Nm-n-s)

Se compone principalmente de brechas y coladas volcánicas de composición andesíticas, con coloraciones gris oscuras y verdes violáceas.

Con respecto a su edad, se tienen dataciones de la tobas del Miembro inferior. Dos dataciones por el método K/Ar, de estas tobas ubicadas cerca de Chunopampa, indican edades de 7.12 ± 0.34 Ma. (FARRAR & NOBLE, 1976) y 7.3 ± 0.4 Ma. Otra datación de una toba al Sur de Yauli, en el sector de Mosocancha, indica 7.7 ± 0.6 Ma. Por lo tanto y en la base de estas dataciones podemos asignar a la Formación Huando una edad Mioceno superior (Tortoniano superior).

CUATERNARIO

Depósitos Coluviales o Escombreras

Los depósitos que cubren en mayor porcentaje las partes bajas, (pie de monte o zonas de menor ángulo de reposo, como las laderas o vertientes de los cerros). Son escombros de materiales angulosos, mezclados con arena, grava, arcilla y bloques de roca, producto de la alteración, descomposición y desprendimiento de las rocas que forman los cerros.

10.3 TECTÓNICA Y GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Los levantamientos vinculados al tectonismo andino desde el Cretáceo superior, origino principalmente cambios en el tipo de sedimentación, de marino a continental y con la actividad reforzada del magmatismo se produjo las depositaciones volcánico-sedimentarias.

Los efectos de esta tectónica son evidentes en el área de estudio, donde se observan pliegues y fallamientos contemporáneos, así como un volcánismo

Cenozoico. La fase peruana es la causante de las deformaciones de los estratos representado por el Grupo Pucará, La Formación Chunumayo, el Grupo Goyllarisquizga y la Formación Chulec - Pariatambo, desarrollando zonas positivas alargadas. La represa se ubicará sobre un sinclinal de dirección NO - SE, de la Formación Chimú.

10.4 ESTABILIDAD DE TALUDES

En las laderas del vaso de la Presa, muestran los estratos de las rocas sedimentarias Mesozoicas de la Formación Chulec - Pariatambo constituida por calizas de edad perteneciente al Cretáceo Inferior. La ladera de la margen izquierda tiene pendientes que varían de 25° a 30°, con rumbo de los estratos N20°O y buzamiento 65° hacia el NE, con espesores de 0.5m a 0.6m. La ladera de la margen derecha tiene pendientes que varían de 30° a 40° con rumbo de los estratos N10°E y buzamiento 54° hacia el NO, con espesores de 1.0m a 1.2m.

En ambos estribos del dique de la presa, muestran rocas sedimentarias de la Formación Chimú (Grupo Goyllarisquizga) del Cretáceo inferior constituida por areniscas cuarzosas. Estribo izquierdo tiene pendientes que varían de 30° a 45° con rumbo de los estrato N15°O, y buzamiento 65° hacia el NE. Con espesor de 1.3m a 0.50m. Estribo derecho tiene pendientes que varían de 25° a 30° con rumbo de los estrato N55°O, y ángulo de buzamiento 61° hacia él NE. Con espesor de 0.2m a 0.3m.

La zona donde se ubicara una parte del vaso de la presa esta constituida por rocas volcánica - sedimentaria de la Formación Chayllacatana de edad perteneciente al Cretáceo Inferior con pendientes que varia de 20° a 30° y rumbo de estratos NE y buzamiento 15° hacia el NO.

Durante la ejecución de los estudios geológicos en la zona de embalse no sea han detectado vestigios de movimientos recientes de masas de tierra de gran volumen (deslizamiento), solo se han reconocido pequeños escombros en las laderas.

10.5 CONDICIONES GEODINÁMICAS

La influencia de los agentes naturales (agua, viento, hielo y rayos solares) en la estructura de las masas rocosas que afloran en superficie, experimentaron alteración físico - químico, como la oxidación intensa en las rocas sedimentarias y volcánicas-sedimentarias, destacando las limonitas y hematitas. Se han efectuado reconocimientos de fenómenos geodinámicos a lo largo del valle glaciar

Muelapampa de moderadas pendientes de solo la ocurrencia de reptación de depósitos de masas de tierra.

Cuadro N° 10.1
Características Geológicas

Roca Muestra	Composición Mineralógica	Tamaño de Grano	Color y Tonalidad	Comportamiento al HCl
M ₁ Arenisca cuarcífera	Cuarzo	Medio	Blanco	No Efervece
M ₂ Caliza	Alto Contenido de Carbonatos	Fino	Beige	Efervece
M ₃ Caliza	Alto Contenido de Carbonatos	Fino	Beige	Efervece
M ₄ Arenisca	Cuarzo	Medio	Blanco	No Efervece
M ₅ Dacita	Plagioclasas, Ferromagnesiano	Medio	Guinda	No Efervece
M ₆ Toba	Cuarzo, Ferromagnesiano	Medio	Blanco	No Efervece

Cuadro N° 10.2
Características Geotécnicas

Roca Muestra	Grado de Alteración	Grado de Fracturamiento	Grado de Dureza	Grado de Estratificación
M ₁ Arenisca cuarcífera	Levemente Alterado	Fracturada	Muy Dura	Moderado
M ₂ Caliza	Moderadamente Alterado	Fracturada	Dura	Gruesa
M ₃ Caliza	Moderadamente Alterado	Fracturada	Dura	Gruesa
M ₄ Arenisca	Moderadamente Alterado	Fracturada	Dura	Gruesa
M ₅ Dacita	Muy Alterado	Muy Fracturada	Muy Dura	Delgada
M ₆ Toba	Muy Alterado	Muy Fracturada	Poco Dura	Delgada

PRESA DE TIERRA - ÁNGELES DE CCARAHUASA

El cuerpo de la presa tendrá un ancho de 108.0 m. y una longitud de 440.0 m. por 22.0 m. de altura, que terminará en un coronamiento de 4.0 metros, construido a base de material clasificada y compactada con apoyo de maquinarias adecuadas por capas de 20 cm., se considerará los siguientes taludes, aguas arriba hacia el vaso tendrá un talud de 1:2.0 y un talud 1:2.0 aguas abajo, tal como se observa en la grafica N° 10.1.

Así mismo será impermeabilizado por una sábana de geomembrana a 1.0 m por debajo de la base del talud aguas arriba, y seguidamente según el estudio geológico realizado en el eje de la presa se inyectara concreto hasta 20 m de profundidad para impermeabilizar la roca fracturada que tiene la parte inferior de la presa, creando una pantalla.

El agua será captado en el lugar denominado Pucacocha perteneciente a la localidad de Pueblo Libre, distrito de Huando a 4648 msnm, con una distancia de 29.42 km., el cual llevará un caudal de 214.10 lt/seg con una tubería de diámetro de 20", y será derivado en la quebrada Yurajmitohuayjo. En la parte baja de Muelapampa se embalsará las aguas y de ahí se derivaran a la quebrada, en la cual se captaran mediante canales laterales entubados que conducirá un caudal de 102 lt/seg (margen derecho) y 297 lt/seg (margen izquierdo).

