

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA E**  
**INGENIERÍA METALÚRGICA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**



**“EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA PARA LA  
AMPLIACIÓN, DE LA PRESA ANCASCOCHA EN LA CUENCA  
DE YAUCA, AYACUCHO- AREQUIPA”**

**TESIS**

Presentada por:

**PELE APAZA YUCRA**

Para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO GEÓLOGO**

**Puno – Perú**

**2016**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA Y  
METALÚRGICA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA**

**"EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y GEOTÉCNICA PARA LA AMPLIACIÓN, DE  
LA PRESA ANCASCOCHA EN LA CUENCA DE YAUCA, AYACUCHO-  
AREQUIPA"**

**TESIS**


**PRESENTADA POR:  
PELE APAZA YUCRA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO GEOLOGO**

**APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:**


**PRESIDENTE**

**:**

  
M. SC. LEONEL PALOMINO ASCENCIO

**PRIMER MIEMBRO**

**:**

  
M.Sc. NEWTON MACHACA CUSILAYME

**SEGUNDO MIEMBRO**

**:**

  
ING. LUIS ALBERTO MAYDANA VILCA


**DIRECTOR DE TESIS**

**:**

  
ING. LUIS ORTIZ GALLEGOS

**ASESOR DE TESIS**

**:**

  
M.Sc. ANDRÉS OLIVERA CHURA

**AREA**

**: GEOTECNIA**

**TEMA**

**: GEOLOGIA Y GEOTECNIA DE PRESAS**

**PUNO – PERU**

**2016**

## DEDICATORIA

A TI MI DIOS, POR DARME LA  
OPORTUNIDAD DE VIVIR Y  
REGALARME UNA FAMILIA  
MARAVILLOSA.

A LA MEMORIA DE MI PADRE EMILIO,  
QUE YA SE ENCUENTRA EN LA  
PRESENCIA DE NUESTRO SALVADOR Y  
A MI MADRE EVARISTA, POR APOYARME  
Y DARME TODO SU AMOR.

A MIS HERMANOS: VICTORIA,  
VERÓNICA, NELY, LOYMER Y YONY POR  
SU APOYO INCONDICIONAL EN LOS  
MOMENTOS MÁS DIFÍCILES.

## AGRADECIMIENTOS

AGRADEZCO A MI ASESORES M.SC ANDRÉS OLIVERA CHURA, Y AL DIRECTOR DE TESIS ING. LUIS ORTIZ GALLEGOS, POR SUS CONSEJOS, PACIENCIA Y ALIENTO EN LOS MOMENTOS ARDUOS, SIN LOS CUALES LA REALIZACIÓN DE ESTE ESTUDIO NO SERÍA POSIBLE.

UN AGRADECIMIENTO INMENSO AL CONSORCIO SAN PEDRO E CONSORCIO C Y S, Y AL GOBIERNO REGIONAL DE AREQUIPA POR HABERME BRINDADO LA FACILIDAD DE PODER TRABAJAR EN EL ESTUDIO Y/O EVALUACIÓN DEL PROYECTO.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO, EN CUYAS AULAS ME FORME Y EGRESO COMO PROFESIONAL.

A LOS SEÑORES DOCENTES DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO DE PUNO, QUIENES HAN CONTRIBUIDO EN MI FORMACIÓN PROFESIONAL.

A MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO, AMIGOS Y A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO, QUIENES ME APOYARON EN TODO MOMENTO.

A MIS HERMANOS, MIS SOBRINOS Y MIS CUÑADOS, POR SER SIEMPRE UN APOYO INCONDICIONAL.

AGRADEZCO A DIOS POR DARMER LA VIDA Y ESTA GRAN OPORTUNIDAD DE DAR ESTE LOGRO TRASCENDENCIAL EN MI VIDA PROFESIONAL

**INDICE GENERAL**

<b>INDICE</b>	<b>III</b>
LISTA DE CUADROS	X
LISTA DE TABLAS	XII
LISTA DE FIGURAS	XIII
LISTA DE SIMBOLOGIAS Y SIGLAS	XIV
<b>RESUMEN</b>	<b>XVI</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>XVII</b>
<b>CAPITULO I</b>	
<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>2</b>
<b>1.2. ANTECEDENTE</b>	<b>3</b>
<b>1.3. JUSTIFICACION</b>	<b>6</b>
<b>1.4. HIPOTESIS</b>	<b>7</b>
<b>1.5. OBJETIVO</b>	<b>7</b>
1.5.1. OBJETIVO GENERAL	7
1.5.2. OBJETIVO ESPECIFICO	7
<b>1.6. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION</b>	<b>7</b>
1.6.1. ETAPA DE GABINETE I	7
1.6.2. ETAPA DE CAMPO I	8
1.6.3. ETAPA DE CAMPO II	8
1.6.4. ANALISIS DE LABORATORIO DE MECANICA	8
1.6.5. ETAPA DE GABINETE II	9
<b>1.7. INSTRUMENTOS UTILIZADOS</b>	<b>9</b>
<b>CAPITULO II</b>	
<b>MARCO TEORICO</b>	<b>11</b>
<b>2.1. PRESA DE TIERRA</b>	<b>11</b>
<b>2.2. FACTOR DE SEGURIDAD</b>	<b>12</b>
<b>2.3. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD</b>	<b>12</b>
<b>2.4. ROTURA CIRCULAR</b>	<b>13</b>
<b>2.5. PROCESOS DE SATURACION HINCHAMIENTO Y COLAPSO</b>	<b>13</b>
2.5.1. SUELOS EXPANSIVOS	14
2.5.2. SUELOS COLAPSABLES	14
2.5.3. PRESION DE POROS	15
<b>2.6. COMPACTACION DE SUELOS</b>	<b>15</b>
2.6.1. COMPACTACION SUPERFICIAL	15
2.6.2. CAMPACTACION FROFUNDA	16
<b>2.7. PROCESOS DE COMPACTACION</b>	<b>16</b>

<b>2.8. EMBALSE</b>	16
<b>2.9. VASO</b>	17
2.9.1. PRINCIPALES COMPONENTES DE VASO DE ALMACENAMIENTO	17
2.10. LA CERRADA	18
2.11. LA PRESA	18
2.12. TALUDES	19
2.13. BORDO LIBRE	19
2.14. LOS ESTRIBOS	20
2.15. LA CIMENTACIÓN	20
2.16. EL ALIVIADERO	20
2.17. LAS COMPUERTAS	21
2.18. EL DESAGUE DE FONDO	21
2.19. NUCLEO IMPERMEABLE	21
2.20. NAME	21
2.21. NAMO	21
2.22. NAMI	21
<b>2.23. METODOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES</b>	21
2.23.1. METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE	21
2.23.2. METODOS DE DOVELAS O REBANADAS	22
2.23.3. METODO SIMPLIFICADO DE BISHOP	22
2.23.4. METODOS PRECISOS Y COMPLETOS	23
2.23.5. METODOS DE MORGENSTEM – PRICE	23
<b>2.24. METODOS SISMICOS</b>	23
<b>2.25. METODOS ELÉCTRICOS</b>	23
<b>2.26. CURVA GRANULOMÉTRICA</b>	23
<b>2.27. CLASIFICACION GEOMECANICA DE ROCA</b>	24
2.27.1. CLASIFICACION GEOMECANICA	24
2.27.2. CRITERIOS DE EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENAWSKY	25
<b>2.28. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD</b>	28
2.28.1. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD TIPO LE-FRANC	29
2.28.2. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD TIPO LUGEÓN	30
<b>CAPITULO III</b>	
<b>CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN</b>	<b>31</b>
3.1. GENERALIDADES	31
3.2. ASPECTOS GENERALES	32
3.2.1. UBICACIÓN	32
3.2.2. VÍAS DE ACCESO	32
<b>3.3. CLIMA Y VEGETACIÓN</b>	<b>33</b>
3.3.1. CLIMA	33
3.3.2. VIENTO	33



3.3.3.	TEMPERATURA	34
3.3.4.	CALIDAD DE AGUA EN EL ÁREA DEL PROYECTO	34
<b>3.4.</b>	<b>HIDROLOGÍA</b>	34
3.4.1.	DESCRIPCIÓN HIDROLÓGICA	34
3.4.2.	CUENCA ANCASCOCHA	34
3.4.3.	BALANCE HÍDRICO	36
<b>3.5.</b>	<b>GEOLOGÍA REGIONAL</b>	38
3.5.1.	LITOESTRATIGRAFIA – ERA CENOZOICO	38
3.5.2.	NEOGENO	39
3.5.3.	CUATERNARIO	39
3.5.4.	GEOMORFOLOGÍA REGIONAL	41
3.5.4.1.	GEOMORFOGÉNESIS	41
3.5.4.2.	HISTORIA ACERCA DE LA EVOLUCIÓN DEL RELIEVE	41
3.5.4.3.	FISIOGRAFÍA	42
<b>3.5.5.</b>	<b>ESTRUCTURAS DE DEFORMACIÓN</b>	43
<b>3.5.6.</b>	<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	44
3.5.6.1.	ACUÍFEROS FISURADOS	44
3.5.6.2.	ACUÍFEROS POROSOS NO CONSOLIDADOS	44
<b>3.5.7.</b>	<b>GEODINÁMICA EXTERNA</b>	45
3.5.7.1.	DESLIZAMIENTO Y DERRUMBES DE ROCA	45
3.5.7.2.	ALUVIONES	45
3.5.7.3.	PROCESOS DE GEODINÁMICA EXTERNA	45
<b>3.6.</b>	<b>GEOLOGÍA LOCAL AREA DEL EMBALSE</b>	46
3.6.1.	LITOESTRATIGRAFIA	46
3.6.2.	CENOZOICO - GRUPO TACAZA	46
3.6.2.1.	MIEMBRO INFERIOR, (PN-ta/av)	46
3.6.2.2.	MIEMBRO SEGUNDO, (PN-ta/ig)	47
3.6.2.3.	MIEMBRO TERCERO, (PN-ta/tan)	47
3.6.2.4.	MIEMBRO SUPERIOR, (PN-ta/a)	47
3.6.2.5.	INDIVISO (NM-and)	47
3.6.2.6.	CUATERNARIO	47
a.	DEPOSITO ELUVIAL (qh-el)	48
b.	DEPOSITO DELUVIAL COLUVIAL (qh-dcl)	48
c.	DEPOSITO DELUVIAL (qh-dl)	48
d.	DEPOSITO ALUVIAL (qh-al)	48
e.	DEPOSITO FLUVIAL (qh-fl)	49
f.	DEPOSITO PROLUVIAL (qh-pl)	49
g.	DEPOSITO ANTRÓPICO (qh-an)	49
<b>3.6.3.</b>	<b>GEOMORFOLOGÍA LOCAL</b>	49
3.6.3.1.	CERROS Y COLINAS	50
3.6.4.	ESTRUCTURAS DE DEFORMACIÓN	50
3.6.4.1.	FALLAS Y/O FISURAS	50
<b>3.6.5.</b>	<b>HIDROGEOLOGÍA</b>	51

<b>3.6.5.1. ACUÍFEROS FISURADOS Y POROSOS</b>	51
<b>3.6.5.2. LOS ACUÍFEROS POROSOS NO CONSOLIDADOS</b>	52
<b>3.6.6. GEODINÁMICA EXTERNA</b>	52
<b>3.6.6.1. DERRUMBES, Y AVALANCHAS DE ROCAS</b>	52
<b>3.7. GEOLOGÍA DEL SITIO DE LA PRESA</b>	54
3.7.1. LITOESTRATIGRAFIA	54
3.7.2. CENOZOICO	55
3.7.2.1. GRUPO TACAZA (PN-ta/ig)	55
3.7.2.2. GRUPO TACAZA (PN-ta/a)	55
<b>3.7.3. CUATERNARIO</b>	56
3.7.3.1. DEPOSITO DELUVIAL (Qh-dl)	56
3.7.3.2. DEPÓSITO ALUVIAL (Qh – al)	56
3.7.4. ESTRUCTURAS DE DEFORMACIÓN	56
3.7.4.1. ESTRUCTURAS MAYORES DE FALLA	56
3.7.4.2. LINEAMIENTO DE DEFORMACIÓN	57
3.7.5. HIDROGEOLOGÍA	58
3.7.6. GEODINÁMICA EXTERNA	59
<b>3.8. GEOLOGIA DEL ÁREA DE MATERIALES</b>	59
3.8.1. AGREGADOS PARA LA PRESA	59
3.8.1.1. CANTERA CHAMCHAIRO	59
3.8.1.2. CANTERA TOROPAMPA	60
<b>CAPITULO IV</b>	
<b>ANÁLISIS Y EXPOSICIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>62</b>
<b>4.1. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES DEL VASO Y EJE DE PRESA</b>	62
4.1.1. METODOLOGÍA	64
<b>4.2. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS REALIZADAS</b>	64
<b>4.3. TRABAJOS REALIZADOS</b>	65
4.3.1. TRABAJOS DE PERFORACION DIAMANTINA	65
4.3.1.1. UBICACIÓN DE PERFORACIONES DIAMANTINA REALIZADAS	65
<b>4.4. APRECIACIONES GEOTECNICAS PARA EL TIPO DE PRESA</b>	66
4.4.1. GENERALIDADES	66
4.4.1.1. CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE PRESA	66
4.4.1.2. PRESAS DE ENROCADO CON MEMBRANA IMPERMEABLE (CFRD)	67
<b>4.5. DESCRIPCION GEOTECNICO DEL SUBSUELO DE CIMENTACION DE LA PRESA ANCASCOCHA</b>	68
4.5.1. EVALUACION DEL ESTRIBO IZQUIERDO (ZONA EJE DE PRESA)	69



4.5.1.1. EVALUACION DE LOS PERFILES ESTRATIGRAFICOS (ESTRIBO IZQUIERDO)	69
4.5.1.2. CARACTERISTICAS FISICO – MECANICAS (ESTRIBO IZQUIERDO)	70
4.5.1.3. CLASIFICACION GEO- MECANICAS DE BIENAWSKI (ESTRIBO IZQUIERDO)	70
4.5.1.4. EVALUACION DE LAS PERFORACIONES DIAMANTINAS DEL ESTRIBO IZQUIERDO	71
4.5.1.5. EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS GEOFISICAS.	71
4.5.1.6. CARACTERISTICAS DE LA PERMEABILIDAD (ESTRIBO IZQUIERDO)	72
<b>4.5.2. EVALUACION DEL ESTRIBO DERECHO (AGUAS ABAJO – EJE DE PRESA)</b>	<b>72</b>
4.5.2.1. EVALUACIÓN DE LOS PERFILES ESTRATIGRÁFICOS (ESTRIBO DERECHO)	73
4.5.2.2. EVALUACIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL ESTRIBO DERECHO	73
4.5.2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS (ESTRIBO DERECHO)	73
4.5.2.4. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DEL ESTRIBO DERECHO	74
4.5.2.5. CLASIFICACIÓN GEOMECANICA DE BIENAWSKI	74
4.5.2.6. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEO – MECÁNICAS DEL ESTRIBO DERECHO	75
4.5.2.7. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEO – FÍSICAS DEL ESTRIBO DERECHO	76
<b>4.5.3. EVALUACION DEL CAUSE DEL RIO (ZONA EJE DE PRESA)</b>	<b>76</b>
4.5.3.1. EVALUACION DE LOS PERFILES ESTRATIGRÁFICOS (CAUCE DEL RIO)	76
4.5.3.2. EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS ESTARTIGRAFICOS (CAUCE DEL RIO)	77
4.5.3.3. CARACTERISTICAS FISICO – MECANICAS (CAUCE DEL RIO)	77
.	
4.5.3.4. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DEL CAUCE DE RIO	77
4.5.3.5. CLASIFICACIÓN GEOMECANICA DE BIENAWSKI	78
4.5.3.6. CARACTERÍSTICAS DE PERMEABILIDAD (CAUCE DEL RIO)	79
.	
<b>4.6. EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CIMENTACIÓN DE LA PRESA ANCASCOCHA.</b>	<b>80</b>
4.6.1. DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA.	81
4.6.2. EVALUACIÓN DE LOS DATOS GEOTÉCNICOS PARA LOS CÁLCULOS DE INGENIERÍA DE LA PRESA ANCASCOCHA.	82