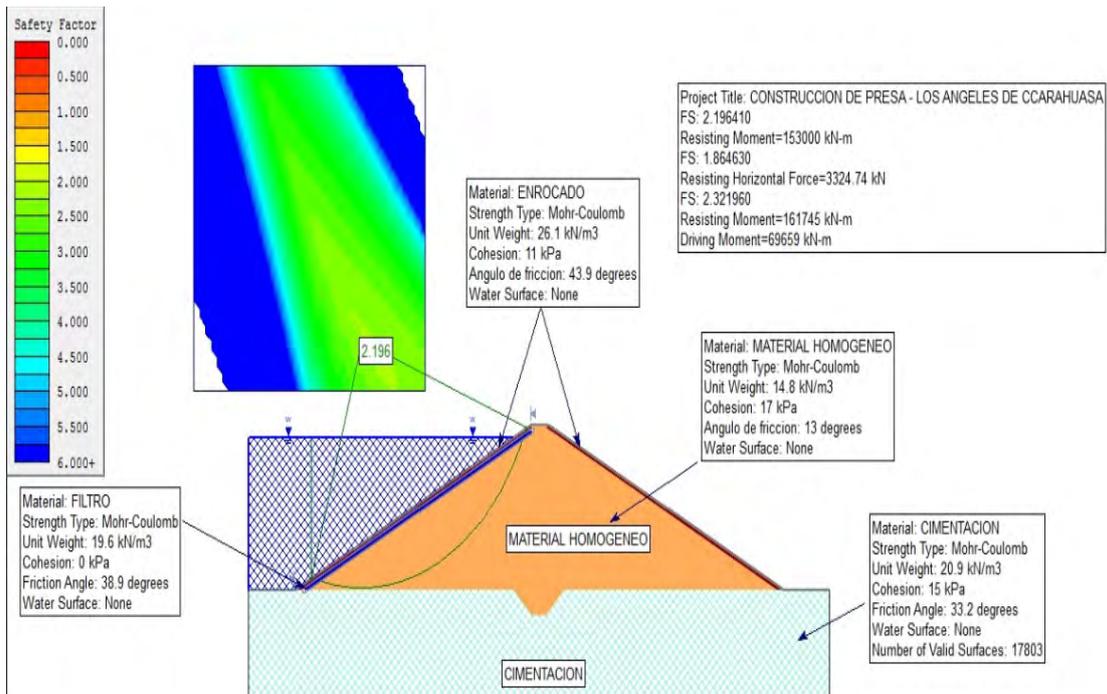
El área de estudio representa el 4% del área total de la cuenca de Palca, ubicada a una altitud de 3900 - 4650 m.s.n.m.

Construcción de Canal Colector: Es una línea de conducción de tubería PVC de 20" de diámetro que deriva las aguas del manantial Pucacocha en su recorrido por las zonas altas de la cuenca Palca y recibiendo las aguas de las diferentes quebradas, producto de las escorrentías, conduciendo hasta el embalse Muelapampa.

La ejecución del proyecto demandará una inversión total de s/.17'147,656.02 nuevos soles por toda fuente, de los cuales la unidad ejecutora asumirá con la suma de s/.14'575,507.62 nuevos soles (85.00%), los beneficiarios aportarán la suma de s/.2'572,148.40 nuevos soles (15.00%), efectivizados con el aporte de mano de obra no calificada, traslado de materiales de construcción y aporte con elaboración del estudio definitivo, mitigación ambiental y capacitación para la implementación del proyecto.

Con la implementación del proyecto se incorporarán al sistema de riego 600 hectáreas cultivadas de secano (agua que proviene únicamente de la lluvia) y terrenos eriazos de 1400 hectáreas, beneficiando a una población de 834 productores agrícolas.

Grafica Nº 10.1
Presas Ángeles de Ccarahuasa



FOTOS DE LA PRESA

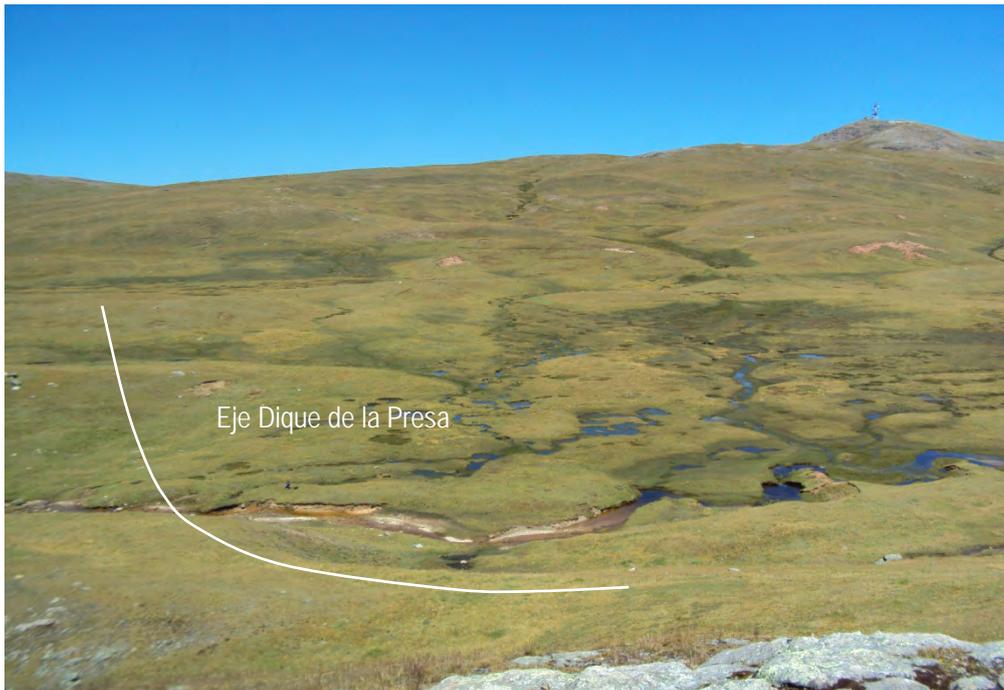


Foto N°1: vista hacia el SO, ubicación del dique de la presa Ángeles de Ccarahuasa, tomado del estribo izquierdo.



Foto N°2: vista hacia el NO, ubicación del dique de la presa Ángeles de Ccarahuasa, tomado del estribo derecho.



Foto N°15: vista hacia el SO, afloramiento de la Formación Chayllacatana, de donde se extrajo la muestra (M-5).

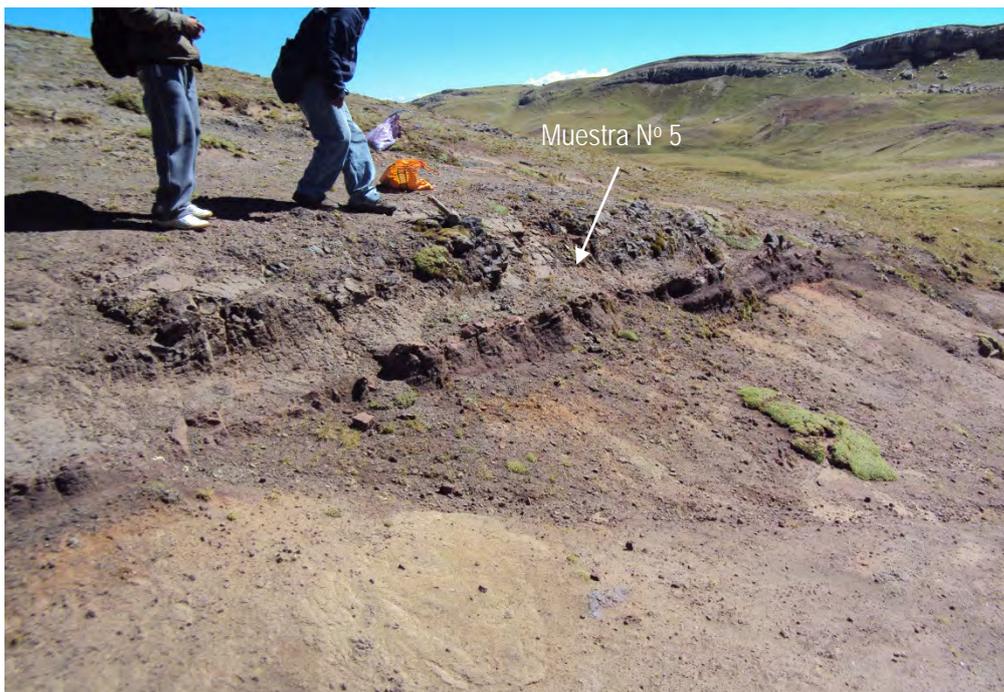


Foto N°16: vista hacia el N, rocas volcánica - Sedimentaria de la Formación Chayllacatana, muestra (M-5).



Foto N°17: vista hacia el NE, afloramiento de toba blanquecina de la Formación Huando de donde se extrajo la muestra (M-6).

CAPÍTULO XI: GEOLOGÍA DE LA REPRESA PAPACHACRA

Santiago de Chocorvos - Huancavelica

11.1 GEOMORFOLOGÍA

Las diferentes clases de rocas que afloran en esta área de estudio, que abarca el flanco Oeste de la Cordillera Occidental de los Andes y estructuras geológicas allí presentes, han contribuido en diverso grado a la acción de los agentes modeladores, como la erosión fluvial, la remoción en masa (deslizamientos y derrumbes), favoreciendo el desarrollo de las unidades geomorfológicas siguientes.

Zona de Laderas Altas:

Esta unidad geomorfológica comprende las altas estribaciones inmediatas a la unidad divisoria continental y corresponde al flanco Oeste de la Cordillera Occidental de los Andes, que forma la cabecera del río Tambo, con pendiente topografía abrupta así por ejemplo tenemos en areniscas cuarzosas con fuertes pendientes, mientras que en lutitas, limoarcillitas con pendientes moderadas.

Frente Occidental Andino

Son los flancos bajos de la Cordillera Occidental de los Andes, se han desarrollado mayormente en rocas del Batolito de la Costa, con pendientes empinadas de paisaje desértico con cerros altos formando valles estrechos, sus suelos son arenosos y secos formado por desintegración de las rocas graníticas.

11.2 ESTRATIGRAFÍA

MESOZOICO

El Mesozoico, está representado por unidades de facies marino y continental del tipo clásticas, comprendidas entre el Jurásico medio al Cretáceo inferior (Bajociano-Albiano medio). Los afloramientos Mesozoico está representado por el Grupo Yura.

GRUPO YURA

El Grupo Yura esta constituido por las Formación Cachios, Labra y Hualhuani. Aflora en el área de estudio donde se muestran como fajas plegadas con rumbo NO-SE.

Formación Cachios

Esta unidad aflora en la parte Oeste del área de estudio. Litológicamente está compuesta por lutitas y pizarras fisibles, conteniendo nódulos de cuarzoarenita color gris y blanco, exfoliables en lajas paralelas con presencia de flora fósil. El ambiente sedimentario corresponde a una mixtura de facies fluviales y de frente deltaico donde el aporte continental es más abundante.

Formación Labra

Litológicamente está compuesto por estratos de areniscas, areniscas cuarzosas, grises, de grano medio con estratificación paralela y oblicua curva, muy silicificada en bancos medianos de 5 a 10m. de espesor, con interestratificaciones de lutitas, limoarcillitas grises y pizarras negras. Los ambientes sedimentarios corresponden a una somerización completa de ambientes de llanuras tidales hasta ambientes dominados por llanuras fluviales cercanas a la línea de costa.

Formación Hualhuani

Su litología predominante son las areniscas cuarzosas, de grano medio a grano grueso color blanco amarillento monótonas en estratos medianos a delgados, con algunos bancos gruesos 8 - 10m de espesor. El Ambiente sedimentario corresponde a facies fluviales distales de ríos entrenzados de alta energía, donde se aprecia abundantes barras de arena.

La edad del Grupo Yura, de esta parte, se ubica entre el Jurásico superior y Cretáceo inferior.

CENOZOICO

El Cenozoico presenta un régimen eminentemente continental caracterizado por una actividad magmática intensa en la región andina que produce gruesas acumulaciones de materiales volcánicos y volcanoclásticos, pertenecientes al Grupo Sacsacero, la Formación Castrovirreyna y la Formación Caudalosa.

GRUPO SACSACERO

Litológicamente está constituido por una gruesa secuencia masiva de tobas líticas y piroclásticas, cuyos clastos y bloques soportados en una matriz de arena de grano medio. Interestratificados con niveles delgados de lavas andesíticas y dacíticas.

En el Grupo Sacsacero se ha estimado solo 400 metros de potencia. Las dataciones radiométricas efectuadas por NOBLE et al. (1974) y MCKEE y NOBLE, (1982) indican que estas rocas tiene edades de 40 Ma, por lo que se le asigna la edad del Eoceno superior (Paleógeno), lo que es corroborado por su correlación y posición estratigráfica.

FORMACIÓN CASTROVIRREYNA

Esta constituido por una secuencia volcánica sedimentaria con sedimentos lacustres y tobas en mayor proporción. Presenta derrames de lavas de composición andesítica y tobas tipo ignimbrítico. Estratos de arena de grano grueso y conglomerados con clastos volcánicos, los clastos alcanzan hasta 10 cm de diámetro.

Por su posición y correlación se le ha identificado como Formación Castrovirreyna, datada en el Oligoceno y Mioceno (Paleógeno - Neógeno). Se aprecia la influencia del replegamiento de la fase quechua (Mioceno).

Centro Volcánico Queso Rupasca - Cabecerayoc

Está constituido por una secuencia de brechas con clastos subangulosos a subredondeados, dentro de una matriz areniscosa, interestratificadas con lentes de areniscas tobaceas retrabajadas de grano fino a medio.

DEPÓSITOS CUATERNARIOS

Depósitos Aluviales

Estos depósitos están constituidos por los materiales trasladados por los ríos y depositados en su trayecto, formando los lechos, terrazas y llanuras de inundación. El material que constituye estos depósitos es un conglomerado que contiene cantos, arena, cascajo y arcilla, provenientes de las rocas aflorantes, los suelos, por tanto, son arenosos de composición feldespática cuarzosa.

Depósitos Coluviales

Estos depósitos cubren en mayor porcentaje las partes bajas, pie de monte o zonas de menor ángulo de reposo en las laderas de los cerros. Son acumulaciones de escombros, de materiales angulosos, mezclados con arena, grava, arcilla y bloques de roca, producto de la alteración, descomposición y desprendimiento de las rocas que se encuentran aflorando. Estos escombros se acumulan por

gravedad, formando conos de espesores considerables, que se aprecian como ejemplo en el estribo izquierdo de la presa.

11.3 TECTÓNICA Y GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Singenéticamente o inmediatamente al emplazamiento del Batolito de la Costa se produce el primer plegamiento Andino conocido como fase Peruana, deviniendo luego una fuerte erosión que dio lugar al acarreo hacia el Este de una secuencia molásica que constituye las capas rojas Casapalca. Luego se produjo la segunda fase, conocida como Inca, para luego continuar con un volcanismo piroclástico y lávico que cubre en el sector Occidental al Mesozoico marino, que es conocido como Grupo Sacsaquero. Un tercer movimiento Tectónico Andino ocurrido afines del Oligoceno y comienzos del Mioceno que se conoce como fase Poroche levanta y pliega a estas unidades. Discordante, sobre el Grupo Sacsaquero se deposita una secuencia sedimentaria volcánica, de tobas redepositadas en facies lagunares, constituyendo, el Grupo Castrovirreyna el mismo que es plegada por una fase intramiocena denominada fase Eoquichuana y que se manifiesta como una compresión fuerte, le sigue discordante otra secuencia volcánica que cubre buena parte de los Andes Centrales denominándose como volcánicos Caudalosa constituida de tobas, brechas y derrames lavicos.

11.4 ESTABILIDAD DE TALUDES

En el área del proyecto donde se ubicará el vaso de la presa están constituidas por rocas volcano - sedimentarias Cenozoicas de la Formación Castrovirreyna constituido por tobas de cristales grises y lavas porfírica, de edad perteneciente al Oligoceno - Mioceno y por rocas sedimentarias de la Formación Hualhuani (Grupo Yura) constituido por las areniscas cuarzosas.

En el dique de la presa (corona), los estribos están conformados por rocas sedimentarias Mesozoicas de la Formación Labra (Grupo Yura) constituido por areniscas cuarzosas, con algunas interestratificaciones de limoarcillitas, de edad perteneciente al Jurásico superior. Ladera del estribo derecho tiene pendientes que varían de 30° a 40° con rumbo de los estratos N50°O y buzamiento 80° hacia el NE. Con espesor de 1.0 a 2.0m. Ladera del estribo izquierdo tiene pendientes que varían de 40° a 45° con rumbo de los estrato N45°O y buzamiento 60° hacia el NE. Con espesor de 1.0 a 2.5m.

Durante la ejecución de los estudios Geológicos del estribo izquierdo donde se ubicará el dique de la presa (corona), se detecto movimientos recientes de masas lutáceas, limoarcillitas de gran volumen 280m³ aproximadamente. Que pertenecen a la Formación Labra (Grupo Yura), estos deslizamientos translacionales - rotacionales, que se han formado por desprendimiento y deslizamiento de masas se encuentran plegados y fallados de moderada a fuerte pendiente, condiciones favorables para que sucedan estos fenómenos.