<b>4.7. CONDICIONES HIDRÁULICAS DEL SUBSUELO DE CIMENTACIÓN DE LA PRESA ANCASCOCHA</b>	84
<b>4.8. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS DEL SUBSUELOS DE CIMENTACIÓN DE LA PRESA ANCASCOCHA.</b>	86
<b>4.9. CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR FALLA EN SUELOS DÉBILES SATURADOS</b>	86
<b>4.10. SOLICITACIÓN DE ESFUERZOS DE LA PRESA SOBRE LA CIMENTACIÓN</b>	87
<b>4.11. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA CIMENTACIÓN CON RESPECTO A LA PRESIÓN DE SOLICITACIÓN</b>	88
<b>4.12. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN</b>	88
4.12.1. INTRODUCCIÓN	88
4.12.2. INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN	89
4.12.2.1. PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN	89
4.12.2.2. NÚMERO DE LÍNEAS	90
a. ETAPAS DE INYECCIÓN	90
b. Equipos	90
4.12.2.3. MÉTODOS DE INYECCIÓN	91
<b>4.13. TRATAMIENTO GEOTECNICO PLINTO Y VASO</b>	95
<b>4.14. TRATAMIENTO GEOTECNICO DEL EMBALSE</b>	96
<b>4.14.1. ZONA 1</b>	97
4.14.1.1. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS	97
4.14.1.2. MOVIMIENTO DE MATERIAL	97
4.14.1.3. TRATAMIENTO GEOTECNICO	98
<b>4.14.2. ZONA 2</b>	99
4.14.2.1. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS	99
4.14.2.2. MOVIMIENTO DE MATERIAL	100
4.14.2.3. TRATAMIENTO GEOTECNICO	100
<b>4.14.3. ZONA 3</b>	102
4.14.3.1. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS	102
4.14.3.2. MOVIMIENTO DE MATERIAL	102
4.14.3.3. TRATAMIENTO GEOTECNICO	103
<b>4.14.4. ZONA 4</b>	104
4.14.4.1. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS	104
4.14.4.2. MOVIMIENTO DE MATERIAL	105
4.14.4.3. TRATAMIENTO GEOTECNICO	105
<b>4.14.5. ZONA 5</b>	106
4.14.5.1. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS	106
4.14.5.2. MOVIMIENTO DE MATERIAL	106
4.14.5.3. TRATAMIENTO GEOTECNICO	107
<b>4.14.6. ZONA 6</b>	108
4.14.6.1. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS	109
4.14.6.2. MOVIMIENTO DE MATERIAL	109

4.14.6.3. TRATAMIENTO GEOTECNICO	109
<b>4.14.7. ZONA 7</b>	111
4.14.7.1. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS	112
4.14.7.2. MOVIMIENTO DE MATERIAL	112
4.14.7.3. TRATAMIENTO GEOTECNICO	112
<b>4.15. ESTUDIOS REALIZADOS EN CANTERAS</b>	113
4.15.1. TRABAJOS DE CAMPO	114
4.15.2. ESTUDIO DE CANTERAS	114
4.15.2.1. Objetivos	114
<b>4.15.3. CANTERA DE AGREGADOS</b>	114
4.15.3.1. Ubicación	114
4.15.3.2. Accesibilidad	115
4.15.3.3. Descripción	115
4.15.3.4. Periodo y modo de explotación	115
<b>4.15.4. CANTERA DE ROCA</b>	118
4.15.4.1. Ubicación	118
4.15.4.2. Accesibilidad	118
4.15.4.3. Descripción	119
4.15.4.4. Periodo y modo de explotación	119
4.15.4.5. Resultados de ensayo de roca	120
<b>4.15.5. FUENTE DE AGUA</b>	121
<b>4.15.6. UBICACIÓN</b>	121
<b>4.16. CARACTERÍSTICA FINAL DE LA PRESA</b>	121
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>122</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍAS</b>	<b>125</b>
<b>ANEXOS:</b>	

**LISTA DE CUADROS**

<b>N° CUADRO</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>Pág.</b>
CUADRO N°1:	LA ROCA SE CLASIFICA EN LAS SIGUIENTES CLASES	26
CUADRO N°2:	UBICACIÓN GEOGRÁFICA.	32
CUADRO N°3:	UBICACIÓN POLÍTICA	32
CUADRO N°4:	PRINCIPALES VIAS DE ACCESO AL PROYECTO PRESA ANCASCOCHA	33
CUADRO N°5:	UNIDADES HIDROGRAFICAS	34
CUADRO N°6:	PARÁMETROS DE FORMA	35
CUADRO N°7:	PARÁMETROS DE RELIEVE	35
CUADRO N°8:	PARÁMETROS DE LA RED DE DRENAJE	35
CUADRO N°9:	TIEMPO DE CONCENTRACIÓN	36
CUADRO N°10:	RESULTADO DE LA OPERACIÓN DE EMBALSE ANCASCOCHA – BALANCE HÍDRICO	37
CUADRO N°11:	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA REGIÓN QUE COMPRENDE AL ÁREA DEL PROYECTO	40
CUADRO N°12:	COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL ÁREA DE EMBALSE – PRESA PROYECTADA ANCASCOCHA	49
CUADRO N°13:	GEODINÁMICA EXTERNA	54
CUADRO N°14:	GEODINÁMICA EXTERNA	59
CUADRO N°15:	RESUMEN DE CANTERAS PRESA PROYECTADA ANCASCOCHA	61
CUADRO N°16:	RESUMEN DE ENSAYOS REALIZADOS	65
CUADRO N°17:	UBICACIÓN DE PUNTOS DE PERFORACIÓN.	66
CUADRO N°18:	RESUMEN DE PERFORACIONES	66
CUADRO N°19:	CLASIFICACIÓN GEOMECANCIA PPA-05	71
CUADRO N°20:	PERMEABILIDAD (ESTRIBO IZQUIERDO) SONDAJE PPA-05.	72
CUADRO N°21:	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS (ESTRIBO DERECHO)	74
CUADRO N°22:	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA (ESTRIBO DERECHO) PPA-04	75
CUADRO N°23:	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS DE ROCAS (CAUCE DEL RIO)	77
CUADRO N°24:	CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS (CAUCE DEL RIO)	78
CUADRO N°25:	CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA (CAUSE DE RIO)	78
CUADRO N°26:	CARACTERÍSTICAS DE PERMEABILIDAD	80
CUADRO N°27:	RESUMEN CIMENTACIÓN DE LA PRESA DE ANCASCOCHA.	82
CUADRO N°28:	ENSAYOS DE LABORATORIO MUESTRAS DE LA PERFORACIÓN DIAMANTINA	82

CUADRO N°29: ENSAYOS DE MUESTRAS DE CALICATAS DEL VASO DE LA PRESA ANCASCOCHA	83
CUADRO N°30: ENSAYO DE MUESTRAS DE CALICATAS DEL VASO DE LA PRESA	83
CUADRO N°31: ENSAYO DE MUESTRAS DE CALICATAS DEL VASO DE LA PRESA	83
CUADRO N°32: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SONDEO PPA-01, ENSAYO LEFRANC	84
CUADRO N°33: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SONDEO PPA-02, ENSAYO LEFRANC	84
CUADRO N°34: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SONDEO PPA-03, ENSAYO LEFRANC	84
CUADRO N°35: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SONDEO PPA-04, ENSAYO LEFRANC	85
CUADRO N°36: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SONDEO PPA-05, ENSAYO LEFRANC	85
CUADRO N°37: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SONDEO PPA-05, ENSAYO LUGEON	85
CUADRO N°38: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SONDEO PPA-02, ENSAYO LUGEON	85
CUADRO N°39: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SONDEO PPA-04, ENSAYO LUGEON	85
CUADRO N°40: CAPACIDAD ADMISIBLE	87
CUADRO N°41: VOLUMEN CALCULADO	116
CUADRO N°42: DOSIFICACIÓN DE AGREGADO SEGÚN DISEÑO DE MESCLA	116
CUADRO N°43: VOLUMEN CALCULADO DE CANTERA DE AGREGADOS	117
CUADRO N°44: RESUMEN DE RESULTADOS DE INALTERABILIDAD	119
CUADRO N°45: ENSAYOS DE COMPRESIÓN Y DURABILIDAD	120
CUADRO N°46: RESULTADO DE ANÁLISIS DE AGUA	121
CUADRO N°47: PRESA	121

**LISTA DE TABLAS**

<b>N° CUADRO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Pág.</b>
TABLA N°1.	CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO EN FUNCIÓN DEL R.Q.D. (DEERE 1967)	25
TABLA N°2.	GENERAL DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENAWSKI	28
TABLA N°3.	CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO CON RELACION AL INDICE RMR PROPUESTA POR BIENIAWSKI	28
TABLA N°4.	VALORES RELATIVOS DE PERMEABILIDAD. (TERZAGHI 1980)	29
TABLA N°5.	BIENAWSKI.	71
TABLA N°6.	BIENAWSKY(1976)	75
TABLA N°7.	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD DE SUELOS	76
TABLA N°8.	BIENAWSKY (1989)	79
TABLA N°9.	VALORES RELATIVOS DE PERMEABILIDAD. TERZAGHI	80



**LISTA DE FIGURAS**

<b>N° CUADRO</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Pág.</b>
FIGURA N° 1:	FALLAS INFERIDAS LONGITUDINALES	57
FIGURA N° 2:	CONCENTRACIONES DE ESTRIBO IZQUIERDO – ROCA ANDESITA	58
FIGURA N° 3:	CANTERA DE ROCAS EN TOTORAPAMPA	61
FIGURA N° 4:	SECCIÓN TÍPICA DE UNA PRESA CFRD	68
FIGURA N° 5:	UBICACIÓN DE SONDAJES DE PERFORACIÓN	69
FIGURA N° 6:	EN LA VISTA SE OBSERVA ELMESCLADOR Y AGITADOR	91
FIGURA N° 7:	LOGAC (EQUIPO DE REGISTRO ELECTRÓNICO)	91
FIGURA N° 8:	CURVA LIMITE	93
FIGURA N° 9:	TRATAMIENTO GEOTÉCNICO PARA IMPERMEABILIZAR Y ESTABILIZAR LAS DIFERENTES ZONAS.	96
FIGURA N° 10:	QUEBRADA YURACCRUZ.	98
FIGURA N° 11:	ZONA DE TRATAMIENTO GEOTECNICO	100
FIGURA N° 12:	RECUBRIMIENTO GALMAC	101
FIGURA N° 13:	ZONA DE TRATAMIENTO GEOTECNICO	103
FIGURA N° 14:	ZONA DE TRATAMIENTO GEOTECNICO	105
FIGURA N° 15:	TRATAMIENTO GEOTÉCNICO DE LA ZONA 5	107
FIGURA N° 16:	RECUBRIMIENTO GALMAC	108
FIGURA N° 17:	CENTRO DEL EJE DE LA PRESA	108
FIGURA N° 18:	RECUBRIMIENTO GALMAC	111
FIGURA N° 19:	ZONA IZQUIERDA DE LA PRESA	111
FIGURA N° 20:	RECUBRIMIENTO GALMAC	113
FIGURA N° 21:	UBICACIÓN DE CANTERAS	117
FIGURA N° 22:	SE OBSERVA LA CANTERA DE ROCAS TOTORAPAMPA	118
FIGURA N° 23:	ACCESO A CANTERA DE ROCAS	120
FIGURA N° 24:	FUENTE DE AGUA	121

### LISTA DE SIMBOLOGIAS Y SIGLAS

<b>%</b>	: PORCENTAJE.
<b>∅</b>	: ANGULO DE FRICCION INTERNA
<b>AASHTO</b>	: AMERICAN ASSOCIATION. OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS
<b>B</b>	: ANCHO DE PRESA DE LA CORONA.
<b>C</b>	: COHESION
<b>CFRD</b>	: CONCRETE FACED ROCKFILL DAN.
<b>Cm</b>	: CENTÍMETRO.
<b>Cm/s</b>	: CENTÍMETRO POR SEGUNDO.
<b>D</b>	: PROFUNDIDAD DE DESPLANTE.
<b>EPP</b>	: EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAS.
<b>FS</b>	: FACTOR DE SEGURIDAD
<b>Gm</b>	: GRAVA LIMOSA.
<b>Gp</b>	: GRAVA POBREMENTE GRADUADA.
<b>Gps</b>	: SISTEMA DE POSICION GLOBAL.
<b>Hm<sup>3</sup></b>	: HECTÓMETRO CUBICO.
<b>HQ</b>	: DIÁMETRO DE TESTIGO, 63.4MM.
<b>J1, J2, J3</b>	: SISTEMA DE JUNTAS.
<b>Kg/cm<sup>2</sup></b>	: KILOGRAMO POR CENTÍMETRO CUADRADO.
<b>Km</b>	: KILOMETRO.
<b>Kn/m<sup>2</sup></b>	: KILONEWTON POR METRO CUADRADO.
<b>l/s</b>	: LITRO POR SEGUNDO.
<b>m</b>	: METRO.
<b>m<sup>2</sup></b>	: METRO CUADRADO.
<b>m<sup>3</sup></b>	: METRO CUBICO.
<b>m<sup>3</sup>/s</b>	: METROS CUBICO POR SEGUNDO.
<b>mm</b>	: MILÍMETRO.
<b>MMC</b>	: MILLONES DE METROS CÚBICOS.
<b>Mpa</b>	: MEGA PASCALES
<b>Mpa</b>	: MEGAPASCA.
<b>MR</b>	: MECANICA DE ROCA
<b>Msnm</b>	: METROS SOBRE EL NIVEL DEL MAR.

<b>MTC</b>	: MINISTERIO DE TRANSPORTES.
<b>N – S</b>	: NORTE – SUR
<b>NAME</b>	: NIVEL DE AGUA MÁXIMO EXTRAORDINARIO.
<b>NAMI.</b>	: NIVEL DE AGUAS MÍNIMAS.
<b>NAMINO</b>	: NIVEL DE AGUAS MININAS DE OPERACIÓN.
<b>NAMO</b>	: NIVEL DE AGUA MÁXIMO ORDINARIO.
<b>NI-an</b>	: FORMACION ANISO.
<b>NQ-ba</b>	: GRUPO BARROS
<b>NS-an</b>	: FORMACION ANDAMARCA
<b>P</b>	: PRESIÓN.
<b>p.e.</b>	: PESO ESPECIFICO.
<b>Pgn-ta</b>	: GRUPO TACAZA
<b>Pg-pa</b>	: FORMACION PARA
<b>PPA</b>	: PERFORACIÓN, PROYECTO ANCASCOCHA.
<b>Pvc</b>	: POLICLORURO DE VINILO.
<b>Qadm</b>	: CARGA ADMISIBLE kg/cm <sup>2</sup>
<b>qu</b>	: RESISTENCIA EN kg/cm <sup>2</sup>
<b>RMR</b>	: SISTEMA DE VALORACIÓN DEL MACIZO ROCOSA
<b>Rpm</b>	: REVOLUCIONES POR MINUTO.
<b>RQD</b>	: ÍNDICE DE CALIDAD DE ROCA
<b>RS</b>	: REFRACCIÓN SÍSMICA.
<b>SEV</b>	: SONDAJE ELÉCTRICO VERTICAL.
<b>SM</b>	: ARENA LIMOSA (SUCS).
<b>SUCS</b>	: SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELO UNIFICADO.
<b>T</b>	: TIEMPO.

## RESUMEN

El presente trabajo denominado “**Evaluación geológica y geotécnica para la ampliación de la presa Ancascocha se ubica en la cuenca de Yauca. Ayacucho – Arequipa**” el objetivo determinar las características geológicas y geotécnicas de la zona de evaluación, determinar las características geológicas y geomecánicas del terreno de fundación y área de embalse para la ampliación de la presa ANCASCOCHA.

La metodología a seguir será el método descriptivo y analítico: se realizó revisión bibliográfica relacionada al tema de investigación, la etapa de inspección y visita técnica al área de estudio del proyecto Presa Ancascocha, y el levantamiento topográfico. Además el mapeo de campo a lo largo del eje de la presa en las zonas de interés, para la ubicación de perforaciones diamantinas, ubicación de calicatas para y el muestreo de suelos. Perforación diamantina en los márgenes de eje de la presa. Mapeos geológicos, geomorfológicos estructural y geotécnico y análisis de laboratorio de mecánica de suelos y roca.

Conforme a los resultados de las perforaciones diamantina ubicados en el área del eje de la presa, los valores del RMR corresponden en su mayor parte a materiales de clase III IV y hasta V, es decir roca de Clase Regular Mala a Muy Mala, que pertenecen a la categoría de suelos; dichas clasificaciones mejoran parcialmente a mayores profundidades fuera del área de influencia (mayores a 56.00 m de profundidad). habiéndose encontrado primeramente en los estratos superiores (de 0 a 30 m de profundidad promedio), valores que van desde los (PPA-01  $1.20 \times 10^{-3}$  hasta los  $3.51 \times 10^{-5}$ ), (PPA-02  $1.55 \times 10^{-4}$  hasta los  $4.31 \times 10^{-4}$ ), (PPA-04  $1.12 \times 10^{-3}$  hasta los  $7.04 \times 10^{-5}$ ), (PPA-05  $1.12 \times 10^{-3}$  hasta los  $9.68 \times 10^{-4}$ ), (PPA-06  $1.11 \times 10^{-3}$  hasta los  $9.50 \times 10^{-5}$ ), cm/seg, clasificando a esos estratos como permeables a poco permeables.

**Palabras clave:** Ensayos de laboratorio, perforación diamantina, capacidad portante, ángulo de fricción, prospección geofísica, permeabilidad.

## ABSTRACT

It this work called "evaluation geological and geotechnical for the enlargement of the dam Ancascocha is located in the basin of Yauca." Ayacucho – Arequipa "the objective to determine characteristics of geological and geotechnical assessment area, to determine the geological and geomechanical characteristics of the land area of reservoir for the expansion of the ANCASCOCHA dam and Foundation.