11.5 CONDICIONES GEODINÁMICAS

La influencia de agentes naturales en época de lluvia, el agua penetra entre las capas de los estratos, hinchándose las arcillas (producto de la desintegración de las lutitas y limoarcillitas), satura las rocas produciendo desplazamiento entre los estrato y causando desequilibrio, que provoca por gravedad la caída de todo el paquete. Este fenómeno se ve incrementado por la filtración de agua en época de lluvia saturando de esta manera el suelo.

El principal peligro geodinamico, corresponde a la ocurrencia de deslizamientos translacionales de masas de suelo, roca o ambas, a lo largo de superficies planas e irregulares de arranque en las laderas y socavamiento de riveras o erosión fluvial, por ejemplo tenemos el socavamiento de la base del talud del estribo izquierdo, por el río Tambo en épocas de avenida.

Cuadro N° 11.1
Características Geológicas

Roca Muestra	Composición Mineralógica	Tamaño de Grano	Color y Tonalidad	Comportamiento al HCl
M ₁ Arenisca Cuarcífera	Cuarzo	Medio	Blanco	No efervece
M ₂ Lutitas Limoarcillitas	Cuarzo, Micas, Óxidos	Fino	Gris	No efervece
M ₃ Arenisca Cuarcífera	cuarzo	Medio	Blanco	No efervece
M ₄ Pórfido andesítico	Plagioclasas, Cuarzo, Micas	Medio	Blanco	No efervece
M ₅ Brecha Volcánica	Plagioclasas, Cuarzo, Micas	Medio	Guinda	No efervece

Cuadro N° 11.2
Características Geotécnicas

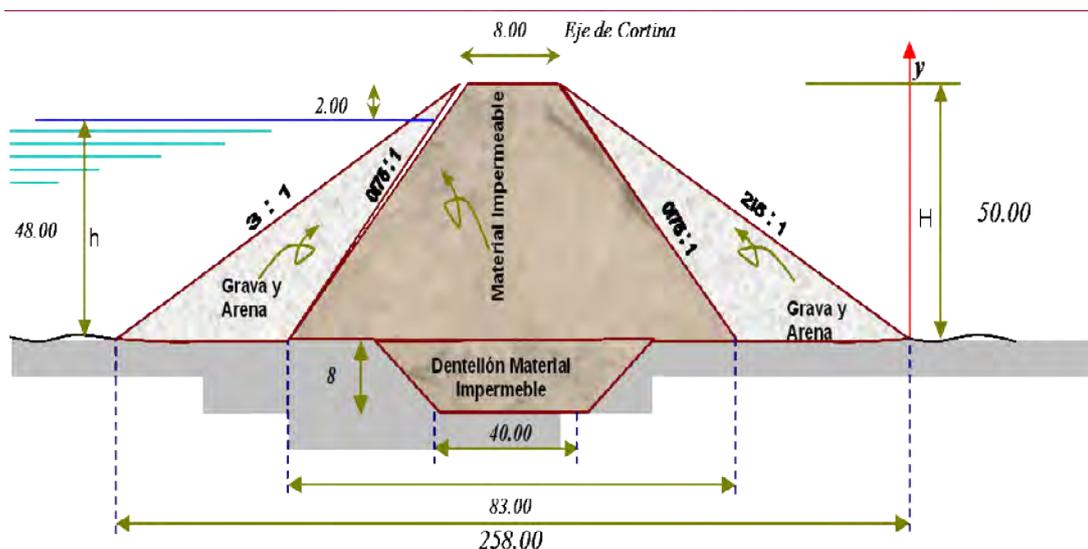
Roca Muestra	Grado de Alteración	Grado de Fracturamiento	Grado de Dureza	Grado de Estratificación
M ₁ Arenisca cuarcífera	Levemente Alterado	Fracturada	Muy Dura	Gruesa
M ₂ Lutitas Limoarcillitas	Moderadamente Alterado	Fracturada	Dura	Gruesa
M ₃ Arenisca Cuarcífera	Levemente Alterado	Fracturada	Muy Dura	Gruesa
M ₄ Pórfido andesítica	Moderadamente Alterado	Fracturada	Dura	Gruesa
M ₅ Brecha Volcánica	Muy Alterado	Muy Fracturada	Poco Dura	Delgada

PRESA DE TIERRA - PAPACHACRA

El cuerpo de la presa está conformado por un núcleo que será construido de material seleccionado (material impermeable), con una pantalla de geomembrana y cubierta con material seleccionado, que servirá como relleno para que proporcione estabilidad al muro, y sobre ella se colocara una escollera como medida de protección al cuerpo de la presa aguas arriba de la misma, cuyas características son: altura neta de embalse 48.00 m., borde libre de 2.00 m., haciendo una altura total de la presa de 50.00 m, y una longitud de 83 m. En la parte superior (corona de la presa), los taludes que presenta la presa son los siguientes: aguas arriba un talud de 1:3 y hacia aguas abajo un talud de 1:2.5, tal como se observa en la grafica N° 11.1. La presa permitirá almacenar aproximadamente 7'101,865.04 m³ de agua.

Por debajo de la presa se plantea la construcción de la tubería de descarga, cuyo diámetro es de 40", de espesor de 3/8" en una longitud de 277 m, que permitirá descargar desde 239 lt/seg, hasta 1,092 lt/seg, en el mes de Noviembre y así cubrir la demanda de agua que requieren los cultivos.

Grafica N° 11.1
Presa Papachacra



FOTOS DE LA PRESA

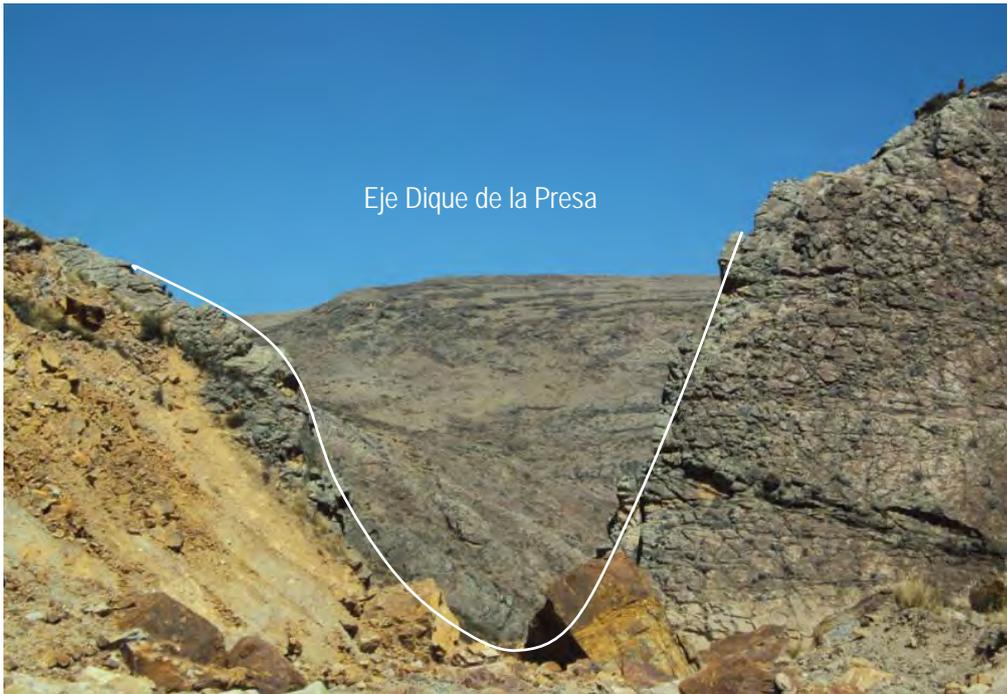


Foto N°1: vista hacia NO, ubicación del dique de la presa Papachacra, en el estribo derecho se observa una persona parada, tomado aguas arriba del río Tambo.



Foto N°2: vista hacia SE, ubicación del eje dique o cortina de la presa Papachacra, tomado aguas abajo del río Tambo.



Foto N°15: vista hacia el NE, roca volcánica de la Formación Castrovirreyna, donde se extrajo la muestra (M-5).



Foto N°16: brecha volcánica de la Formación Castrovirreyna, muestra (M-5).



Foto N°21: vista hacia el SO, derrumbe producto del socavamiento o erosión fluvial por el río Tambo. Pie del talud estribo izquierdo.



Foto N°22: vista hacia el N, deslizamiento D-4, en material fino y grueso suelto.



Foto N°25: Calicata N°3 de dimensiones 1.40 x 1.0m² y profundidad de 1.0m areno arcilloso de color beige se observa el nivel freático, ubicado en el cauce del río.

CAPITULO XII: GEOLOGÍA DE LA REPRESA HUARICHACA

Querco - Huancavelica

12.1 GEOMORFOLOGIA

Las unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio son variables, y su relación esta ligada a procesos tectónicos, gravitacionales, deposicionales y erosivos, ocurridos a lo largo de su historia geológica. El origen de estos ambientes está muy ligado al proceso del levantamiento de la Cordillera de los Andes (profundización y ensanchamiento de valles). Presentando la siguiente unidad.

Zona de Laderas Altas:

Esta unidad geomorfológica comprende las altas estribaciones, de la divisoria continental y corresponde al flanco Oeste de la Cordillera Occidental de los Andes, que forma la cabecera del río Runday. La topografía es de pendiente menos abrupta y labradas en rocas volcánico sedimentario de las formaciones Castrovirreyna y Caudalosa.

12.2 ESTRATIGRAFIA

CENOZOICO

Presenta un régimen eminentemente continental, caracterizado por una actividad magmática intensa en la región andina que produce gruesas acumulaciones de materiales volcánicos y volcanoclásticos, que pertenece al Grupo Sacsaquero, Formación Castrovirreyna y Formación Caudalosa del Oligoceno - Plioceno

FORMACIÓN CASTROVIRREYNA

La Formación Castrovirreyna aflora ampliamente en el cuadrángulo de Paras y se extiende por el norte a los cuadrángulos de Castrovirreyna y Huachocolpa. Infrayace al volcánico Caudalosa que lo cubre en partes discordantes. Hacia el Sur se pierde debajo de las tobas Caudalosa constituyendo la cúspide de la Cordillera Occidental. Sus plegamientos son bien conspicuos, con estructuras apretadas que dan la evidencia de una tectónica de compresión muy intensa.

SALAZAR, H., (1993) describió como Formación Castrovirreyna a una secuencia volcano-sedimentaria piroclástica lacustrina con areniscas, calizas, tobas, brechas y coladas de lava. Debido a su amplio desarrollo se ha decidido subdividirla en dos unidades: Formación Castrovirreyna inferior. Con dos miembros diferenciables y la Formación Castrovirreyna superior, esta última subdividida en cuatro miembros.

Tiene amplia distribución en la parte oriental y meridional del cuadrángulo de Paras con afloramientos conspicuos plegados a la manera de una franja, que representa una antigua paleocuenca continental.

Miembro Inferior

Está constituido por areniscas con limoarcillitas crema y rojas interestratificadas con calizas laminares plegadas. Presenta afloramientos de areniscas y limoarcillitas rojas con niveles de conglomerados en matriz limosa de 1.50m de grosor.

Miembro Superior

Son tobas de cristales interestratificadas con areniscas tobáceas verdes y blancas, así como niveles de lavas porfiríticas verdes y brechas.

La secuencia inferior presenta una toba blanca, lava porfirítica verde y arenisca tobácea blanca verdosa de 200m de grosor, de amplia distribución y bastante replegada, formando núcleo de anticlinales.

Por su posición y correlación se le ha identificado como Formación Castrovirreyna, datada en el Oligoceno y Mioceno (Paleógeno - Neógeno) se aprecia la influencia del replegamiento de la fase quechua (Mioceno).

VOLCÁNICOS CAUDALOSA

Los volcánicos Caudalosa es la serie que descansa sobre la Formación Castrovirreyna, SALAZAR, H., (1993) la definió como lavas andesíticas y flujos interestratificadas con areniscas tobáceas y piroclásticos.

En la zona de estudio esta unidad se encuentra distribuida en una amplia área, en forma discontinua y con afloramientos de diferente grado de alteración morfología, por lo que se le ha dividido en tres subunidades.

Miembro Inferior

Brechas y lavas porfiríticas andesíticas alteradas, intercalado con areniscas tobáceas. Su grosor no es mayor de 200m.

Miembro Medio

Lavas porfiríticas andesíticas, brechas y tobas con cristales de cuarzo hialino, plagioclasas y lítico, con escaso grado de alteración. Su grosor es de 200m.

Miembro Superior

Lavas afaníticas andesíticas en coladas muy erosionadas y tobas de cristales de distribución restringida, siguen la dirección de algunas quebradas y su potencia no sobrepasa los 80m.

La Formación Caudalosa es claramente discordante con las unidades supra e infrayacente y su baja deformación, así como su microplegamiento, indica una edad post fase quechua.

Considerando un grosor aproximado de 480m y teniendo en cuenta que las primeras manifestaciones de la Formación Caudalosa se encuentran adosadas al paleorelieve de la Formación Castrovirreyna, se le asigna una edad Oligoceno superior - Mioceno inferior. Sobre la base de su similitud con otras áreas, donde se tiene dataciones, se le asigna la edad del Mioceno superior a Plioceno inferior.

Centro Volcánico Queso Rupasca - Cabecerayoc

Se encuentra al SO del cuadrángulo de Paras, en los cerros Huarichaca y Pucacancha. Está constituido por una secuencia de brechas con clastos subangulosos a subredondeados, dentro de una matriz areniscosa, interestratificadas con lentes de areniscas tobáceas retrabajadas de grano fino a medio. La parte media consiste de tobas de cristales con estratos subhorizontales, con cuarzo, plagioclasa y biotita. En la parte superior se observan tobas cristalolíticas, de donde destacan fragmentos de pómez y lavas heterométricas en bancos gruesos.

DEPÓSITOS CUATERNARIOS

Dentro de los depósitos cuaternarios se han distinguido los depósitos aluviales y coluviales.

Depósitos Aluviales

Son depósitos constituidos por los materiales transportados por los ríos y depositados en su cauce, formando terrazas y llanuras de inundación. El material que constituye estos depósitos son masas conglomerádico que contiene cantos, arena, grava y arcilla, que son arrancados de los macizos rocosos por la meteorización tanto física como química

Depósitos Coluviales

Son depósitos que cubren las partes bajas de las laderas de los cerros. Son acumulaciones de escombros de materiales angulosos mezclados con arena, grava y bloques de roca, producto de la alteración, descomposición y desprendimiento de las rocas que se encuentran aflorando. Estos escombros se acumulan por gravedad, formando conos de espesores considerables.

12.3 TECTÓNICA Y GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El control estructural está marcado por dos sistemas de fallas importantes el primero de dirección NO - SE de rumbo andino caracterizado por la fallas Chocllanca - Ocoyo. El segundo sistemas es de rumbo trasandino NE - SO, representado por las fallas Runhuañusca e Yaurilla. Que agrupa y donde se ubican calderas y una serie de centros volcánicos paralelos a la zona de subducción, que han generado toda la franja de rocas volcánicas Terciarias, que en gran parte estarían sobre dichos centros cubriendo parte de ellos, generados durante todo el Terciario y Cuaternario. Al momento de generarse el depósito de la serie volcánica que incluye un horizonte volcano - sedimentario, fue alterada por movimientos tectónicos tanto horizontal como vertical.

12.4 ESTABILIDAD DE TALUDES

En las laderas del vaso de la presa muestran rocas volcano - sedimentaria Cenozoicas de la Formación Castrovirreyna constituido por tobas líticas de edad perteneciente al Oligoceno - Mioceno.