The methodology to be followed will be the descriptive and analytical method: review of the literature related to the subject of research, the stage of inspection and technical visit to the dam Ancascocha project study area, and the topographic survey was carried out. The mapping of the field along the axis of the dam in areas of interest to the location of diamond drilling, location of pits in addition to and soil sampling. Drilling diamond in the margins of axis of the dam. Mapping geological, geomorphological structural and geotechnical and analysis of laboratory of mechanics of soil and rock.

According to them results of them perforations diamond located in the area of the axis of the dam, them values of the RMR correspond in its greater part to materials of class III IV and until V, i.e. Rock of class Regular bad to very bad, that belong to the category of soils; these rankings improve partially at greater depth outside of the area of influence (greater than 56.00 m depth). having first found in the upper layers (from 0 to 30 m of average depth), values ranging from the (PPA - 01  $1.20 \times 10^{-3}$  until the  $3.51 \times 10^{-5}$ ), (PPA - 02  $1.55 \times 10^{-4}$  to the  $4.31 \times 10^{-4}$ ), (PPA - 04  $1.12 \times 10^{-3}$  to the  $7.04 \times 10^{-5}$ ), (PPA - 05  $1.12 \times 10^{-3}$  until the  $9.68 \times 10^{-4}$ ), (PPA - 06  $1.11 \times 10^{-3}$  to the  $9.50 \times 10^{-5}$ ). , cm / sec, classifying to those layers as permeable to some permeable

Key words: tests of laboratory, diamond drilling, bearing capacity, angle of friction, geophysical prospecting, permeability.

## CAPITULO I

### INTRODUCCION.

El presente trabajo de investigación de geología y geotécnica corresponde al proyecto de ampliación de la presa ANCASCOCHA. En el que se ha desarrollado dentro de los lineamientos que establecen la institución programada de riego y drenaje, PRIDER. El área de estudio abarca toda la presa de ANCASCOCHA y parte de la línea de conducción, todo esto está ubicado en la CUENCA DE YAUCA del distrito de CORACORA provincia de PARINACOCHAS del departamento de Ayacucho. Y distrito de YAUCA provincia de CARAVELI departamento de AREQUIPA.

Por la necesidad de disponer de una buena infraestructura básica de riego en la cuenca de YAUCA de los departamentos de Ayacucho – Arequipa, se realizó trabajos de campo con el propósito de caracterizar el suelo de fundación, donde se proyecta la ampliación del cuerpo de la presa, para plantear tratamientos adecuados o necesarios con el objetivo de asegurar la infraestructura, de posibles daños a la infraestructura de riego en los problemas geotécnicos. A través de los gobiernos regionales Ayacucho – Arequipa han previsto por conveniente la ampliación de la presa ANCASCOCHA, para mejorar la producción agrícola de igual manera para la población.

Las presas de tierra son obras de infraestructura hidráulica, de mucha responsabilidad así mismo involucra la participación de diferentes especialistas en el área de geotecnia, hidráulica, estructuras, topografía, impacto ambiental, etc. Siendo su proceso constructivo complicado ya que almacenara 87 millones de metros cúbicos de agua.



El estudio geológico geotécnico juega un papel muy importante desde el punto de vista de la estabilidad global de la presa de tierra, como es la capacidad portante de suelo, estabilidad de talud, diseño propio de la presa tomando en cuenta los parámetros del suelo como son la cohesión, Angulo de fricción interna el peso específico y básicamente la permeabilidad debajo del nivel de desplante de la cimentación y en el cuerpo de la presa. La presa de tierra que se pretende analizar en este trabajo involucra la alguna ANCASCOCHA, que se encuentra ubicado en los departamentos de Ayacucho – Arequipa. Se hizo el análisis de los suelos del cuerpo de la presa.

Un estudio geológico geotécnico detallado es el primer paso para la buena construcción de una presa nos determinara el control de calidad de los agregados y materiales de cantera, que serán usados para conformación de cuerpo de presa en la CUENCA DE YAUCA.

En la zona del proyecto la topografía es muy accidentada y hay presencia de lagunas, las cuales ofrecen abundantes recursos hídricos. Que pueden ser aprovechados para el beneficio de las comunidades aledañas, a través del sistema de riego, para la cual es necesario la caracterización geotécnica de la zona de ampliación de la infraestructura.

El estudio geológico geotécnico es el primer peldaño para la evaluación detallada para la buena construcción de la presa de tierra la cual nos determina el control de calidad de los agregados y materiales de cantera.

Estos estudios nos determina si la presa es capaz de almacenar grandes volúmenes de agua o por lo contrario las pérdidas de agua, debido a las filtraciones o presencia de algunas fallas que pueden existir en el vaso donde se embalsara agua, un estudio detallado geológico y geotécnico es el primer paso para la buena construcción de presa.

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.**

La exhaustiva actividad de programas de prospección, exploración encaminadas a descubrir fuentes de recursos nos lleva a desarrollar nuevas y mejores técnicas de prospección usando métodos directos e indirectos y por ende la posibilidad de poder establecer modelos geológicos, que son de suma

importancia en una etapa de exploración geológica para la ampliación de PRESA ANCASCOCHA.

En las regiones de Ayacucho – Arequipa debido a la escasa disponibilidad de recursos hídricos para el sistema de riego que no satisface la demanda del agua para los cultivos. Esto a causa de la insuficiente infraestructura de represas de tierra. Genera una mala rentabilidad y competitividad de construcción de represas.

Además, se tiene la deficiente gestión de construcción de represas de tierra, por parte de los usuarios, a causa de una débil organización e insuficientes elementos que fortifiquen la correcta operación y mantenimiento de las infraestructuras de presas, aunado el manejo inadecuado de caracterización geotécnica de la presa a causa de las deficientes prácticas culturales, especialmente la baja eficiencia de construcción de presas. Pase a toda esta coyuntura adversa, los pobladores de las regiones Ayacucho- Arequipa trata de encontrar mejores rendimientos a su producción y productividad agrícola mediante la optimización del recurso hídrico y suelo a través de adecuadas infraestructuras de cuerpo de presa para mejorar su condición y nivel de vida. Además en la región de Ayacucho cuenta con una deficiencia en la construcciones de presa como en la región Arequipa.

- **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿Qué características geológicas – geotécnicas tienen los materiales para la ampliación de la presa ANCASCOCHA?.

## **1.2. ANTECEDENTES.**

El año de 1889 agricultores privados del valle de Yauca (distrito de la provincia de Caravelí-Arequipa), dedicados al cultivo de olivo y vid principalmente, ejecutaron en la laguna Ancascocha, una presa de mampostería con calicanto y una altura de 3.0 m, el fin de la misma fue almacenar y regular las descargas de la laguna Ancascocha, para mejorar el riego de sus cultivos permanentes (olivos) establecidos en el valle Yauca.

En 1945 esta misma presa fue sobre-elevada hasta alcanzar una altura de 7.50 m, en esta etapa se utilizaron los mismos materiales de los primeros 3 m. El

propósito fue incrementar la disponibilidad de agua para el riego del valle de Yauca..

En 1976, el Ministerio de Agricultura, a través del Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones planteó la construcción de un nuevo embalse con el propósito de Irrigar el área agrícola de Coracora, Chumpi y afianzar el riego de Chaviña y Yauca. El proyecto propuesto incluía una nueva presa cuya capacidad de almacenamiento se calculó sería de 86.21 MMC, de acuerdo al nivel del túnel de descarga ya construido, el volumen útil del embalse sería 68.49 MMC. Las obras conexas incluye: Ataguía, Túnel de descarga, Aliviadero de excedencias, un dique secundario y la estructura de distribución), así como la construcción de un canal de unos 50 km de longitud para el riego de las tierras potencialmente regables en los distritos de Coracora y Chumpi.

El 12 de enero de 1984 se dio inicio a la construcción de la presa; el 07 de junio de 1986, cuando se había realizado parte de las inyecciones en la cimentación del cuerpo de presa, al sobre elevarse 9,00 m el nivel del agua, surgieron filtraciones en el flanco izquierdo (de la ataguía hacia aguas abajo), 300 m de longitud, 80 l/s. Al elevarse 0,57 m más el nivel del agua, las filtraciones aumentaron a 128 l/s, en los días siguientes estas filtraciones se elevaron hasta 1 229 l/s. En base a perforaciones posteriores se estimó que debido a la alta permeabilidad del estribo izquierdo, con embalse lleno las filtraciones serían del orden de 4 m<sup>3</sup>/s, anulando la efectividad del embalse. Por las razones expuestas se suspendió la ejecución de la obra, cuando ya se había concluido gran parte de las obras conexas de la presa, manteniéndose así hasta el presente

En 1990, el ex-Proyecto Especial de Pequeñas y Medianas Irrigaciones-PEPMI- del Ministerio de Agricultura, en atención a la persistente demanda de agua para riego de las tierras de cultivo y uso domiciliario de la población de Coracora y Chumpi de la provincia de Parinacochas (Región Ayacucho), sobre elevó 5 metros la presa que existía, incluyendo trabajos de reforzamiento de la obra existente y la construcción de un nuevo cuerpo y 12 columnas de concreto armado. Alcanzando los 13.12 m de altura (Corona 3415,24 msnm) y una capacidad útil de 22 Hm<sup>3</sup>. Así mismo se construyó los primeros 16,65 Km de los 42,5 Km.

Posteriormente gracias al Gobierno Regional de Ayacucho, el empeño y entusiasmo de los agricultores de Coracora y Chumpi, el apoyo municipal y de diferentes instituciones, se ha continuado la ejecución del canal principal, el mismo que a la fecha llega hasta Chumpi (42,5 km de longitud).

Con posterioridad a la terminación de los trabajos de sobre elevación se ha evidenciado que, por debajo de la base de esta presa, debido a la alta permeabilidad del suelo, se produce una alta filtración que se manifiesta con la presencia permanente de una laguna aguas debajo de la presa. Agua que drena subterráneamente a través de fisuras y canales preferenciales que dan lugar a la formación de humedales y lagunitas 500 m aguas abajo.

No obstante que, desde la conclusión de la última sobre elevación de la presa, esta presta servicios de regulación de unos 22 Hm<sup>3</sup> útiles, estructuralmente la presa se encuentra bastante deteriorada (Filtraciones elevadas a través del cuerpo de la presa de concreto, erosión severa del piso de cierre de compuertas de descarga y mecanismos de compuerta muy deteriorados, provocando fuertes pérdidas de agua y costos elevados de mantenimiento y reparación. En general es una obra muy deteriorada.

### **Alternativas estudiadas**

Como parte del presente estudio se han analizado las 4 alternativas a las cuales se refieren los términos de referencia, más otras tres alternativas que se proponen como resultado del presente estudio.

Alternativas estudiadas:

- 1) Sobre elevar de cuerpo de concreto de la presa actual, para una capacidad útil de 35 MMC
- 2) Demoler la presa actual y construir una nueva presa de concreto más alta, sobre el mismo eje, para una capacidad útil de 35 MMC.
- 3) Manteniendo la presa actual, bajar 11 metros el nivel de captación y así aprovechar parte del volumen muerto para incrementar el volumen útil a 35 MMC
- 4) Sobre-elevación de la presa actual, construyendo un espaldón de tierra aguas arriba, para una capacidad útil de 35 MMC.
- 5) Construir una nueva presa de concreto, ubicada inmediatamente aguas abajo de la actual, con una capacidad útil de 35 MMC.

5a) Construir una nueva presa de concreto, ubicada inmediatamente aguas abajo de la actual, con una capacidad útil de 50 MMC.

6) Ampliación de la presa de tierra Ancascocha - Chumpi, ubicada aproximadamente 500 m aguas debajo de la presa actual, con una capacidad útil de 60 MMC.

ALTERNATIVA 6 “AMPLIACIÓN DE LA PRESA DE TIERRA ANCASCOCHA-CHUMPI, UBICADA APROXIMADAMENTE 500 M AGUAS DEBAJO DE LA PRESA ACTUAL, CON UNA CAPACIDAD ÚTIL DE 70 MMC”

Esta alternativa no fue considerada, sin embargo, puesto que 35 MMC era insuficiente para atender la demanda de agua para riego de los sectores Coracora, Chumpi y Chaviña, en esta oportunidad se analizó la posibilidad de concluir la presa de tierra Ancascocha Chumpi ubicada 500 m aguas debajo de la actual presa, la misma que en 1986 se interrumpió su construcción.

Esta alternativa incluye construir una presa de tierra de 40 m de altura, 195 m. de longitud de corona y 60 MMC de capacidad útil, con núcleo impermeable central protegido por filtros de material bien graduado y espaldones de enrocado, (cota de coronación 3430,60 msnm), es decir 15,46 m. más alta que la actual presa y 3,80 m. más alta que la alternativa 5a.

### 1.3. JUSTIFICACION.

La presente investigación se realiza la caracterización geológico - geotécnicas de los materiales pétreos en el que se emplazan la infraestructura de la presa ANCASCOCHA.

Se programó la ejecución de una investigación mínima para llevar a cabo los estudios geológicos-geotécnicos. Los que consistieron básicamente en investigaciones geológicas, prospección geofísica estudio de sismicidad, prospecciones directas en base a perforaciones diamantina y calicatas ensayos in-situ y especiales de laboratorio que comprendieron ensayos de mecánica de suelos, mecánica de rocas y de materiales para concreto. Los estudios esencialmente geotécnicos se centraron en la presa Ancascocha y obras conexas, en tanto que solo se desarrolló el levantamiento geológico de superficie en los canales, investigación geológica que debidamente evaluada nos permitió obtener los parámetros geotécnicos.



Se inició con la investigación geológica de la presa, concluyéndose el levantamiento del vaso y zona de la cerrada, así como el levantamiento de los canales de derivación y principales. Se incluye la preparación del plano geológico a nivel regional y local. De la misma forma los trabajos de geotecnia de realizaron paralelamente con las perforaciones diamantinas concluyendo los siete sondajes.

#### **1.4. HIPOTESIS.**

- Las características geológicas y geotécnicas de la zona de evaluación son favorables para la ampliación de la presa ANCASCOCHA.

#### **1.5. OBJETIVO.**

##### **1.5.1. OBJETIVO GENERAL.**

- Determinar las características geológicas y geotécnicas de la zona de evaluación para la ampliación de la presa ANCASCOCHA

##### **1.5.2. OBJETIVO ESPECIFICO.**

- Determinar las características geológicas y geomecánicas del terreno de fundación y área de embalse para la ampliación presa ANCASCOCHA.
- Determinar las características geomecánicas del terreno de fundación y de los materiales de cantera.

#### **1.6. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.**

La metodología a seguir será método descriptivo y analítico en la búsqueda de represamiento de los recursos hídricos, en la CUENCA DE YAUCA en los departamentos de Ayacucho – Arequipa, para fines de riego y mejoramiento económico de la población de los distritos, Chaviña, Coracora, Chumpi de la Provincia de Parinacochas Departamento de Ayacucho, y distritos de Yauca provincia de Caraveli Departamento de Arequipa.

##### **1.6.1. ETAPA DE GABINETE I.**

La metodología a aplicar para ejecutar el proyecto de investigación, revisión bibliográfica relacionada al tema de investigación. Revisión de planos topográficos, relacionado con el estudio geológico y geotécnico como son:

- Información geológica y geotécnica, para el estudio del proyecto.



- Planos existentes de la zona de investigación, regional y local.
- Preparación equipos de campo (matillo de geólogo, GPS, brújula y wincha).

### **1.6.2. ETAPA DE CAMPO I.**

Es la etapa de inspección y visita técnica al área de estudio del proyecto PRESA ANCASCOCHA, con la finalidad de realizar un reconocimiento global de las áreas de influencia según el plano existente tomando en consideración las medidas de seguridad antes y después de cada jornada con equipos de protección personal (EPP).

### **1.6.3. ETAPA DE CAMPO II**

La fase de las investigaciones de campo es como se muestra a continuación:

- El levantamiento topográfico.
- El recorrido de campo a lo largo del eje de la presa en las zonas de interés, para la ubicación de perforaciones diamantinas para su ejecución, ubicaciones de calicatas para ejecución y el muestreo de suelos.
- Perforación diamantina en los márgenes de eje de la presa.
- Mapeos geológicos, geomorfológicos estructural y geotécnico.
- Mapeo geológico superficial del afloramiento de las unidades litológicas en el emplazamiento de la presa.
- Muestreo respectivas perforaciones diamantinas envió al laboratorio respectivo para su logueo y análisis respectivo.
- Toma de muestras de las calicatas preparadas y envió de muestras al laboratorio para los ensayos respectivos.
- Identificación de las capas mediante las caracterizaciones de los estratos de sedimentos por prospección geofísica.

### **1.6.4. ANALISIS DE LABORATORIO DE MECANICA.**

Los análisis de laboratorio de geomecánica, para la ampliación de PRESA ANCASCOCHA del departamento de Ayacucho- Arequipa fueron realizados por el CONSORCIO S Y C, SAC. En base a la norma existente.

➤ Realización de ensayos de laboratorio para la determinación de propiedades de los geo- materiales componentes en la PRESA ANCASCOCHA.

➤ **Ensayos de muestras en Laboratorio de Mecánica de Suelos.**

- Granulometrías
- Límites Líquidos
- Límites plásticos
- Clasificación SUCS
- Resistencia al intemperismo del agregado grueso y fino
- Peso específico aparente de la roca de revestimiento
- Peso específico saturado superficie seca del agregado fino
- Ensayo triaxial
- Ensayos de Compresión Simple a rocas
- Ensayos Químicos a Suelos

➤ **Ensayos de muestras en Laboratorio de Mecánica de Rocas**

- Ensayos de Compresión Simple a rocas
- Ensayos de Constantes Elásticas
- Ensayos químicos del agua de los Ríos Sangarara.

#### 1.6.5. ETAPA DE GABINETE II.

- Procesamiento e interpretación de los resultados de los datos de campo.
- Con la información existente de campo y resultados obtenidos de los ensayos de mecánica de suelos y roca, y en cooperación con los registros de trabajos desarrollados, durante el proceso de investigación se realizarán los análisis de resultados y parámetros de cálculo de diseño. Para la ejecución de la PRESA ANCASCOCHA.
- Elaboración de planos, cuadros y gráficos.

#### 1.7. INSTRUMENTOS UTILIZADOS

En el presente estudio de investigación en el emplazamiento de la PRESA ANCASCOCHA se han utilizado los siguientes equipos e instrumentos.

- Martillo de geólogo.
- Brújula brunton.
- Wincha (flexometro).

- Lupa de geólogo.
- GPS (sistema de posicionamiento global).
- Estación total (para el levantamiento topográfico).
- Un GPS diferencial R 8 TRIMBLE.
- Equipos de sondaje eléctrico vertical (SEV).
- Equipos de refracción sísmica (RS).



## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2.1. PRESA DE TIERRA

En ingeniería se denomina presa o represa a un muro grueso de piedra u otro material, como hormigón; material suelto o granular, que se construye a través de un río, arroyo o canal para almacenar el agua y elevar su nivel, con el fin de regular el caudal, para su aprovechamiento en el riego de terrenos, en el abastecimiento de poblaciones o en la producción de energía mecánica. La energía mecánica puede aprovecharse directamente como en los molinos (actualmente en desuso) o de forma indirecta para producir energía eléctrica como en las centrales hidroeléctricas (SANDOVAL, E. W. 2012).

Las primeras presas construidas en la historia fueron de tierra, debido principalmente a que en su construcción se utilizan materiales naturales con mínimos procesos. Además, los requisitos de cimentación para este tipo de presa son menos rigurosos que en otros casos, por lo tanto sigue predominando el empleo de presas de tierra de embalses en gran parte porque el número de emplazamientos adecuados para estructuras de hormigón va disminuyendo, debido al gran desarrollo que han tenido los aprovechamientos hidráulicos especialmente en la regiones áridas o semiáridas, en donde es fundamental el almacenamiento del agua para regadío. Sin embargo, hoy en día los motivos principales para construir presas son concentrar el agua del río en un sitio determinado, lo que permite generar electricidad, regular el agua y dirigirla hacia canales y sistemas de abastecimiento, aumentar la profundidad de los ríos para hacerlos navegables, controlar el caudal del agua durante los períodos de

inundaciones y sequía. Una presa puede denominarse de tierra si los suelos compactados representan más del 50% del volumen colocado de tierra y se construye en suelos seleccionados cuidadosamente para la ingeniería, de compactación uniforme e intensiva en capas más o menos delgadas y con un contenido de humedad controlado. Se utilizan dos tipos de materiales muy diferentes; por un lado, piedra o grava suelta, muy estable, pero también muy permeable; por otro, arcilla, impermeable pero muy inestable. Lo esencial en este tipo de represas es lograr una buena impermeabilización, que se confía al macizo de represas en su totalidad o bien a un núcleo o espaldón de material impermeable; por lo que las presas de tierra que se han construido con éxito utilizan grava, arena, limo, polvo de roca y arcilla (DÍAZ, V.M. & MIGDELIS, C. 2009).

## **2.2. FACTOR DE SEGURIDAD**

El factor de seguridad es empleado por los ingenieros para conocer cuál es el factor de amenaza de que el talud falle en las peores condiciones de comportamiento para el cual se diseña. Fellenius 1922 (en: FROILÁN P. 2014) presentó el factor de seguridad como la relación entre la resistencia al corte real, calculada del material en el talud y los esfuerzos de corte.

Deslizamiento y estabilidad de taludes en zonas tropicales críticos que tratan de producir la falla, a lo largo de una superficie supuesta de posible falla. El factor de seguridad (FS) también puede definirse en otras maneras. En primer lugar es posible definirlo como cociente entre el valor de la cohesión o Angulo de rozamiento de talud actual estable. También es posible definirlo como el cociente entre los momentos que actúan en un talud resistente al deslizamiento y los que inducen al deslizamiento (FROILAN, P. 2014).

## **2.3. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD**

Constituyen una práctica habitual en todos los estudios de presas. Los más utilizados son los ensayos LUGEON en roca fracturada, y los ensayos LEFRANC en suelos o roca muy permeable (BRIONES, G. I. 1994), deben realizarse de forma sistemática.

## 2.4. ROTURA CIRCULAR

Se llama rotura circular a aquella en la que la superficie de deslizamiento es asimilable a una superficie cilíndrica cuya sección transversal se asemeja a un arco de círculo.

Se llama rotura planar o plana a aquella en la que el deslizamiento se produce a través de una única superficie plana. Es la más sencilla de las formas de rotura posibles y se produce cuando existe una fracturación dominante en la roca y convenientemente orientada respecto al talud, se intercala un estrato de poco espesor de material con menos resistencia (DÍAZ, V.M. & MIGDELIS, C. 2009).

## 2.5. PROCESOS DE SATURACION HINCHAMIENTO Y COLAPSO

Cuando se está construyendo una obra sobre suelos parcialmente saturados, es preciso tener en cuenta que el proceso de saturación en sí mismo puede inducir efectos más importantes que si el suelo hubiera estado saturado desde antes de construir una cimentación. Como luego se verá, la saturación implica cambios de volumen del suelo, que en determinados casos pueden ser importantes. En estas condiciones, es más perjudicial que dichos cambios tengan lugar cuando la obra ya está construida y en servicio. Los suelos granulares (gravas y arenas) apenas sufren cambios de volumen al saturarse. El problema se reduce a los suelos de grano fino (HUANCA, B. A. 1991).

**CURVA DE HINCHAMIENTO BAJO CARGA:** El proceso de saturación puede reproducirse en laboratorio utilizando el edómetro. Se ensayan para ello varias muestras, que se colocan sin variar su contenido de humedad. Se somete cada una de ellas a una carga vertical  $\sigma_v$  diferente, esperando el tiempo necesario para estabilización de las deformaciones. A continuación se saturan, inundando las muestras completamente y se mide la evolución de las deformaciones verticales. El valor final de la deformación unitaria,  $\Delta V/V$  de cada muestra, en función de la tensión vertical previa aplicada, constituye la curva de hinchamiento bajo carga. El hinchamiento disminuye con la presión, y a partir de un cierto valor crítico se produce disminución de volumen (colapso) (GRUPO GEOTECNIA. UNIVERSIDAD DE CANTABRIA 2010).



### 2.5.1. SUELOS EXPANSIVOS

El comportamiento descrito es típico de los suelos finos normales, con deformaciones significativas pero moderadas (expansiones del orden del 1% o ligeramente superiores). Sin embargo, existen algunos suelos en los que la expansión por saturación es significativamente superior. Estos suelos se denominan "expansivos". El carácter expansivo de un suelo suele estar asociado a la presencia de algunos minerales arcillosos, que tienen la propiedad de admitir moléculas de agua en el interior de su red cristalina. De ellos el más frecuente es la montmorillonita. El carácter expansivo de estas especies mineralógicas va asociado a una gran actividad, que se manifiesta también en una elevada plasticidad, siendo frecuentes límites líquidos incluso superiores a 100%. Esto permite identificar la posible presencia de estos minerales, y por tanto adoptar las medidas para evaluar y tener en cuenta su carácter expansivo. En estos suelos, los cambios de volumen pueden ser importantes incluso para variaciones de humedad sin llegar a la saturación. Los cambios estacionales hacen que la evaporación varíe de forma cíclica a lo largo del año, y ello suele afectar a la zona más superficial del suelo (del orden de 1 ó 2 metros de profundidad), que resulta sometida a expansiones y contracciones cíclicas. Esta es una de las razones por las que es habitual imponer a las cimentaciones una profundidad mínima superior a este valor. Por otra parte, la construcción de un edificio implica que el área ocupada deja de estar sometida a la evaporación, por lo que se altera el equilibrio dinámico establecido entre la pérdida de agua por evaporación y el ascenso capilar desde el nivel freático. Entonces, la zona de terreno situada bajo el edificio aumenta de humedad y, si el suelo es expansivo, se produce el correspondiente hinchamiento, con posibles efectos perjudiciales para la estructura (GRUPO GEOTECNIA. UNIVERSIDAD DE CANTABRIA 2010).

### 2.5.2. SUELOS COLAPSABLES

Por otra parte, existen algunos suelos en los que la curva de hinchamiento bajo carga está anormalmente desplazada hacia abajo. En ellos, la presión crítica de colapso es pequeña, y para las cargas usuales se produce colapso por inundación. Estos suelos se denominan "colapsables". El colapso es difícil de explicar analizando las variaciones medias de las presiones de agua y aire. En

general, el fenómeno va asociado a suelos con estructura muy abierta, de baja densidad, en la que las partículas están unidas entre sí por enlaces de cierta resistencia. La saturación provoca el debilitamiento o destrucción de estos enlaces, con el consiguiente colapso de la estructura (GRUPO GEOTECNIA. UNIVERSIDAD DE CANTABRIA 2010).

### **2.5.3. PRESION DE POROS**

La presión de los fluidos en los poros de un yacimiento, normalmente la presión hidrostática, a la presión ejercida por una columna de aguas desde la profundidad de la formación hasta el nivel del mar. Cuando las rocas impermeables tales como las lutitas formadas como sedimentos se compactan, sus fluidos intersticiales no siempre pueden filtrarse y deben sustentas toda la columna de roca suprayacente, lo que genera presiones de formación anormalmente altas.

### **2.6. COMPACTACION DE SUELOS**

Es el proceso físico por el cual los sedimentos se consolidan, lo que produce la reducción del espacio poroso a medida que los granos se empaican en forma más estrecha. A medida que se acumulan las capas de sedimentos, la presión creciente de la sobrecarga durante el sepultamiento produce la compactación de los sedimentos, la pérdida de fluidos intersticiales y la forma de rocas conforme los granos se sueldan o se cemente entre sí (HEREDIA, M. H. 2002).

La compactación es un proceso por el cual se disminuye el índice de poros de los suelos, sin variar su Contenido de humedad (cuando se disminuye la humedad, se suele hablar de "deseccación", no de compactación). Aunque hay procesos naturales de compactación, el interés se centra en los procesos Artificiales. Suele distinguirse entre:

#### **2.6.1. COMPACTACION SUPERFICIAL**

La que se consigue mediante el paso de elementos compactadores sobre la superficie del terreno. Es el procedimiento usual para construcción de rellenos, terraplenes o presas de materiales sueltos.

### **2.6.2. CAMPACTACION FROFUNDA**

Se aplica para mejorar las características de terrenos o rellenos preexistentes, de espesor considerable. Se realiza en el interior del terreno mediante diversos procedimientos (columnas de grava, voladuras, inyecciones, etc.). Todos ellos requieren el uso de maquinaria especializada.

Aunque gran parte de los conceptos son generales, nos referiremos en lo que sigue a la compactación superficial. El alcance de la compactación en profundidad es pequeño, por lo que el material se extiende en tongadas de pequeño espesor (del orden de decímetros), compactando cada tongada antes de extender la siguiente. En general se utilizan rodillos estáticos o vibratorios, que provocan presión estática e impacto. El efecto dinámico de la vibración es especialmente eficaz en suelos granulares. En el caso de suelos arcillosos (por ejemplo, en núcleos impermeables de presas de tierras), se emplean rodillos de pata de cabra, que inducen compactación por amasado (GRUPO GEOTECNIA. UNIVERSIDAD DE CANTABRIA 2010).

### **2.7. PROCESOS DE COMPACTACION**

La compactación es un proceso rápido. La actuación de los elementos compactadores sobre cada punto dura escasos segundos, por lo que no da tiempo a que se produzca expulsión de agua del interior del terreno. En consecuencia, el proceso tiene lugar sin drenaje, por lo que sólo tiene sentido en el caso de suelos parcialmente saturados. En un suelo saturado en el que no se produce variación del contenido de agua, el volumen no varía, al ser incompresibles tanto el agua como las partículas sólidas (UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA 1975).

### **2.8. EMBALSE**

Embalse es su estanqueidad Sin embargo dependiendo del uso del mismo, las pérdidas de agua pueden ser más o menos tolerables. Así, un embalse de regulación de avenidas no requiere la misma estanqueidad que para abastecimiento regadío por otro lado, las condiciones de impermeabilidad también deben ser analizadas en función de las necesidades del aprovechamiento, y a que, en ocasiones, puede ser económicamente rentable

proceder a tratamientos de impermeabilización en zonas concretas. La construcción de una presa supone un cambio importante en la hidrología e hidrogeología de la cuenca afectada por el embalse, con la inundación de una parte del valle, la elevación de los niveles freáticos y su oscilación periódica. Estas modificaciones afectan a la hidrodinámica de los acuíferos, pudiendo producirse un flujo de agua desde el embalse hacia el exterior del vaso, o bien una recarga del embalse desde los acuíferos que bordean al vaso (COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS CNEGP 1999).

## **2.9. VASO**

Es la parte de valle que inundándose contiene el agua embalsada.

### **2.9.1. PRINCIPALES COMPONENTES DE VASO DE ALMACENAMIENTO**

NANIMO (nivel de aguas mínimas de operación) es el nivel más bajo con el que puede operar la presa. Cuando esta es para irrigación y otros usos. El NAMINO (también llamado en este caso el NAMIN (nivel de aguas mínimas)), coinciden con el nivel al que se encuentra la entrada de la obra, en el caso de presa para generación de energía eléctrica, el NAMINO se fija de acuerdo con la carga MINIMA necesaria para que las turbinas operen en buenas condiciones. El volumen muerto es el que queda abajo del NAMINO O NAMIN, es el volumen del que no se puede disponer. El volumen de azolves es el que queda debajo del nivel de la toma y se reserva para recibir el acarreo de sólidos por el río durante la vida útil de la presa. La operación de la presa se lleva a cabo entre el NAMINO O NAMIN y el NAMO (nivel de aguas máximo ordinario o de operación) el NAMO es el máximo nivel con lo que puede operar la presa para satisfacer las demandas cuando el vertedor de excedencia (estructura que sirve para desalojar los volúmenes excedentes de agua que puede poner en peligro la seguridad de la obra) no es controlada por compuertas el NAMO coincide con su cresta o punto más alto del vertedor. En el caso de que la descarga por el vertedor está controlada, el NAMO puede estar por arriba de la cresta e incluso puede cambiar a lo largo del año. Así en épocas de estiaje es posible fijar un NAMO mayor que en épocas de avenidas, pues la probabilidad de que se presente una avenida de la primera época es menor que la segunda. El volumen

que se almacena entre el NAMO y el NAMIN O NAMINO se llama volumen o capacidad útil y es con el que se satisface la demanda de agua.

El NAME (nivel de aguas máxima extraordinaria) es el nivel más alto que debe alcanzar el agua en el vaso bajo cualquier condición. El volumen que queda entre este nivel y el NAMO llamado súper almacenamiento (COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS CNEGP 1999).

## 2.10. LA CERRADA

Es también reconocido con el nombre de boquilla es el punto de concreto o de materiales sueltos del terreno donde se va a construir la presa.

## 2.11. LA PRESA

Las presas constituyen una de las obras de ingeniería de mayor importancia para el desarrollo de un país, en sus distintas finalidades: para riego, abastecimiento, control de avenidas y producción de energía eléctrica (suministro mundial), entre otros múltiples usos, como el almacenamiento de residuos mineros. El crecimiento económico está directamente relacionado con la construcción de presas, existiendo más de 45.000 grandes presas en todo el mundo (aquellas cuya altura es superior a 15 m o cuya capacidad de embalse supera los 3 millones de metros cúbicos). La escasez de recursos hídricos es una de las mayores necesidades a nivel mundial; más de mil millones de personas no disponen del agua mínima necesaria (50 l/persona/día), mientras que en los países industrializados se consume entre 4 y 14 veces la cantidad citada (BRIONES, G. J. 1994).

También denomina cortina propiamente dicha, cuyas funciones básicas son, por un lado garantizar la estabilidad de toda la construcción, soportando un empuje hidrostático del agua. Y por otro no permitir la filtración del agua

Las presas son estructuras de construcción de mucha utilidad, ya que son usadas en campos como el riego, el aprovechamiento y generación de energía eléctrica el control de inundaciones, navegaciones pesca, control de sedimentos. Un embalse o represa es una acumulación artificial de aguas que tiene como particularidad poder ser parcial y/o totalmente vaciado por gravedad o por aspiración.