En ambos estribos del dique de la presa muestran rocas volcano - sedimentaria Cenozoicas de la Formación Castrovirreyna constituido por tobas líticas. El talud estribo derecho tiene pendientes que varían de 80° a 90° con rumbo de los estratos N70°O y buzamiento 10° hacia el SO. Con espesor de 3.0 a 4.5m. El estribo izquierdo tiene pendientes que varían de 80° a 90° con rumbo de los estratos S60°E y buzamiento 15° hacia él NE. Con espesor de 3.0 a 4.0m. El río ha labrado su actual cauce en forma de un cañón angosto y de paredes verticales donde se emplazará la represa Huarichaca.

12.5 CONDICIONES GEODINÁMICAS

Se han efectuado reconocimientos de fenómenos geodinámicos a lo largo del valle fluvial del río Runday, que es de un tramo largo y pendiente fuerte. El principal peligro geodinámico, corresponde a la ocurrencia de derrumbes que son desprendimientos de masas de roca, suelo o ambas (colapso), a lo largo de superficies irregulares de arranque.

Cuadro N° 12.1

Características Geológicas

Roca Muestra	Composición Mineralógica	Tamaño de Grano	Color y Tonalidad	Comportamiento al Hcl
M ₁ Toba lítica	Plagioclasa Cuarzo	Medio	Gris	No Efervece
M ₂ Toba lítica	Plagioclasa Micas Cuarzo	Medio	Gris	No Efervece
M ₃ Toba lítica	Cuarzo	Medio	Gris	No Efervece
M ₄ Toba lítica	Plagioclasa Cuarzo	Medio	Gris	No Efervece
M ₅ Brecha volcánica	Cuarzo Micas	Grueso	Marrón	No Efervece
M ₆ Brecha volcánica	Cuarzo Micas	Grueso	Verde Claro	No Efervece

Cuadro N° 12.2

Características Geotécnicas

Roca Muestra	Grado de Alteración	Grado de Fracturamiento	Grado de Dureza	Grado de Estratificación
M ₁ Toba Lítica	Levemente Alterado	Fracturada	Muy Dura	Gruesa
M ₂ Toba Lítica	Levemente Alterado	Fracturada	Dura	Muy Gruesa
M ₃ Toba Lítica	Levemente Alterado	Moderadamente Fracturada	Muy Dura	Muy Gruesa
M ₄ Toba Lítica	Levemente Alterado	Fracturada	Muy Dura	Gruesa
M ₅ Brecha volcánica	Moderadamente Alterado	Fracturada	Muy Dura	Gruesa
M ₆ Brecha volcánica	Moderadamente Alterado	Fracturada	Muy Dura	Gruesa

PRESA DE CONCRETO TIPO ARCO - HUARICHACA

Es un muro de concreto que será construido en la boquilla de la cuenca del río Runday, en la zona denominada Huarichaca, para interrumpir el escurrimiento del agua, producto de las intensas lluvias durante los meses de diciembre - marzo, que originará el efecto de almacenaje a fin de derivar fuera de su cauce con fines de riego, para las áreas de cultivo de las poblaciones ubicadas en la parte media del valle del río Grande, principalmente en el distrito de Querco.

El cuerpo de la presa está conformado por un muro de concreto armado que será construido con concreto de resistencia a la compresión $f'c=350 \text{ kg/cm}^2$, e impermeabilizado con tarrajeo impermeabilizante aguas arriba de la presa, así mismo en la base se dispone de un talón aguas abajo de la presa y la zapata aguas arriba que servirá como anclajes para que proporcione estabilidad al muro, cuyas características son: altura neta de embalse 90.00 m., borde libre de 5.00 m., haciendo una altura total de la presa de 95.00 m, y una longitud de 105 m, tal como se observa en la grafica N° 12.1. En la parte superior (Corona de la Presa), el espesor del muro en la parte superior es de 4.50 m, el espesor del muro en la parte inferior es de 5.50 m, el desplante para la cimentación es de 2.00 m sobre el

terreno normal, el espesor de la zapata es de 8.00 m, y la longitud de la misma es de 31.50 m, la presa permitirá almacenar aproximadamente 41'905,355.26 m³, para la presente alternativa.

Por debajo de la presa se plantea la construcción de dos tuberías de descarga en paralelo, cuyo diámetro es de 32", material de F^aG^a de espesor de 3/8" en una longitud de 34 m, que permitirá descargar desde 1,766.49 lt/seg, hasta 4,352.91 lt/seg, en el mes de junio y noviembre respectivamente y así cubrir la demanda de agua que requieren los cultivos.

Grafica N° 12.1

Presa Huarichaca

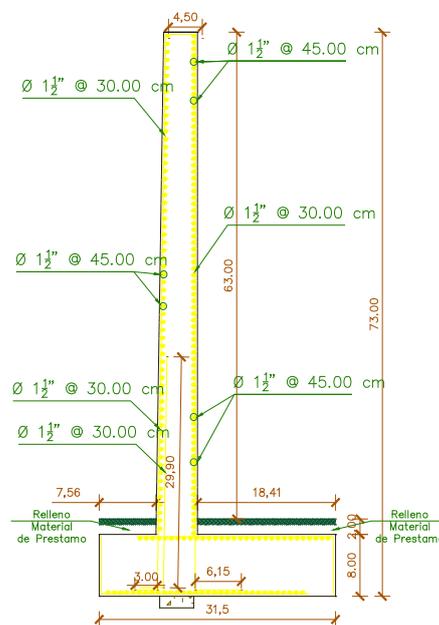




Foto N°3: vista hacia el E, ubicación del vaso de la presa Huarichaca, tomado del estribo derecho.



Foto N°4: vista hacia NE, ubicación del vaso de la presa Huarichaca, tomado del estribo izquierdo.



Foto N°7: vista hacia el SO, afloramiento de la Formación Castrovirreyna de donde se extrajo la muestra (M-2), base del estribo izquierdo.



Foto N°8: toba lítica de la Formación Castrovirreyna, muestra (M-2).



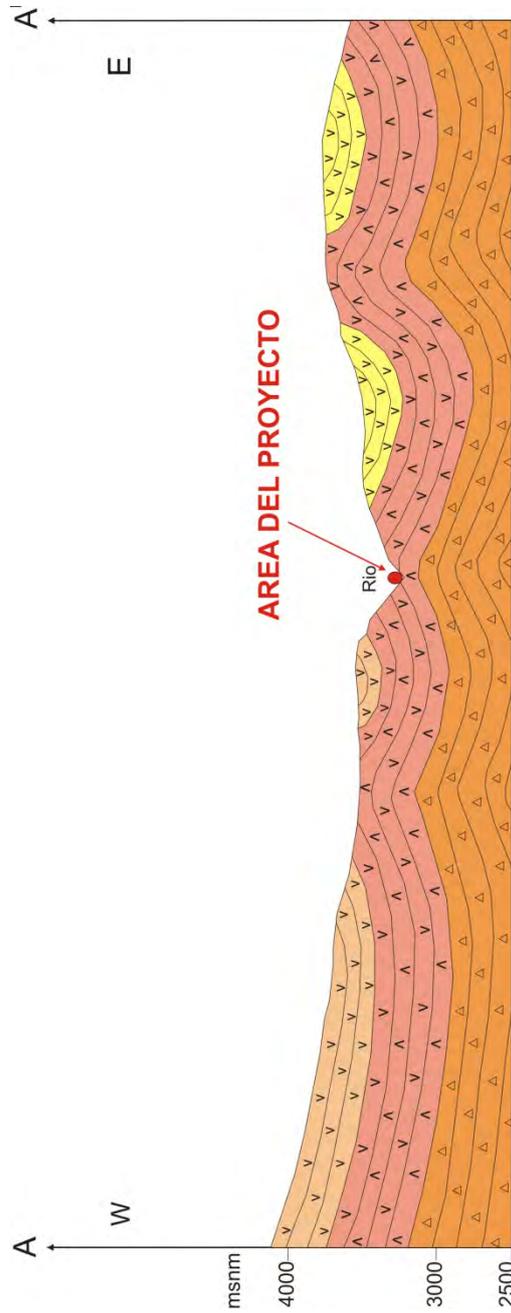
Foto N°15: vista hacia el SE, afloramiento de la Formación Castrovirreyna de donde se extrajo la muestra (M-6), ladera izquierda.



Foto N°16: brecha volcánica andesítica de la Formación Castrovirreyna, muestra (M-6).