Siguen el origen se clasifican en naturaleza y artificial un embalse de origen natural como un valle inundado, se lo puede clasificar de acuerdo con su tamaño.

Las presas de tierra tienen sección trapezoidal. En ellas se denomina ancho de cresta o simplemente cresta al lado menor, el lado mayor está definido por la línea de contacto entre el material de la presa y el material de la fundación y los lados del trapecio constituyen los taludes. El que está en contacto con el agua se denomina talud aguas arriba u el opuesto talud aguas abajo,

Cuando la presa está fundada sobre material permeable y se debe cortar el flujo de aguas a través del dicho material, se diseña una zanja denominada dentellón la cual se rellena con el mismo material del núcleo (SANDOVAL, E. W. 1979).

## **2.12. TALUDES**

Los taludes de un proyecto de una presa pueden variar dependiendo de los materiales disponibles, tipo de fundación y altura de la presa. En este caso veremos los taludes necesarios para una fundación estable, si la fundación no es estable necesitaría rellenos estabilizantes y tratamientos especiales a la fundación. Un cimiento permeable puede necesitar la adición de rastrillos aguas arriba, para disminuir la filtración o de capas horizontales de drenaje aguas abajo, para proporcionar estabilidad contra las presiones, debido a la filtración. El talud de aguas arriba puede ser más suave que el de aguas abajo para que la presa no sufra desembalse rápido; estos taludes varían 2:1 hasta 4:1. Los taludes normales de aguas abajo para pequeñas presas de tierra son de 2:1 cuando el terraplén se proyecte en una zona permeable aguas abajo y de 2 ½: 1 cuando la presa es impermeable (COSILLO, P. A. G. 1999).

## **2.13. BORDO LIBRE**

El bordo libre es la distancia vertical entre la corona y el nivel normal de aguas dentro de la presa. El bordo libre mínimo es la diferencia entre la corona y el nivel máximo de agua esperado. Su objetivo es evitar el desbordamiento por el efecto de las olas u otros factores de seguridad contra un asentamiento de la



presa mayor al previsto, al mal funcionamiento de vertedor o a diferencias de niveles productos de problemas constructivos.

Las distancia de bordo libre donde fetch es la distancia con la que el viento puede actuar sobre una masa de agua (FROILAN, P. 2014).

#### **2.14. LOS ESTRIBOS**

Son laterales del muro que están en contacto con la cerrada contra la que se apoya. Debe evitarse la entrega de alineamiento sobresaliente a angostos de la ladera deben excavarse los materiales meteorizados o sueltos, pueden requerirse inyectar estribos debe proveerse un sistema de control de erosión en la unión del talud de la presa y de los estribos. Los taludes de los estribos, las pendientes fuertes de los estribos producen grietas por asentamiento del terraplén de la presa especialmente en la parte más alta de la presa (DELGADO, V. 1996).

#### **2.15. LA CIMENTACIÓN**

La cimentación de una presa, independientemente de su tipología, debe reunir las siguientes condiciones:

- Resistencia y estabilidad tanto del macizo de cimentación como de los estribos.
- Deformabilidad compatible con las cargas de la presa.
- Estanqueidad de la cimentación y control de las fuerzas de filtraciones con eliminación de las subpresiones o reducción a los niveles exigidos por la estabilidad de la presa.
- Estabilidad frente a erosiones internas y socavaciones.
- Estabilidad frente a sismos y sus efectos inducidos (licuefacción, densificación, colapsos, fallas activas, etc.).
- Estabilidad frente a movimientos del terreno (deslizamientos, hundimientos, subsidencia etc (CRESPO, V. C. 1990).

#### **2.16. EL ALVIADERO**

Estabilidad de los taludes, permeabilidad y resistencia de los macizos de cimentación de las estructuras en hormigón verosionabilidad del terreno.

## 2.17. LAS COMPUERTAS

Son los dispositivos mecánicos destinados a regular el caudal de agua a través de la presa.

## 2.18. EL DESAGUE DE FONDO

Permite mantener el dominio caudal ecológico aguas debajo de la presa y vaciar la presa en caso de ser necesario.

## 2.19. NUCLEO IMPERMEABLE

Es el elemento de la presa que cierra el valle al paso del agua contenida en el embalse o vaso (JUAREZ, B. E. 1996).

## 2.20. NAME

Abreviación del nivel de agua, máximo extraordinario. Es la elevación del agua en el vaso cuando la presa está llena y además funciona el vertedor a su máxima capacidad. Hay otros niveles usuales en presa, como son el de Name aguas máximas ordinarias, el nivel medio de operación, el mínimo de operación y el máximo azolves. La diferencia entre la elevación de la corona y el Name es el bordo libre.

## 2.21. NAMO

Abreviación de nivel de aguas máximo ordinario es la elevación del agua en el vaso.

## 2.22. NAMI

Abreviación de nivel de aguas mínimas, es la elevación del agua en el vaso.

## 2.23. METODOS DE ESTABILIDAD DE TALUDES

### 2.23.1. METODOS DE EQUILIBRIO LÍMITE

Se evalúa el talud en su estado de falla, basándose en las consideraciones de equilibrio límite. El talud se desliza a lo largo de una

superficie de falla, en donde se moviliza toda la resistencia al corte del material. Se pueden clasificar a su vez en dos grupos:

➤ **MÉTODOS EXACTOS.**

La aplicación de las leyes de la estática proporciona una solución exacta del problema con la única salvedad de las simplificaciones propias de todos los métodos de equilibrio límite (ausencia de deformaciones, factor de seguridad constante en toda la superficie de rotura, etc.). Esto sólo es posible en taludes de geometría sencilla, como por ejemplo la rotura planar y la rotura por cuñas.

➤ **MÉTODOS NO EXACTOS.**

En la mayor parte de los casos la geometría de la superficie de rotura no permite obtener una solución exacta del problema mediante la única aplicación de las leyes de la estática. El problema es hiperestático y ha de hacerse alguna simplificación o hipótesis previa que permita su resolución. Se pueden considerar así los métodos que consideran el equilibrio global de la masa deslizante, hoy en desuso, y los métodos de las dovelas o rebanadas, que consideran a la masa deslizante dividida en una serie de fajas verticales.

### **2.23.2. MÉTODOS DE DOVELAS O REBANADAS.**

Los métodos empleados para calcular el factor de seguridad para cualquier superficie de deslizamiento de prueba deberían tomar en cuenta los cambios en la resistencia al corte y en la presión variable de agua de poros a lo largo de la superficie de deslizamiento potencial. Los cambios en los parámetros de resistencia y en las condiciones de presión de agua de poros pueden ser tomados en cuenta por el procedimiento general conocido como método de "tajadas" o de dovelas. En este método, se escoge una superficie de prueba y la masa potencial de deslizamiento se divide en un número de tajadas verticales.

### **2.23.3. MÉTODO SIMPLIFICADO DE BISHOP.**

El método de BISHOP supone la superficie de deslizamiento circular. Se supone la masa deslizante dividida en  $n$  fajas verticales. En la figura se recogen las fuerzas actuantes sobre una de esas fajas.

#### 2.23.4. METODOS PRECISOS Y COMPLETOS

Cumplen todas las ecuaciones de la estática. Los más conocidos son los de Morgenstern-Price, Spencer y Bishop riguroso.

#### 2.23.5. METODOS DE MORGENSTEM – PRICE

Este método cumple con las condiciones de equilibrio de fuerza como de momentos. La dirección de la resultante de las fuerzas normal y de corte en las en las caras laterales de las dovelas es determinada por medio de una función arbitraria  $f(x)$ . El porcentaje de  $\lambda$  de esta función requerida para satisfacer el equilibrio de fuerzas y momentos es calculado mediante iteración (BRAJA, M. D. 2001).

#### 2.24. METODOS SISMICOS

En 1761 John Michel publicó un escrito en el cual establecía que el movimiento del terreno producido por terremotos, se transmite a través de las vibraciones elásticas en la corteza terrestre; además, sugirió que de las observaciones sobre el tiempo de impacto en diferentes lugares, permitía determinar el lugar de origen del terremoto. La técnica de refracción sísmica nació por parte de los geofísicos para localizar los domos salinos entre 1905 y 1906. En ese sentido L P Garrett condujo de manera exitosa este tipo de exploraciones.

#### 2.25. METODOS ELÉCTRICOS

Los primeros descubrimientos de que la Tierra actuaba como un conductor se deben en 1746 a Watson, quien notó una corriente errática que pasaba a través de dos electrodos hincados en el terreno y separado varios kilómetros, de igual manera observó que cuando se cerraba el circuito conectando cables, el flujo era diferente (BOWLES, J. E. 1982).

#### 2.26. CURVA GRANULOMÉTRICA

Habrán en general partículas de todos los tamaños (grava, arena, limo y arcilla, curva granulométrica, que indica, para cada diámetro de partícula  $D$ , el

porcentaje en peso de partículas menores que D. Se representa en escala logarítmica de tamaños.

## 2.27. CLASIFICACION GEOMECANICA DE ROCA

Mediante el estudio de las condiciones geológicas subterráneas del área, se pueden establecer los planes a seguir para garantizar la instalación adecuada de las fortificaciones. Existen diferentes tipos de roca, cada una de las cuales tienen sus propias características y propiedades físicas. Existen también, diferentes situaciones que requieren el uso de fortificación adicional para consolidar los estratos de la roca, afirmar los bloques y prevenir la caída de roca. Si bien es cierto, previo a la construcción de una labor subterránea, se realiza un estudio preliminar de la geología del terreno mediante sondajes (muestras de perforación diamantina), mapeos geológicos y otros, es físicamente imposible detectar completamente las condiciones en que se encuentran los diversos elementos de un cuerpo tan complicado como es el macizo rocoso.

### 2.27.1. CLASIFICACION GEOMECANICA.

**RQD.- (Rock Quality Designation)** Designación de La Calidad de Roca, proceso que utiliza la calidad de las muestras de perforación (sondajes) diamantina (DEERE, D. U. 1964), para determinar la calidad de la roca masiva in situ.

Normalmente muestras de 54,7 mm x 1,5 m, resultando en un porcentaje como el siguiente:

$$RQD = \frac{\sum \text{longitud de los pedasos de la muestra} > 10\text{cm}}{\text{longitud total de la muestra}} \times 100\%$$

0 – 25 % Muy Malo. 25 – 50 % Malo. 50 – 75 % Regular. 75 – 90 % Bueno. 90 – 100 % Muy Bueno.

El valor de 10 cm = diámetro de la muestra x 2 Utilizando el sistema RQD tenemos una indicación de la calidad de la roca en el área de la muestra, la existencia de fallas, fracturas presentes y de las fuerzas presente en la roca.

### RMR.– (Rock Mass Rating) Clasificación del Maciso Rocoso

Parámetros Utilizados Para RMR :

- Dureza de la roca.
- RQD- Rock Quality Designation (Designación de la Calidad de la Roca).
- Frecuencia y alteración de las fracturas.
- Fuerzas en la Masa Rocosa in Situ.

#### 2.27.2. CRITERIOS DE EVALUACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENAWSKY

Para poder evaluar adecuadamente las características geotécnicas de los materiales de la cimentación, se han utilizado los criterios de evaluación Geomecánica de Bienawsky que se basan principalmente sobre una serie de factores de observación directa de los testigos recuperados en el proceso de perforación. Se han efectuado además ensayos de permeabilidad tipo Le Frank (A gravedad) en los tramos de suelos y tipo Lugeon (A presión) en los tramos rocosos. Los conceptos y criterios de la evaluación Geomecánica de Bienawsky se resumen a continuación de la siguiente manera:

#### Índice R.Q.D.

Es un índice cuantitativo, basado en la recuperación obtenida en sondeos realizados con diámetro no inferior al HQ.

TABLA N°1. CLASIFICACIÓN DEL MACIZO ROCOSO EN FUNCIÓN DEL R.Q.D.  
(DEERE 1967)

RQD (%)	Calidad de roca
< 25	muy mala
25 - 50	mala
50 - 75	regular
75 - 90	buena
90 - 100	excelente

Es el factor de evaluación geomecánica que indica la resistencia a la compresión no confinada de la roca, según la escala siguiente: (Se han tenido en cuenta los ensayos de carga puntual realizados en los testigos escogidos de todas las perforaciones indicadas).

- Roca muy competente que al golpearla con el martillo da un sonido muy limpio y es muy difícil de romper ( $2000 < q_u$ ). Que es igual a  $> 250$  Mpa.



- Roca competente que se rompe con el martillo y en la que esta produce una raya superficial sonora y da un sonido limpio (600<qu<2000). Que es Igual de 100 a 250 Mpa
- Roca media que se pueda rayar fácilmente con el martillo y no da sonido limpio (200<qu<600). Que es igual de 50 a 100 Mpa
- Roca poco competente que se puede marcar fácilmente con el martillo, no es posible romper a mano en secciones de 10 cms (60<qu<200). Que es igual a 25 a 50 Mpa
- Roca muy poco competente con aspecto de suelo, pero que se puede reconocer la estructura de roca original. Un impacto de la punta del martillo deja huella y puede romperse con la mano (qu<60). Que es < 25 Mpa.

**Espaciamiento entre Discontinuidades**

Constituye otro factor de evaluación geomecánica de la roca, en la cual se mide el espaciamiento o longitud de la roca sana entre una fractura y otra, (fallas, fracturas o fisuras). De acuerdo a la magnitud de dichos espaciamientos.

CUADRO N°1: LA ROCA SE CLASIFICA EN LAS SIGUIENTES CLASES

CLASES	ESPACIAMIENTO
A	Más de 2 m
B	Entre 2 y 0.60 m
C	Entre 0.60 y 0.20 m
D	Entre 0.20 y 0.06 m
E	Entre 0.06 y 0.00 m

**Condiciones de las juntas**

- Superficies muy rugosas.- las juntas son continuas. No hay separación entre las paredes de las juntas. Roca resistente en las paredes de las Juntas.
- Superficies ligeramente o suave rugosas. Separación menor de 1 mm. Roca resistente en las paredes de las Juntas.
- Superficies ligeramente o suave rugosas. Separación menor de 1 mm. Roca alterada y/o blanda en las paredes de las Juntas.
- Superficies deslizadas o relleno con espesor menor de 5 mm o Juntas abiertas 1 a 5 mm.

- Relleno con espesor mayor de 5 mm o Juntas abiertas más de 5 mm.

### **Condiciones de la Napa**

- Completamente seco
- Húmedo o Semi Seco
- Mediana presión
- Alta presión

### **Grado de Alteración.-**

Este parámetro, no integrado en la clasificación de Bienawsky, se contempla en los cortes de sondeos.

### **Bastante Meteorizadas**

- La meteorización se extiende a través de toda la masa rocosa pero conserva suficiente resistencia para no ser desmenuzable con la mano.
- Menos de la mitad de la roca esta desintegrada y/o descompuesta en forma de suelo. Se presentan zonas de roca sana o ligeramente decolorada, bien formando un marco continuo o bien como bloques o núcleos sanos.

### **Muy Meteorizadas**

- La meteorización se extiende a través de toda la masa rocosa, se desmenuza a mano.
- Más de la mitad de la roca esta desintegrada y/o descompuesta en forma de suelo.
- Pueden presentarse zonas de roca sana o ligeramente decolorada formando bloques o núcleos sanos.

### **Completamente Meteorizada**

- Toda la masa de roca esta desintegrada y/o descompuesta en forma de suelo en el cual se puede reconocer la estructura de la roca original.

### **Suelo Residual**

- Suelo donde no aparece la textura, ni la estructura, ni la mineralogía de la roca original. El suelo no ha sido transportado en modo significativo.
- Roca no Alterada o Fresca, Roca poco alterada, Roca Moderadamente alterada, Roca muy alterada, Roca completamente alterada, Suelo Residual

**TABLA N°2. GENERAL DE CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DE BIENAWSKI**

Parámetro		Rango de valores							
1	Resistencia de la roca intacta	Ensayo carga puntual	> 10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa			
		Compresión simple	> 250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	< 1 MPa
	valor	15	12	7	4	2	1	0	
2	RQD	90-100%	75-90%	50-75%	25-50%	<25%			
	valor	20	17	13	8	3			
3	Espaciado de las discontinuidades	> 2 m	0,6-2 m	0,2-0,6 m	6-20 cm	< 6 cm			
	valor	20	15	10	8	5			
4	Estado de las discontinuidades	Longitud de la discontinuidad	< 1 m	1 – 3 m	3 – 10 m	10 – 20 m	> 20 m		
		Valor	6	4	2	1	0		
		Abertura	Nada	< 0.1 mm	0.1 – 1.0 mm	1 – 5 mm	> 5 mm		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Rugosidad	Muy rugosa	Rugosa	Ligeramente rugosa	Ondulada	Suave		
		Valor	6	5	3	1	0		
		Relleno	Ninguno	Relleno duro < 5 mm	Relleno duro > 5 mm	Relleno blando < 5 mm	Relleno blando > 5 mm		
		Valor	6	4	2	2	0		
5	Flujo de agua en las juntas	Relación Pagua / Pprine	0	0-0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	> 0,5		
		Condiciones Generales	Completamente secas	Ligeramente húmedas	Húmedas	Goteando	Agua fluyendo		
valor		15	10	7	4	0			

**TABLA N°3. CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO CON RELACION AL INDICE RMR PROPUESTA POR BIENIAWSKI**

CLASE	CALIDAD	VALORACIÓN RMR	COHESIÓN	ÁNGULO DE ROZAMIENTO
I	Muy buena	100-81	>4 Kg/cm <sup>2</sup>	> 45°
II	Buena	80-61	3 – 4 Kg/cm <sup>2</sup>	35° - 45°
III	Media	60-41	2 – 3 Kg/cm <sup>2</sup>	25° - 35°
IV	Mala	40-21	1 – 2 Kg/cm <sup>2</sup>	15°- 25°
V	Muy mala	< 20	< 1 Kg/cm <sup>2</sup>	<15°

**2.28. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD**

Durante la ejecución de los trabajos de perforación diamantina se han realizado pruebas de permeabilidad por tramos habiéndose cubierto toda la profundidad de perforación alcanzada, tal como se puede observar en las correspondientes hojas de cálculo de todas las perforaciones realizadas.