Foto N°19: Calicata N°3 de dimensiones 1.10 x 0.65m² y profundidad de 0.46m constituido por arcilla arenosa, con clasto angulosos de color beige, ubicado en el estribo derecho.



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA TESIS: CONSIDERACIONES GEOLOGICAS PARA EL EMPLAZAMIENTO DE LAS REPRESAS: HUARMISLLA, ANGELES DE CCARAHUASA, PAPACHACRA Y HUARICHACA. HUANCAMELICA	
	PLANO: 12	PLANO GEOLOGICO PERFIL AA': REPRESA HUARICHACA
AUTOR: Héctor Espinoza Ccente		ASESORES: Ing. Guillermo Perez V. Ing. David R. Rojas C.
ESCALA: 1:50,000		FECHA: Agosto del 2012

LEYENDA:

- Centro volcánico queso rupasca
- Fm. Caudalosa Medio
- Fm. Castrovirreyna
- Gpo. Sacsaquero

↔ A A' perfil geológico

CONCLUSIONES

PRESA HUARMISLLA

1. Desde el punto de vista geológico los diferentes afloramientos que presenta el área de estudio son: rocas sedimentarias Paleozoicas del Grupo Cabanillas (Grupo Excélsior) constituido por filitas, pizarra esquistosa, arenisca cuarcífera en estratos delgados y rocas sedimentarias Mesozoicas del Grupo Pucara constituido por calizas y rocas volcánicas de la Formación Julcani constituido por tobas dacíticas (domos).
2. El embalse de la presa está constituido por rocas metamórficas del Grupo Cabanillas (Grupo Excélsior) de edad perteneciente al Devoniano, de estratificación delgada con pendientes que varían de 35° a 40° en el flanco derecho con rumbo de los estratos N35°O y buzamiento de 70° hacia el NO, con pendientes que varían de 45° a 50°. En el flanco izquierdo con rumbo de los estratos N39°E y buzamiento de 65° hacia el NO. Son rocas competentes por su alto grado de metamorfismo. Cuando se embalse la presa, el agua podría filtrar por las discontinuidades de los estratos.
3. Los estribos del dique de la presa, está constituida por rocas sedimentarias Triásicas de la Formación Chambara (Grupo Pucará) con pendientes que varían de 50° a 55° del talud estribo derecho con rumbo de los estratos N70°E con buzamiento de 43° hacia el NO y pendientes que varían de 60° a 65° del talud estribo izquierdo con rumbo de los estratos N60°E, con buzamiento de 72° hacia el NO. Son rocas expuestas al proceso de disolución y alteración por la precipitación meteórica y erosión fluvial. Cuando se realice la cimentación del muro de contención o dique de la presa, se podría presentar canales u oquedades intercomunicadas.
4. La falla Tucla atraviesa el río Huarmislla y el vaso de la presa, con dirección NE - SO. Es además del tipo inverso debido a que hace sobreponer rocas pertenecientes al Grupo Cabanillas (Excélsior) encima de rocas del Grupo Mitu y Pucara. La falla Tucla se originó por esfuerzos de compresión y está inactiva. La represa podría romperse y colapsar en el caso de ocurrir un sismo ó por el peso de la estructura misma. Para contrarrestar sus efectos tenemos domos volcánicos de la Formación Julcani, que emergen desde las profundidades de la corteza terrestre hacia la superficie como intrusivos en ambos márgenes de río Huarmislla (se encuentran empotrados como dos clavos) dándole una estabilidad a la futura estructura hidráulica (presa).

5. Se excavó 2 calicatas, la N°1 de dimensiones 1.00x1.00m² y profundidad de 0.72m, se observa suelo orgánico color negro y en la base la caliza, ubicado en el estribo izquierdo del eje dique de la presa.
6. Calicata N°2 de dimensiones 1.00x1.00m² y profundidad de 1.70m se observa distintos tipos de suelos en diferentes niveles de composición: areno arcilloso, de colores negro, marrón y beige respectivamente, ubicado en el estribo derecho.
7. En la quebrada Huarmislla se ubican depósitos fluviales y coluviales constituido por arenas, gravas, limos y bloques de roca angulosa a redondeadas de diferentes tamaños.

PRESA ANGELES DE CCARAHUASA

1. Desde el punto de vista geológico los diferentes afloramientos que presenta el área de estudio son: rocas sedimentarias Cretácicas de la Formación Chimú (Grupo Goyllarisquizga) constituido por areniscas, areniscas cuarcíferas, la Formación Chulec - Pariatambo constituido por calizas, la Formación Chayllacatana constituido por rocas volcánico - sedimentaria y la Formación Huando, constituido por flujos piroclásticos (tobas) y lavas.
2. El dique o cortina de la presa esta constituido por rocas sedimentarias Cretácicas de la Formación Chimú, con pendientes que varían de 30° a 45° del talud estribo izquierdo con rumbo de los estrato N15° E, con buzamiento de 65° hacia el E. Con espesor de 1.3m a 0.50m y pendientes que varían de 25° a 30° del talud estribo derecho con rumbo de los estrato N55°E, con buzamiento de 61° hacia él SE. Con espesor de 0.2m a 0.3m. Son rocas competentes pero porosas y permeables.
3. En el vaso de la presa afloran las rocas volcánica - sedimentarias de la Formación Chayllacatana, con pendientes que varían de 20° a 30°, con rumbo de estratos NE con buzamientos bajos de 15° a 20° hacia el NW, de espesores 0.4m a 0.30m. Son rocas competentes e impermeables.
4. las laderas del vaso de la presa afloran rocas de la Formación Chulec - Pariatambo de edad perteneciente al Cretáceo inferior constituida por calizas de estratificación gruesa en el flanco izquierdo con pendientes que varía entre 50° a 60° con rumbo de los estratos N15°W con buzamiento 65° hacia el E, de espesor de 0.5m a 0.6m. En el flanco derecho con pendiente que varía 45° a 50° con rumbo de los estratos N10°E con buzamiento de 54° hacia el W, con espesores de 1.0m a 1.2m. Son rocas competentes pero expuestas a la

- disolución superficial por las precipitaciones meteóricas y subterráneas por la filtración de estas aguas.
5. La presa se ubicará en una estructura geológica de un Sinclinal, representada por rocas sedimentarias de la Formación Chimú (Grupo Goyllarisquizga).
 6. Tenemos depósitos cuaternarios glaciofluviales y coluviales o escombreras constituidas por materiales acarreados por los hielos en movimiento, los que han sido acumulados como morrenas laterales o frontales donde se ubica en los flancos del valle glaciar.
 7. Las condiciones geológicas que presenta los afloramientos de los macizos rocosos, constituida por arenisca, arenisca cuarcíferas, calizas y tobas. Se encuentran alterados, fracturados producto de la meteorización físico - química como se observa en las fotos.
 8. Las estructuras geológicas que presenta el área de estudio de anticlinales y sinclinales, son producto del tectonismo andino que ha sufrido plegamientos y/o fallamientos.

PRESA PAPACHACRA

1. Desde el punto de vista geológico los diferentes afloramientos que presenta el vaso de la presa son: rocas volcano - sedimentarias Cenozoicas de la Formación Castrovirreyna, constituido por tobas de cristales grises y lavas porfíricas, de edad perteneciente al Oligoceno - Mioceno y el centro volcánico Queso Rupasca - Cabecerayoc constituido por tobas de cristales y brechas de edad perteneciente al Mioceno.
2. Los estribos de la presa están representadas por rocas sedimentarias Mesozoicas de la Formación Labra (Grupo Yura) constituida por areniscas cuarzosas con algunas interestratificaciones de limoarcillitas, de edad perteneciente al Jurásico superior. Con pendientes que varían de 30° a 40° del talud estribo derecho con rumbo de los estratos N50°W, con buzamiento 80° hacia el NE. con espesores de 2.0 a 4.0m. En el estribo izquierdo, con pendientes que varían de 60° a 70° con rumbo de los estratos N45°W, con buzamiento 60° hacia el NE. con espesor de 2.0 a 4.0m. Las areniscas cuarzosas (rocas competentes) y las lutitas, limoarcillitas (rocas incompetentes)
3. En el estribo izquierdo del dique de la presa, se ha detectado movimientos recientes (bloques, arenas, limos y arcillas) de un volumen de 280 m³ aproximadamente. Estos deslizamientos rotacionales que se han formado por desprendimiento y deslizamiento de masas lutáceas, limoarcillitas que

- pertenecen a la Formación Labra (Grupo Yura), las que al encontrarse plegadas, fallada y con pendiente alta, forman un material propicio para estos fenómenos.
4. En el área de estudio tenemos depósitos fluviales constituidos por conglomerados, gravas y bloques subredondeados a redondeados envueltos en una matriz arenosa, intercalados con arenas finas a gruesas y en algunas ocasiones se intercalan limos.
 5. Se excavó tres calicata la N°1, de dimensiones 1.00 x 0.80m² y profundidad de 1.05m, constituido por suelo areno arcilloso color amarillo, ubicado en el estribo derecho.
 6. Calicata N°2, de dimensiones 0.70x0.80m² y profundidad de 0.96m, constituido por suelo areno arcilloso color beige con bloques de roca angulosa, ubicado en el estribo izquierdo.
 7. Calicata N°3, de dimensiones 1.40 x 1.0m² y profundidad de 1.0m, constituido por suelo areno arcilloso de color beige y negro, se observa el nivel freático, ubicado en el centro del cauce del río Tambo.

PRESA HUARICHACA

1. Los diferentes afloramientos que presenta el área de estudio son: rocas volcánico - sedimentarias Cenozoicas de la Formación Castrovirreyna constituido por tobas líticas grises y brechas de edad perteneciente al Oligoceno - Mioceno y el Centro Volcánico Queso Rupasca - Cabecerayoc constituido por tobas de cristales y brechas de edad perteneciente al Mioceno.
2. Los estribos del dique o cortina de la presa están constituidas por rocas de la Formación Castrovirreyna, tobas líticas grises con pendientes que varían de 80° a 90° del talud estribo derecho con rumbo de los estrato N70°O, con buzamiento 10° hacia el SO. Con espesor de 3.0 a 4.5m. En el estribo izquierdo, tiene pendientes que varían de 80° a 90° con rumbo de los estrato S60°E, con buzamiento 15° hacia el NE. Con espesor de 3.0 a 4.0 m. Son rocas altamente competentes.
3. Tenemos depósitos coluviales que son acumulaciones de escombros de materiales angulosos mezclados con arena, grava, arcilla y bloques de roca, producto de la alteración, descomposición y desprendimiento de las rocas que se encuentran aflorando. Estos escombros se acumulan por gravedad.

4. Se escavó 3 calicatas, la N° 1 de dimensiones 1.00 x 0.90m² y profundidad de 0.35m constituido por suelo areno arcillosa color beige con óxidos, ubicado en el estribo izquierdo.
5. Calicata N°2 de dimensiones 1.70 x 1.50m² y profundidad de 1.40m, suelo constituido por conglomerados de bloques medianos redondeados a subredondeados en una matriz arenosa, ubicado en el cauce del río Runday.
6. Calicata N°3 de dimensiones 1.10 x 0.65m² y profundidad de 0.46m, suelo constituido por arena arcillosa color beige con clastos angulosos, ubicado en el estribo derecho.
7. Según el mapa de zonificación sísmica propuesta en la norma sismo resistente de reglamento nacional de construcción 1997, las áreas de estudio de las cuatro represas (región Huancavelica) se encuentra comprendida en la zona 2 que corresponde a una sismicidad media.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda hacer pruebas o ensayos de permeabilidad en los estribos del dique de la presa y en el vaso de embalse. Con sondajes de perforación diamantina, una profundidad promedio de las tres cuartas partes de la altura de la presa con el fin de conocer las características físicas y condiciones geológicas e hidrogeológicas del macizo rocoso.
2. Se recomienda no construir sobre estructuras geológicas como fallas que atraviesan el embalse de la presa.
3. Hacer pruebas de ensayos de carga puntual.
4. Realizar la medición piezométricas, para determinar el nivel freático.
5. Se recomienda realizar prospección sísmica o sondajes de perforación para conocer el perfil y espesor que tienen las estructuras sedimentarias o macizos rocosos y la cobertura del material cuaternario.
6. Se recomienda buscar canteras para los materiales que se utilizará en la construcción de la presa.

BIBLIOGRAFIA:

- Bernard Dalmayrac, Gerard Laubacher y René Marocco; 1988 “Caracteres Generales de la Evolución Geológica de los Andes Peruanos” Boletín N° 12 Serie D: Estudios Especiales Ingemmet.
- Bilberto Zavala Carrión, Segundo Núñez Juárez; 1999 “Estudio Geológico Geotécnico de la Región Suroccidental del Perú” Boletín N° 22 Serie C: Geodinámica é Ingeniería Geológica. Ingemmet.
- Darwin Romero Fernández, Víctor R. Torres Bazán; 2003 “Revisión y Actualización del Cuadrángulo de Huancavelica (26-n)” Ingemmet.
- David Rojas C. Jorge Paredes A; 2009 “Compendio de Geología General” Universidad Nacional de Ingeniería.
- Dirección General de Geología; 1982 “Presas de Relave en el Perú” Ingemmet.
- Fluquer Peña L., Gerson Cotrina C y Harmuth Acosta P; 2009 “Hidrogeología de la cuenca del río Caplina” región Tacna. Boletín N° 01 Serie H: Hidrogeología. Ingemmet.
- Fluquer Peña L., Mauro Sanchez D y Walter Pari P; 2010 “Hidrogeología de la cuenca del río Ica” regiones Ica y Huancavelica. Boletín N° 03 Serie H: Hidrogeología. Ingemmet.
- Fluquer Peña L., Gerson Cotrina C y Harmuth Acosta P; 2009 “Hidrogeología de la cuenca del río Caplina” región Tacna. Boletín N° 01 Serie H: Hidrogeología. Ingemmet.
- G.Castany; 1971 “Tratado Practico de las Aguas Subterráneas”
- José Luis calderón Taramona; 2010 Tesis “Estudio de Factibilidad Económica del Represamiento de 11 Lagunas para el Afianzamiento Hídrico parcial del río Mantaro” Universidad Nacional de Ingeniería.
- Juan M. López Marinas; 2002 “Geología Aplicada a la Ingeniería Civil”
- Luis I. Gonzales de Vallejo; 2006 “Ingeniería Geológica”

- Mariano Ruiz Vázquez, Silvia Gonzales Huesta; 2002 “Geología Aplicada a la Ingeniería Civil”
- Michael Valencia Muñoz, Ethelwaldo Atencio Avendaño; 2003 “Memoria Descriptiva de la Revisión y Actualización del Cuadrángulo de Paras (28-n)” Ingemmet.
- Oscar Palacios Moncayo; 1994 “Geología de los Cuadrángulos de Santiago de Chocorvos y Paras” Boletín N° 49 Serie A: Carta Geológica Nacional Ingemmet.
- Wolfgang Morche, Washington Larico C.; 1996 “Geología del Cuadrángulo de Huancavelica” Boletín N° 73 Serie A: Carta Geológica Nacional Ingemmet.

ANEXO

Datos de los registros de las precipitaciones pluviales de las cuencas

Datos de los registros de las temperaturas de las cuencas

Fotos de las muestras de roca de la represa Huarmislla

Plano N° 14 Geológico planta de la represa Huarmislla

Plano N° 15 Geológico perfil AA^I de la represa Huarmislla

Plano N° 16 Geológico perfil BB^I de la represa Huarmislla

Fotos de las muestras de roca de la represa Ángeles de Ccarahuasa

Plano N° 17 Geológico planta de la represa Ángeles de Ccarahuasa

Plano N° 18 Geológico perfil AA^I de la represa Ángeles de Ccarahuasa

Fotos de las muestras de roca de la represa Papachacra

Plano N° 19 Geológico planta de la represa Papachacra

Plano N° 20 Geológico perfil AA^I de la represa Papachacra

Fotos de las muestras de roca de la represa Huarichaca

Plano N° 21 Geológico planta de la represa Huarichaca

Plano N° 22 Geológico perfil AA^I de la represa Huarichaca