Se han realizado siete perforaciones diamantinas, de las cuales tres se han efectuado en el eje de la presa: (una en cada estribo y una en el cauce del río). Así mismo se han efectuado perforaciones una en el eje del túnel de descarga y otra en el eje del Aliviadero. El tipo de prueba de permeabilidad en cada caso particular depende de numerosos factores, tales como tipo de

material, localización del nivel freático y homogeneidad o heterogeneidad de los distintos estratos del suelo, en cuanto a permeabilidad se refiere.

TABLA N°4. VALORES RELATIVOS DE PERMEABILIDAD. (TERZAGHI 1980)

CUADRO DE PERMEABILIDAD	
UNIDAD (cm/seg)	DESCRIPCION
$10^{-5}$	IMPERMEABLE
$10^{-4}$	SEMIPERMEABLE
$10^{-3}$	PERMEABLE
$10^{-2}$	MUY PERMEABLE
$10^{-1}$	ALTA PERMEABILIDAD

Los ensayos de permeabilidad se realizaron durante la perforación diamantina estos ensayos nos permiten determinar in situ la permeabilidad del suelo y de la roca mediante los ensayos de permeabilidad tipo Le-franc en los depósitos aluviales y tipo Lugeón en los tramos rocosos.

### 2.28.1. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD TIPO LE-FRANC

El procedimiento para la ejecución del ensayo tipo Lefranc es como sigue: Una vez determinada la profundidad deseada, debemos limpiar el pozo por un periodo aproximado de 10 minutos, se conecta la manguera de 1" de la bomba de agua de la perforadora a la botella rompe presiones y se arma una T con los niples y las válvulas de paso se conecta el caudalímetro a una de las entradas de la llave, otra manguera a otra válvula de paso para retorno de agua, se conecta una manguera al caudalímetro la cual va a la tubería de menor diámetro en el taladro y posteriormente se mide el nivel de agua presente en el pozo.

El ensayo carga constante consiste en medir el caudal de agua que ingresa en un determinado tiempo podemos considerar cada minuto ( $T=1$  min) hasta los 10 o 15 minutos, hay que tener presente que debemos mantener (en lo posible) un nivel constante, esto debe ser controlado desde la boca del revestimiento y/o de la tubería de perforación

El ensayo Carga Variable consiste en medir el nivel del agua en estado de descenso, es decir: vamos a llenar con agua hasta el ras de la tubería (sea revestimiento o tubería de perforación) y una vez que alcanzamos ello tenemos que controlar el descenso sincronizado con el cronometro (dando tiempos  $T=1$ ,

T=2, T=5, T=10, T=20, T=30, T=60 y T=90), medido en minutos. Debemos medir el descenso con una sonda de medición de nivel de agua.

### **2.28.2. ENSAYOS DE PERMEABILIDAD TIPO LUGEÓN**

Las pruebas de absorción tipo Lugeón permiten evaluar un tramo del macizo rocoso sometido a presiones de agua y, con ello, su permeabilidad frente a percolaciones a través de sus fisuras. El procedimiento consiste en inyectar agua a un tramo de perforación, con diferentes niveles o estadios de presión, de manera ascendente y descendente; son necesarios por lo menos tres estadios de presión: máxima, intermedia y mínima.

Originalmente la presión máxima empleada era de 10 kg/cm<sup>2</sup>. En la actualidad se recomienda someter al macizo rocoso a presiones de prueba máximas que estén por debajo de la carga litostática que soporta el tramo de ensayo, para evitar la disturbancia del macizo. Las cargas litostáticas pueden estimarse con un  $p.e = 2.5$  para roca sana, fresca, y 1.5 para roca alterada. La presión intermedia será la mitad de la presión máxima, y la mínima 0.1 kg/cm<sup>2</sup>. Las presiones se consiguen mediante el bombeo de agua a tramos de ensayos relativamente cortos que están confinados por un obturador o "Packer". Con la finalidad de estabilizar las lecturas en el manómetro, e impedir que el campo de variación de las oscilaciones sea mayores que el 10% del valor a ser leído, se emplean "botellas de estabilización".

## CAPITULO III

### CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1. GENERALIDADES

El presente trabajo de investigación de geología y geotecnia corresponden al proyecto “AMPLIACIÓN DE LA PRESA ANCASCOCHA” en el que se ha desarrollado dentro de los lineamientos que establecen la institución programa de regional de riego y drenaje PRIDER. El área de estudio abarca toda la PRESA ANCASCOCHA y parte de la línea de riego. Todo está ubicado en toda la CUENCA DE YAUCA. Del distrito de CORACORA provincia PARINACOCHAS del departamento de AYACUCHO y distrito de YAUCA provincia de CARAVELI departamento de AREQUIPA.

Por la necesidad de disponer de una buena infraestructura básica de riego en el departamento de Ayacucho, para mejorar el nivel de vida en la población dedicada principalmente a la actividad agropecuaria. Del programa regional de riego y drenaje PRIDER a través del gobierno regional de Ayacucho – Arequipa ha visto por conveniente la implementación del proyecto. Ampliación de la PRESA ANCASCOCHA ya que existe gran demanda de la población agropecuaria la cual no abastece la actual presa de 22MMC Y se encuentra deteriorada. La ampliación de la presa mejorara la vida de la población ya que esta presa contara con 87MMC.



### 3.2. ASPECTOS GENERALES

#### 3.2.1. UBICACIÓN

El presente proyecto se encuentra localizado en las provincias Parinacochas y Lucanas del departamento de Ayacucho; La cuenca Yauca, se encuentra ubicado geográficamente entre los meridianos 73°40'33" y 74°33'52" de longitud oeste y los paralelos 14°41'20" y 15°42'36" de latitud sur; políticamente comprende las Provincias de Lucanas y Parinacochas del Departamento de Ayacucho y la Provincia de Caravelí del Departamento de Arequipa.

**CUADRO N°2: UBICACIÓN GEOGRÁFICA.**

UBICACIÓN GEOGRAFICA				
SISTEMAS	DATUM	COMPONENTES	VALOR MINIMO	VALOR MAXIMO
COORDENADAS GEOGRAFICAS	HORIZONTAL WGS1984	LONGITUD OESTE	74°33'52"	73°40'33"
		LATITUD SUR	15°42'36"	14°41'20"
COORDENADAS UTM Zona 18	HORIZONTAL WGS 1984	METROS ESTE	546,665	642,595
		METROS NORTE	8'236,0580	8'376,058
ALTITUD	VERTICAL NIVEL MEDIO DEL MAR	M.S.N.M.	3201	C° Ccellohorcco

**CUADRO N°3: UBICACIÓN POLÍTICA**

UBICACIÓN POLITICA		
DEPARTAMENTO	PROVINCIA	DISTRITO
AREQUIPA	CARAVELI	YAUCA
	LUCANAS	CHAVIÑA
AYACUCHO	PARINACOCHAS	CORACORA
		CHUMPI

#### 3.2.2. VÍAS DE ACCESO

Las vías de acceso se muestran en el siguiente recuadro.

CUADRO N°4: PRINCIPALES VIAS DE ACCESO AL PROYECTO PRESA ANCASCOCHA

OPCION	PRINCIPALES VIAS DE ACCESO AL PROYECTO PRESA ANCASCOCHA			
	Vías de Acceso	Distancias (Km)	Tiempo	Características de las Vías
1	Lima o Arequipa - Nazca	450	6 hrs	Carretera Panamericana Sur (Asfaltada)
	Nazca – Puquio	157	3,3 hrs	Carretera penetración asfaltada
	Puquio-Coracora	185	4 hrs	Carretera penetración asfaltada
	Coracora-Laguna Ancascocha	25	45 min	Trocha carrozable
2	Lima o Arequipa – Valle del Yauca	565	7,3 hrs.	Carretera Panamericana Sur.
	Yauca - Jaqui	25	30 min.	Carretera afirmada
	jaqui - Coracora	211	4,5 hrs	Carretera penetración asfaltada

### 3.3. CLIMA Y VEGETACIÓN

#### 3.3.1. CLIMA

La cuenca del río Yauca se caracteriza por su aridez y condiciones térmicas cálidas en la zona baja costeña, clima templado y escasa precipitación en la parte media de la cuenca y en los valles interandinos y clima frío alta precipitación estacional en las altiplanicies andinas.

La distribución asimétrica de la precipitación sobre los flancos oriental y occidental de los Andes Centrales y sobre el altiplano, encuentran su explicación en la posición de las masas de aire que forman anticiclones tanto en el Pacífico como en el Atlántico. En la costa actúan juntos, el aire calmo del borde oriental del anticiclón del Pacífico Sur y la corriente de Humboldt, que contiene humedad en una inversión fría a nivel del mar, impidiendo la generación de tormentas y determinan la condición desértica de la región costera.

Por estas razones, los valles costeros de la cuenca (Yauca y Jaquí), al igual que toda la costa peruana, es una zona desértica, donde la agricultura no es posible sin riego. La oferta de agua para todos los sectores usuarios proviene de la parte alto-andina de la cuenca.

#### 3.3.2. VIENTO

Para los fines del proyecto, lo importante es conocer la velocidad de viento y su dirección predominante en la zona altoandina (Embalse). Para ello se cuenta con la estación Coracora. En él se presenta los valores medios mensuales máximo. Promedio y mínimo. De acuerdo a Beaumont, los vientos registrados se categorizan como “Brisa muy débil” a “Brisa débil”, es decir no constituyen un problema para el riego tecnificado.

### 3.3.3. TEMPERATURA

La red meteorológica con registros de temperatura estadísticamente confiables, está integrada por 5 estaciones; de ellas, cuatro se encuentran en la zona andina: Coracora, Chaviña, Pullo y Sancos y la quinta (Estación Yauca), se encuentra en el valle bajo de Yauca, perteneciente a la zona costera. La temperatura media en la cuenca varía desde 19°C en la zona de Costa, hasta los 5°C en la zona de Puna.

### 3.3.4. CALIDAD DE AGUA EN EL ÁREA DEL PROYECTO

Las muestras se toman en la ubicación donde se construirá la presa Ancascocha dejando para su análisis en los laboratorios para su respectivo análisis.

## 3.4. HIDROLOGÍA

### 3.4.1. DESCRIPCIÓN HIDROLÓGICA

El área de estudio se encuentra ubicada dentro de las cuencas de Yauca, de los ríos Sangarara, río Pallcarana que se encuentra ubicado entre las cuencas de Ocoña, Yauca, Acari y cuencas pampas, que pertenece a la subcuenca del río Yauca, perteneciente a la vertiente del Pacífico.

### 3.4.2. CUENCA ANCASCOCHA

Un tema de permanente discusión es el referente a los conceptos de cuenca, subcuenca y microcuenca. Por consideraciones prácticas se puede dar una definición para trabajos de manejo de cuencas a partir de rangos de área para cada unidad hidrográfica. Los rangos de área se determinan en función del grado de ramificación de los cursos de agua.

CUADRO N°5: UNIDADES HIDROGRAFICAS

<i>Unidad Hidrográfica</i>	<i>Área (ha)</i>
<i>Cuenca</i>	<i>50 000 – 800 000</i>
<i>Subcuenca</i>	<i>5000 – 50 000</i>
<i>Microcuenca</i>	<i>&lt; 5000</i>

En función de los dos métodos de clasificación presentados se realizó la categorización de las cuencas presentes en el área de estudio, tal como se aprecia en los siguientes ítems.

A continuación se presentan los resultados e interpretación de los análisis fisiográficos y morfológicos de las distintas cuencas en estudio, a excepción de las microcuencas delimitadas para el estudio de caudales máximos para los cuales sólo se presentan los resultados.

**CUADRO N°6: PARÁMETROS DE FORMA**

Parametros	Sub Cuencas
	Anacascocha
Área (km <sup>2</sup> )	287.520
Perímetro (km)	129.920
Longitud Río L <sub>c</sub> (km)	30.900
Longitud Máxima Cuenca L <sub>m</sub> (km)	30.800
Longitud Máxima Desagüe L (km)	28.700
Ancho Máximo Cuenca A <sub>m</sub> (km)	31.500
Ancho Promedio Cuenca A <sub>p</sub> (km)	11.400
Índice de Compacidad (K <sub>c</sub> )	2.161
Factor de Forma (F <sub>f</sub> )	0.303
Radio de Elongación (R <sub>e</sub> )	0.621
Radio de Circularidad (R <sub>c</sub> )	0.214

**CUADRO N°7: PARÁMETROS DE RELIEVE**

Parametros	Sub Cuencas
	Anacascocha
Altitud Máxima (msnm)	5014
Altitud Máxima Río (msnm)	4431
Altitud Mínima (msnm)	3402
Altitud Media (msnm)	4150
Altitud de Frecuencia Media (msnm)	3800-4200
Altitud Más Frecuente (msnm)	4100-4300
Scauce (%)	5.234
Scauce (%)	3.330
Índice de Pendiente de Cuenca (I <sub>p</sub> )	0.228
Coefficiente de Masividad (C <sub>m</sub> )	14.434
Coefficiente Orográfico (C <sub>o</sub> )	0.050

**CUADRO N°8: PARÁMETROS DE LA RED DE DRENAJE**

Parametros	Sub Cuencas
	Anacascocha
Longitud Total de Ríos (km)	71
Orden de Corriente	3
Número de Ríos Orden 1	13
Número de Ríos Orden 2	5
Número de Ríos Orden 3	1
Densidad de Drenaje (D <sub>d</sub> )	0.247
Coefficiente de Estabilidad (C )	4.050
Coefficiente de Torrencialidad (C <sub>t</sub> )	0.011

CUADRO N°9: TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Parametros	Sub Cuencas
	Anacascocha
Fórmula de Kirpich (h)	2.900
Fórmula del U.S. Corps (h)	7.127
Fórmula Californiana (h)	6.864
Fórmula de Giandotti (h)	3.549
Fórmula de U.S. Hathaway (h)	2.831
Fórmula Australiana (h)	4.848
Promedio (h)	4.687
Mediana (h)	4.199

### 3.4.3. BALANCE HÍDRICO

Se efectúa el comparativo entre la oferta hídrica disponible y las demandas identificadas. De esta manera se determinará el porcentaje de garantía hídrica que existe, tanto a nivel volumétrico como a nivel mensual, para la satisfacción de las citadas demandas.

### ESQUEMA DE OPERACIÓN

Para el desarrollo de la simulación, el esquema de operación del embalse es el siguiente:

- Los sectores Coracora - Chumpi y Chaviña, solamente cuentan con los recursos hídricos del embalse Ancascocha, al encontrarse éste en pleno cauce de río. Por lo tanto, la totalidad de las demandas son atendidas con cargo a dicho cuerpo de agua. El sector Yauca dispone de la escorrentía superficial del río Yauca producida en la cuenca intermedia que comprende desde inmediatamente aguas abajo de la Presa Ancascocha, hasta la sección Puente Jaquí, que ha sido considerada como cabecera de valle Yauca, para estos fines. Solamente la demanda no satisfecha, es atendida con los recursos provenientes del embalse Ancascocha.
- La simulación se ha empezado asumiendo que el embalse se encuentra lleno (65 MMC) debido a que la oferta plurianual al 75% de persistencia en la sección presa Ancascocha, asciende a 72.83 MMC.
- De acuerdo a lo que establece la legislación vigente, el primer usuario a ser atendido es el poblacional, en este caso el correspondiente a Coracora. No hay más usuarios de este tipo, por cuanto Chaviña tiene su propia fuente hídrica (manantiales), e igual ocurre con el distrito de Yauca.

- Se atiende la demanda agrícola de Chaviña, Se atiende la demanda agrícola de Coracora-Chumpi.
- Se atiende la demanda agrícola no satisfecha de Yauca, el cual solamente capta del río Yauca, de Enero hasta el mes de Mayo, por cuanto de ahí en adelante, el agua tiene elevado contenido de sales que resultan nocivos para el cultivo del olivo.
- Se calcula los saldos y los volúmenes de rebose, Se calcula el volumen de embalse al final de cada mes del período al que se ha aplicado la simulación.

**CUADRO N°10: RESULTADO DE LA OPERACIÓN DE EMBALSE ANCASCOCHA – BALANCE HÍDRICO**

INDICADOR	UND.	USO, SECTOR E INDICADORES				
		POBLACIONAL	Chaviña	Coracora-Chumpi	Yauca	
Oferta media anual de la cuenca	Ancascocha	MMC	106.03			
	Puente Jaquí	MMC	250.87			
Volumen útil Embalse Ancascocha		MMC	65.00			
Uso				AGRICOLA		
Sector			Coracora	Chaviña	Coracora-Chumpi	Yauca
Población	hab		19192.06	2981	2355	1708
Areas	ha			965.00	4468.00	1269.00
Demanda total	MMC	0.88	11.19	38.60	35.96	
Demanda atendida con el río Lampalla	MMC	0.00	0.00	0.00		
Demanda atendida con el río Yauca	MMC					14.99
Demanda a ser atendida con embalse	MMC	0.88	11.19	38.60	20.97	
Demanda atendida con embalse	MMC	0.88	10.85	36.93	20.76	
Déficit en volumen	MMC	0.00	0.78	6.14	0.66	
Garantía plurianual en volumen	%	100.00	93.06	84.09	98.17	
Déficit en volumen	%	0.00	6.94	15.91	1.83	
Meses deficitarios			0.00 / 276	3.00 / 276	5.00 / 276	3.00 / 276
Garantía mensual en tiempo	%	100.00	98.81	98.02	98.81	
Déficit en tiempo	%	0.00	1.19	1.98	1.19	
Evaporación promedio anual	MMC		3.66			
Meses que el embalse termina lleno			28.00 / 276			
Volumen anual promedio de rebose	MMC		32.22			
Máximo volumen anual de rebose	MMC		116.16			
Máximo volumen mensual de rebose	MMC		47.30			

Se puede apreciar que los porcentajes de garantía hídrica, son los siguientes:

<u>Uso poblacional Coracora:</u>	<u>Uso agrícola, en términos volumétricos:</u>	<u>Uso agrícola, en términos de tiempo (meses):</u>
En términos volumétricos: 100 %	Chaviña: 93.06 %	Chaviña: 98.81 %
En términos de tiempo (meses): 100 %	Coracora-Chumpi: 84.09 %	Coracora-Chumpi: 98.02 %
	Yauca: 98,17 %	Yauca: 98.81 %

De esta manera, se demuestra la bondad del proyecto, se ha mejorado los déficits a la inicialmente propuesta en el Estudio de factibilidad, en la parte alta de la cuenca, ámbito del Gobierno Regional de Ayacucho, permitiendo que el número de beneficiarios sea mayor además de desaparecer para siempre, posibles causales de conflicto social por el uso del agua, entre los sectores beneficiados.



Se ha demostrado que sí es posible, desde el punto de vista hídrico, tener una estructura de almacenamiento de 65 MMC de volumen útil. La producción hídrica de esta parte de la cuenca (107.707 MMC de masa media plurianual, o 68.8678 MMC de masa plurianual al 75% de persistencia) constituye la mejor sostenibilidad del presente proyecto. Del modo similar la demanda de agua para consumo agrícola de los sectores de Coracora, Chaviña y Yauca es de 85.19 MMC y para uso poblacional es de 0.88 MMC.

### **3.5. GEOLOGÍA REGIONAL.**

#### **3.5.1. LITOESTRATIGRAFIA – ERA CENOZOICO**

##### **3.5.1.1. FORMACIÓN PARÁ (PG-PA).**

Según Olchausqui, E. (1980) en el Boletín N°70 de INGEMMET (1996), la formación Pará es una secuencia de rocas sedimentarias intercaladas con Piroclastos, que subyace al Grupo Tacaza y que cerca de Chaviña consiste de capas de Limolitas de color blanco humo, intercaladas con Areniscas Tobáceas color blanco a verde, Lutitas grises y Microconglomerados de color gris blanquecino, su edad se atribuye al Oligoceno.

##### **3.5.1.2. GRUPO TACAZA (PGN-TA)**

En 1946 Newel, N.D. describió como Grupo Tacaza a una secuencia de Basaltos y Arcosas rojas con aglomerados Andesíticos en la Mina Tacaza de Sta. Lucía - Puno, posteriormente Geólogos de INGEMMET y de la Asociación LAGESA – C.F.G.S. en el Boletín N°70 (1996) de INGEMMET, describen una exposición del Grupo Tacaza cerca de Chaviña, agrupándolo en dos unidades, la inferior en que alternan Areniscas de matriz Tobácea gris verdosa, con intercalaciones de Lutitas rojizas a violetas y capas de Aglomerados y Brechas con clastos poligénicos y la unidad superior que consiste de derrames andesíticos y riolíticos grises - verdes que intercalan con brechas y conglomerados volcánicos de matriz Tobácea; esta unidad se desarrolló

contemporáneamente con movimientos tectónicos del Mioceno (Fase Quichuana), su edad se atribuye Oligoceno – Mioceno.

### **3.5.2. NEOGENO**

#### **3.5.2.1. FORMACIÓN ANISO (NI-an)**

De naturaleza Sedimentaria – volcánica, esta formación consiste de intercalaciones de Areniscas Tobáceas grises a verdosas, con Areniscas Conglomerádicas, cuyos litoclastos subredondeados a subangulosos son de Toba Andesítica principalmente; también se observa estratos de tobas redepositadas. Los estratos son delgados; su edad se considera Mioceno Medio a Superior.

#### **3.5.2.2. FORMACIÓN ANDAMARCA (NS-an)**

La naturaleza de esta formación también es Volcánica – sedimentaria, está constituida por Tobas Ignimbríticas, Tobas Dacíticas y Areniscas Tobáceas que se intercalan sucesivamente, su edad se considera Neogeno Superior.

#### **3.5.2.3. GRUPO BARROSO (NQ-ba)**

Es un conjunto de rocas volcánicas en el que se reconocen dos secuencias, una inferior y otra superior, a las que se denomina Volcánico Barroso Inferior y Volcánico Barroso superior. El Volcánico Barroso inferior está constituido por Lavas y Brechas de composición Andesítica y Dacítica. El Volcánico Barroso Superior está constituido predominantemente por derrames Andesíticos y Dacíticos, los derrames se presentan en capas horizontales de 1 a 3 m de espesor y están levemente inclinadas 5° al Sur. Al Grupo Barroso se le asigna edad Plioceno – Pleistoceno.

### **3.5.3. CUATERNARIO**

#### **3.5.3.1. DEPÓSITO FLUVIOGLACIAR (Q-fg)**

Son originados por la actividad de glaciares, en la región se reconocen depósitos de morrenas (mezcla de gravas limosas y gravas arcillosas) que han

sido retrabajadas por transporte por cursos de agua, originalmente son producto del avance de frentes glaciares que conforman cordones de fragmentos de roca y suelo alrededor de los glaciares.

### 3.5.3.2. DEPÓSITO ALUVIAL (Q-al)

Se origina por el acarreo de fragmentos rocosos de los Ríos con escorrentía permanente, como el Río Sangarara que es el más importante afluente del recurso hídrico en el Proyecto. Estos depósitos están constituidos por cantos rodados y gravas heterométricas con relleno areno – limoso, ocupan el cauce actual del Río Sangarara y de los tributarios y terrazas anegadizas. El espesor de estos depósitos es variable. La importancia de los depósitos Aluviales es que constituyen una fuente potencial de aprovechamiento de materiales de construcción local para agregados de concreto.

CUADRO N°11: COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA REGIÓN QUE COMPRENDE AL ÁREA DEL PROYECTO

ERA	PERIODO	EPOCA	UNIDADES	SIMBOLO	DESCRIPCION LITOLOGICA	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósito Aluvial	Q-al	- Cantos rodados y gravas, con relleno arenoso y/o areno-limoso	
			Depósito Fluvioglacial	Q-fg	- Morrenas (mezcla de gravas limosas y gravas arcillosas) retrabajadas	
	NEOGENO	PLEISTOCENO	Grupo Barroso	NQ-ba	- Lavas y brechas de composición Andesítica y Dacítica, en capas horizontales.	
			Formación Andamarca	Ns-an	- Tobas Ignimbríticas, Tobas Dacíticas y Areniscas Tobáceas que se intercalan sucesivamente	
		MIOCENO	Formación Aniso	Ni-an	- Intercalaciones de Arenisca Tobácea gris con Arenisca Conglomerádica estratificada en capas de grosor medio.	
			Grupo Tacaza	PgN-tac	- Conformado por dos unidades, en la inferior alternan Areniscas de matriz Tobácea, con intercalaciones de Lutitas y capas de Aglomerados y Brechas, la unidad superior consiste de derrames Andesíticos y Riolíticos que intercalan con Brechas y Conglomerados volcánicos de matriz Tobácea.	
		PALEOGENO	OLIGOCENO	Formación Para	Pg-pa	- Conformada por intercalaciones de areniscas Tobáceas con Areniscas conglomerádicas, Lutitas, Limolitas, Aglomerados, Andesita microbrechosa, Tobas, Lapillis y Cenizas

### **3.5.4. GEOMORFOLOGÍA REGIONAL**

#### **3.5.4.1. GEOMORFOGÉNESIS**

La orogenia Hercínica con sus diferentes etapas tectónicas de plegamiento, hundimiento y levantamiento, configuró durante el Paleozoico los altos relieves de la Cordillera Oriental, la que durante el Mesozoico se comportó como una zona positiva. Durante el Mesozoico y al Oeste de esta cordillera, se desarrolló un gran surco geosinclinal que recibió un grueso aporte de materiales sedimentarios y volcánicos. Durante el Cretáceo tardío e inicios del Terciario, estos materiales fueron afectados por plegamientos y levantamientos correspondientes a los primeros grandes movimientos de la llamada Fase Orogénica Andina, que hicieron emerger miles de metros de espesor de estos sedimentos, formando la actual Cordillera Occidental.

Paralelamente a esta orogenia, y durante una etapa posterior, un enorme cuerpo magmático intrusivo conocido como Batolito de la Costa se emplazó sobre una franja de debilidad estructural occidental, el cual separó los volúmenes sedimentarios y volcánicos Mesozoicos en dos grandes bloques, el más grande quedó hacia el Este del Batolito, constituyendo la base de la región de la sierra y el menor quedó casi pegado al litoral, donde conforma una faja de islas marinas y colinas costeras. Otro episodio fundamental de esta orogenia, en su última fase tectónica (fines del Terciario hasta inicio del Cuaternario), fue el levantamiento de los Andes a sus altitudes aproximadamente actuales.

#### **3.5.4.2. HISTORIA ACERCA DE LA EVOLUCIÓN DEL RELIEVE**

Luego del complejo período morfotectónico anterior, durante el Mioceno, una etapa de erosión y aplanamiento generalizado del relieve, que afectó ambas cordilleras, condujo a la formación de una superficie llana a ondulada con pocos accidentes topográficos, conocida como "Superficie Puna". Luego del desarrollo de esta superficie de erosión, sobrevino una etapa en la que se produjo un nuevo y gran levantamiento que llevó a los Andes prácticamente a sus niveles actuales y que dejó a la Superficie Puna a una altitud comprendida entre los 3,800 y 4,800 msnm. Sin embargo, relieves relictos abruptos emergen a modo de lomadas y colinas sobre el nivel general de esta superficie, ya sea por la mayor dureza de

sus rocas constituyentes que resistieron mejor la erosión posterior, o por fallamientos locales modernos que las levantaron a manera de pequeños Horst. A su vez este levantamiento ocurrido entre el Plioceno y Pleistoceno, trajo como consecuencia una fuerte incisión de los cursos de agua, en general en todos los Andes. El proceso de incisión fluvial sobre las masas rocosas en elevación orogenética dio como resultado la actual configuración montañosa del relieve andino. Sin embargo, algunos sectores fueron cortados a mayor profundidad que otros, tales variaciones se deben principalmente a factores geológicos de orden local.

Otra ocurrencia de este período, con influencias decisivas sobre el relieve del área, fue el intenso vulcanismo del Terciario Superior, que produjo voluminosos derrames de lavas y depósitos de Tobas en estructuras más o menos horizontales. Estas estructuras fueron poco disturbadas por la tectónica subsiguiente, por ello, buena parte de las extensas altiplanicies que se hallan en el área de estudio deben su morfología, relativamente llana, a la estructura sub-horizontal poco plegada de las acumulaciones del vulcanismo Terciario.

#### **3.5.4.3. FISIOGRAFÍA**

Los procesos originadores de las formas del relieve hoy remanentes, que se han descrito en los párrafos precedentes, presentan a escala menor diversas formas de relieve que muestran distintas secciones fisiográficas.

Así el Proyecto Ancascocha está enclavado en la Cordillera Occidental (flanco oriental) con interfluvio regional en la vertiente Atlántica, quedando comprendida en las unidades geográficas de la Meseta Altiplánica a elevaciones comprendidas entre 3,000 a 4,000 m.s.n.m.

Entonces la Geomorfología Regional está conformada por las unidades que se listan y describen a continuación, a las que se suma la unidad de lagunas, todas las que están representadas en el Plano Geomorfológico Regional:

#### **A. MONTAÑAS Y LADERAS CON PENDIENTES FUERTES**

Son grandes elevaciones montañosas cuyas laderas tienen taludes fuertes y comprendidos entre 30° a 50°.

### **B. COLINAS Y LADERAS CON PENDIENTE MODERADA**

Son colinas y elevaciones montañosas cuyas laderas tienen taludes comprendidos entre 15° a 30°.

### **C. MESETAS ESTRUCTURALES**

Se denomina así a zonas intermedias de las laderas de grandes montañas, en las que se han configurado mesetas estructurales como efecto de la ocurrencia de procesos tectónicos con fallas de rumbo paralelo al de las laderas montañosas, los que ocurrieron en el pasado geológico de la región.

### **D. VALLES CON RELIEVE SUB – HORIZONTAL**

Se trata de los espacios básicamente planos de las bases o fondo de valles tributarios o quebradas y asimismo del valle principal.

### **E. LADERAS DE CERROS CON PENDIENTES MODERADAS**

Se denomina así a las laderas de las colinas y cerros ubicados en la parte media del valle principal.

### **F. CONOS DE DERRUBIOS Y TERRAZAS ALUVIALES**

Se denomina así a extendidas franjas configuradas por los depósitos del pie de laderas y de las amplias terrazas aluviales y llanuras de inundación del valle principal.

### **G. VALLES INTERANDINOS**

Este tipo de relieve tiene desarrollo a partir de la parte media del valle y hasta las estribaciones cordilleranas, en realidad su definición responde igualmente a la descrita para el caso de las terrazas aluviales o llanura de inundación.

### **3.5.5. ESTRUCTURAS DE DEFORMACIÓN**

La región que comprende al área del proyecto corresponde casi en su totalidad a rocas volcánicas del Cenozoico, especialmente y en gran parte a rocas de la cubierta del Grupo Barroso, cuyos horizontes o capas están en posición horizontal a sub-horizontal y que algunas veces alcanzan inclinaciones



de hasta 15° debido a la posición del paleo-relieve cubierto por estos volcánicos; la fase Quichuana de Epirogénesis Tectónica ha afectado estas unidades levemente originando combamientos en las zonas de fallas.

El área de estudio está poco afectada por dislocaciones tectónicas, sin embargo se debe mencionar tres grandes fallas de rumbo aproximado N-S, que atraviesan el área de geología regional mostrada en el plano listado con el código 40-10-01-E01, en el pasado geológico algunas de las fallas han sido objeto de reactivaciones que han afectado a la región y dentro de esta a la unidad Barroso, empero en las zonas examinadas no se han observado vestigios de actividad Neotectónica.

### **3.5.6. HIDROGEOLOGÍA**

Los acuíferos de la cuenca del Río Yauca dentro del área demarcada para el mapa de Geología Regional, se localizan en zonas de laderas, montañas y especialmente en el piso del valle. Estos acuíferos son de dos tipos:

- Acuíferos fisurados o fracturados y porosos en rocas volcánicas (conforman acuíferos en las laderas y fondo del valle).
- Acuíferos porosos no consolidados en depósitos cuaternarios (conforman acuíferos en fondo de valle, en laderas es muy eventual).

#### **3.5.6.1. ACUÍFEROS FISURADOS**

Se denominan fisurados por que poseen gran cantidad de fracturas, las cuales facilitan la infiltración de las aguas meteóricas que alimentan a las aguas subterráneas. Tienen gran exposición de afloramientos en la cuenca, especialmente en la parte de la cordillera. Las unidades de rocas volcánicas descritas comprenden entre sus horizontes formaciones arenosas y arena limosas porosas como las que se han encontrado con las perforaciones en el sitio de la presa, esto ocurre tanto en las unidades Tacaza como Barroso.

#### **3.5.6.2. ACUÍFEROS POROSOS NO CONSOLIDADOS**

Estos acuíferos se localizan en sedimentos cuaternarios del piso del valle, son gravas y arenas fluviales, que en algunos casos se encuentran semi-

confinadas. La distribución piezométrica de este acuífero responde por lo general a un régimen para el caso de los sectores ubicados en los cursos fluviales.

### **3.5.7. GEODINÁMICA EXTERNA**

#### **3.5.7.1. DESLIZAMIENTO Y DERRUMBES DE ROCA**

En la localidad de Chanchairo cerca a las cabeceras del embalse por su margen derecha, se han observado unas cuantas grietas huellas y acumulaciones de materiales deslizados y/o derrumbados que hoy han sufrido asentamientos y grietas por tracción, sin embargo este tipo de ocurrencia está muy localizada y no se observan evidencias que su progreso pueda significar un riesgo serio para el embalse pues no se trata de grandes volúmenes sino de escasas y localizadas manifestaciones del terreno.

#### **3.5.7.2. ALUVIONES**

En el pasado, época del Pleistoceno e incluso en períodos Holocénicos se dieron aluviones de gran magnitud por su carga de escorrentía, extremadamente grandes aún a escala mundial con una altitud variable de las cuencas entre 4000 a 4300 msnm. un ejemplo casi evidente de ello son las escarpas que hay en las elevaciones sobre la laguna Ancascocha desde donde hay distancias de 4.5 km y hasta 10 kilómetros lineales con respecto por ejemplo al sitio de cierre de la actual presa, esto nos da idea que en el pasado no muy lejano ocurrieron eventos muy grandes del tipo aluvión (como el ocurrido el 31 de mayo de 1970 en la Cordillera Blanca sobre Yungay) en la actualidad las condiciones para generar eventos similares se han reducido a un mínimo, debido a que en prácticamente todas las cabeceras que antes fueron glaciares.

#### **3.5.7.3. PROCESOS DE GEODINÁMICA EXTERNA**

Los factores naturales causantes de los procesos geodinámicas contemporáneas que se presentan en el área de estudio, son los siguientes:

- Alta precipitación pluvial, es el más importante por su potencial de afectación sobre todo en cuanto a la estabilidad de las laderas.

- Terremotos fuertes, contribuyen a los procesos de desestabilización de taludes, iniciando nuevos deslizamientos o reactivando los existentes.
- Procesos de meteorización,
- Acumulación de grandes masas de suelo

#### **A. UNIDAD ANTRÓPICA.**

Se citan los siguientes:

- Destrucción de la cobertura vegetal.
- Agresión al talud natural del terreno, por construcción de carreteras, canales de irrigación, presas de embalse, centros poblados, etc.
- Canales de irrigación sin revestimiento.

### **3.6. GEOLOGÍA LOCAL AREA DEL EMBALSE**

#### **3.6.1. LITOESTRATIGRAFIA**

Todas las unidades geológicas que aquí se describen. En el área de influencia del embalse de la Presa Proyectoada Ancascocha se han distinguido las siguientes unidades geológicas:

#### **3.6.2. CENOZOICO - GRUPO TACAZA**

Debido a la escala del plano se ha expresado mayor detalle del Grupo Tacaza ya que está ampliamente expuesto en laderas del embalse, habiéndose distinguido cuatro miembros que se describen a continuación empezando por el más antiguo al más reciente, su edad se atribuye Paleógeno – Neógeno. Se menciona que en todos los casos las rocas que afloran están afectadas por un grado considerable de fracturación que grada desde fragmentada hasta muy fracturada y que son escasas las exposiciones en donde se observa roca con cierta integridad, asimismo el grado de meteorización grada entre la calidad de suelo residual y muy meteorizado.

##### **3.6.2.1. MIEMBRO INFERIOR, (PN-ta/av)**

Conformado por areniscas con matriz Tobácea, intercaladas con capas de Limoarcillitas, y Aglomerado volcánico, conformada casi totalmente de trozos angulares y/o redondeados de lava, de variados tamaños, todo en una matriz de lava; aflora en la ladera derecha, en una quebrada próxima a la comunidad Chanchairo.

### **3.6.2.2. MIEMBRO SEGUNDO, (PN-ta/ig)**

Conformado de Ignimbrita, Riolita, color blanquecino, aflora en el estribo derecho de la Presa Proyectada Ancascocha, en los alrededores de Chaviña y en la cabecera en afloramientos ubicados en ambos estribos. Hacia la cabecera de la laguna, por el ingreso del Rio Sangarara, en el borde derecho se observa ignimbrita, en el estribo izquierdo son ignimbritas muy fracturadas y muy alteradas por argilización, lo que ha provocado el colapso de las ignimbritas en la superficie de algunos sectores.

### **3.6.2.3. MIEMBRO TERCERO, (PN-ta/tan).**

Conformado por flujos de lava traqueandesítica, color grisáceo claro, textura Traquítica, muy fracturada, la matriz presenta Argilización.

### **3.6.2.4. MIEMBRO SUPERIOR, (PN-ta/a).**

Conformado por derrames andesíticos de color gris verdoso afloran en estribo derecho por la carretera afirmada del proyecto y que llega a Chanchairo.

### **3.6.2.5. INDIVISO (NM-and).**

Bajo la simbología indicada se reconoce afloramientos amplios de rocas que según el Boletín N°70 (cuadrángulo Chaviña o-30) se trata de roca ígnea (Hipabisal) del tipo Andesita, ubicada en ambas márgenes del embalse Ancascocha cerca de la zona de la cerrada existente, se trata de afloramientos de roca Andesita de color gris a marrón por intemperismo, tiene textura porfirítica y sus afloramientos se ubican en ambas laderas del embalse en la zona cercana al eje de la Presa Proyectada Ancascocha existente y también en la zona del estribo izquierdo de la Presa Proyectada Ancascocha, esta formación se extiende aguas abajo por la ladera izquierda; en afloramiento esta roca se observa bastante erosionada y con alto grado de fracturación y de meteorización, la matriz volcánica está alterada por acción hidrotermal, a esta unidad se le atribuye edad Neógeno.

### **3.6.2.6. CUATERNARIO**

**a. DEPOSITO ELUVIAL (qh-el)**

También se conoce como “suelo residual” es el producto de la descomposición por alteración y meteorización de la roca originaria del substrato, en los que aún se puede observar rasgos de roca, su composición es de fragmentos rocosos heterométricos (limos, arenas, gravas y bloques menores, etc) que no han sido transportados, estos materiales mejoran gradualmente en profundidad hasta el grado original de roca, este tipo de suelo está expuesto en la ladera izquierda del Río hacia la cabecera del embalse, también se le puede encontrar en diversos sectores por todo el área de las laderas del Embalse y en las laderas del sitio de la presa pero como un segundo horizonte o estrato por debajo de los depósitos deluvial - coluviales y deluviales.

**b. DEPOSITO DELUVIAL COLUVIAL (qh-dcl)**

Es el tipo de suelo que está más difundido en las laderas del embalse y del sitio de la presa, se trata de suelo conformado por gravas y bloques menores aglomerados por una matriz generalmente arenosa, limosa y arcillosa.

**c. DEPOSITO DELUVIAL (qh-dl)**

Este tipo de suelo es producto de la erosión y transporte del suelo eluvial del cual provienen, por lo tanto su composición es similar que la de los suelos eluviales (suelo residual) del cual provienen, está más difundido en las ladera derecha del sector del sitio de la presa existente y de la proyectada también, se trata de capas de suelo conformados por gravas, bloques menores aglomerados por una matriz generalmente arenosa, limosa y arcillosa.

**d. DEPOSITO ALUVIAL (qh-al)**

Se origina por el acarreo de fragmentos rocosos de los Ríos con escorrentía permanente, como el Río Sangarara que es el más importante afluente del recurso hídrico en el Proyecto. Estos depósitos están constituidos por cantos rodados y gravas heterométricas con relleno arena – limoso, ocupan el cauce actual del Río Sangarara y de los tributarios y terrazas anegadizas. El espesor de estos depósitos es variable.

**e. DEPOSITO FLUVIAL (qh-fl)**

Constituyen depósitos transportados por la corriente del río Sangarara, litológicamente está compuesto por gravas, arenas de naturaleza polimíctica en delgadas capas.

**f. DEPOSITO PROLUVIAL (qh-pl)**

Son depósitos provenientes de corrientes temporales de agua y lluvias, ocasionando acumulación de fragmentos rocosos y lodos a manera de conos de deyección en su desembocadura, están constituidos por grava y arena limosa y gravas limo arcillosas.

**g. DEPOSITO ANTRÓPICO (qh-an)**

Son depósitos generados por el hombre mediante procesos manuales o industriales

CUADRO N°12: COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DEL ÁREA DE EMBALSE – PRESA PROYECTADA ANCASCOCHA

ERA	PERIODO	EPOCA	UNIDADES	SIMBOLO	DESCRIPCION LITOLOGICA	
CENOZOICO	CUATERNARIO	HOLOCENO	Depósito Antrópico	Qh-an	- Depósitos generados por el hombre.	
			Depósito Proluvial	Qh-pl	- Grava y arena limosa y grava limo arcillosa.	
			Depósito Fluvial	Qh-fl	- Ggravas y arenas.	
			Depósito Aluvial	Qh-al	- Cantos rodados y grava con relleno areno limoso	
			Depósito Deluvial	Qh-dl	- Gravas y bloques menores con relleno areno limoso arcill	
			Depósito Deluvio Coluvial	Qh-dcl	- Gravas y bloques menores con relleno areno limoso arcill	
			Depósito Eluvial	Qh-el	- Suelo residual (limos, arenas, gravas y bloques	
	NEOGENO	MIOCENO				- Nm-and Neogeno – Mioceno, r Andesita muy fracturada y metec
					PN-ta/a	- Derrames Andesíticos.
					PN-ta/tan	- Lava Traqueandesítica muy fracturada.
PALEOGENO	OLIGOCENO	Grupo Tacaza		PN-ta/ig	- Ignimbríta muy alterada y meteorizada.	
				PN-ta/av	- Areniscas de matriz tobácea intercaladas con Limoar Aglomerado volcánico con matriz de lava	

**3.6.3. GEOMORFOLOGÍA LOCAL**



### **3.6.3.1. CERROS Y COLINAS**

Este tipo de relieve es relativamente suave y está conformado por formaciones volcánicas que tienen una cobertura de materiales sueltos, la altura de las laderas sobrepasa 25 m.

A la condición de regular disección del relieve, se suman en tramos localizados, pendientes predominantemente mayores de 20° en ambos estribos, en donde figuran coberturas de formaciones de suelos Deluvial Coluviales en condición de estabilidad.

#### **a. LADERAS MODERADAS**

Se han identificado en las laderas adyacentes a la laguna (embalse de la Presa Proyectada Ancascocha) y en las laderas conexas al cauce, en donde predominan taludes con inclinación moderada variable entre 15° a 30°.

#### **b. CURSO FLUVIAL (CAUSE FLUVIAL)**

La más importante expresión morfológica de este tipo la constituye el cauce del Río Sangarara que es el eje principal de la red de drenaje del valle, sin embargo en el tramo en que están comprendidas las obras, éste se encuentra inundado bajo el espejo de agua de la laguna hoy embalse Ancascocha, pero se puede ver tanto aguas debajo de la presa existente como en el extremo opuesto en la cabecera del embalse, en estos casos la pendiente del cauce es de unos 2° a 3°, este cauce está conformados por materiales fluviales sueltos conformados por gravas y bolos con aglomerante de arena y limo.

### **3.6.4. ESTRUCTURAS DE DEFORMACIÓN**

Las descripciones que se hacen sobre fallas y otras estructuras geológicas en general, tienen relación con las mostradas al respecto en el plano "Geología del Área de Embalse Presa Proyectada Ancascocha".

#### **3.6.4.1. FALLAS Y/O FISURAS**

Con respecto al Área de Embalse (Laguna Ancascocha), la disposición de fallas es evidente tanto por el lado derecho como por la parte central e izquierda de ésta, zona por donde es posible que haya ascendido y fluido la Andesita (Nm-and).

Una serie de fallas cuyos rumbos varían entre N320°E y N010°E debe tener relación con la intrusión de andesita (Nm-and) ya que es por una de estas por donde debe haber emergido (fluido) y a la vez sellado la falla, esto explicaría cómo es que se pone en contacto esta andesita con la roca Ignimbrita del Grupo Tacaza que conforman el basamento rocoso del estribo izquierdo en la cerrada de la Presa Proyectoada Ancascocha, de otro lado hacia las cabeceras del embalse de la laguna Ancascocha, en unos aforamientos se hace evidente el colapso de Ignimbritas soldadas cuya base se encuentra muy alterada y tiene orientación paralela N 340°E hacia la desembocadura del río Sangarara, esto estaría indicando la presencia de las indicadas fallas, asimismo buzamientos de 35° a 42° en la parte NE (ladera izquierda del embalse) podría estar indicando un combamiento de la formación por la cercanía de la traza de la falla que atraviesa de NS la Laguna, ya que normalmente los buzamientos no exceden de 10° en estas formaciones volcánicas.

### **3.6.5. HIDROGEOLOGÍA**

Los acuíferos de la cuenca del Río Yauca, se localizan en zonas de laderas, montañas y en el piso del valle. Estos son de dos tipos:

- Acuíferos fisurados o fracturados y porosos en rocas volcánicas.
- Acuíferos porosos no consolidados en depósitos cuaternarios.

#### **3.6.5.1. ACUÍFEROS FISURADOS Y POROSOS**

Se denominan fisurados por que poseen gran cantidad de fracturas, las cuales facilitan la infiltración de las aguas meteóricas que alimentan a las aguas subterráneas. Tienen gran exposición de afloramientos en la cuenca, especialmente en la parte de la Cordillera. Las unidades de rocas volcánicas descritas comprenden entre sus horizontes formaciones arenosas y arena limosas porosas como las que se han encontrado con las perforaciones en el sitio de la presa, esto ocurre tanto en las unidades Grupo Tacaza como en el Grupo Barroso.

### **3.6.5.2. LOS ACUIFEROS POROSOS NO CONSOLIDADOS**

Estos acuíferos se localizan en sedimentos cuaternarios del piso del valle, corresponden a gravas y arenas fluviales, que en algunos casos se encuentran semi-confinados. La distribución piezométrica de este acuífero refleja el comportamiento esperado para sectores ubicados en los cursos fluviales.

La Cuenca Lagunar es de origen tectónico y aunque tienen una cubierta volcánica, los ciclos de deshielos de la parte alta han causado erosión de las rocas debido al pobre estado de conservación de éstas. La conservación del macizo rocoso de Tobas es mala debido a que la meteorización causada por insolación, lluvias y cambios de temperatura ha facilitado su erosión, en la actualidad están cubiertas por depósitos de tipo Deluvial principalmente, sin embargo esto no impide la infiltración de agua tanto por la porosidad de la masa de la matriz aglomerante de la roca como por los niveles de Ignimbritas arenosas descompuestas y por los planos de fracturas y de fallas existentes.

El Río Sangarara es de régimen permanente y recibe aportes permanentes aunque con caudales variables del Río Pallca Huaycco y de otros riachuelos, lo que configura y sostiene el acuífero en el fondo del valle.

### **3.6.6. GEODINÁMICA EXTERNA**

De los trabajos de reconocimiento efectuados en el terreno se concluye que una serie de fenómenos de geodinámica externa han tenido lugar en el área de estudio, debe mencionarse al respecto que su ocurrencia ha contribuido en gran medida al modelado del relieve que se observa en el área del proyecto, entre los más conspicuos se puede citar a los siguientes:

#### **3.6.6.1. DERRUMBES, Y AVALANCHAS DE ROCAS.**

Desde la Laguna Ancascocha a 700 metros al Este, se observa en la parte baja del C° Caccasiri, un cono de deslizamiento de materiales heterogéneos depositados por el río Huaychahuaja en el pasado reciente, en la actualidad allí está asentada la comunidad Totorapampa, fundo Pacha, sobre cuyas inmediaciones existe una cicatriz de colapso en forma de cuña

En la parte baja del estribo izquierdo de la presa, se observa un depósito de suelo del tipo Deluvial-coluvial (no ubicado en el plano por su pequeña área

y la escala del plano), en el que se distinguen dos horizontes, el primero al pie del estribo está conformado por grava angulosa menor de 5 cm, de Ignimbrita, con matriz areno limosa, el segundo horizonte sobreyace al primero y está conformado por grava de Andesita, de tamaño  $< 7$  cm y bolones angulosos, todo englobado en matriz de arena limo y arcilla, son acumulaciones de consolidación mediana a buena, este depósito proviene de la parte alta de la ladera como efecto de la gravedad y/o de movimientos en masa, en estado seco su estabilidad es mediana, pero en estado saturado su derrumbe es inminente. En el lado derecho de la presa se observan afloramientos de aglomerado volcánico de color verde claro, con intemperismo moderado, el talud se mantiene lo que indica poco desgaste erosivo.

#### **A. CONOS DE DESLIZAMIENTO**

Hacia el ingreso a la laguna, por el lado derecho, la comunidad de Chanchairo está asentada sobre un cono de deslizamiento, tales materiales provienen del talud superior en donde sobre la roca se observa un escarpe de roturas y no está presente la cobertura de vegetación, lo que es resultado del desprendimiento de suelos siguiendo un plano inclinado de  $50^\circ$ .

#### **B. EROSIÓN LAMINAR DE LADERAS**

Es un proceso visible de la erosión, especialmente cuando se concentra en surcos. Su ocurrencia es implícita en las áreas afectadas por abarrancamientos, desarrollándose también en las zonas de pendientes más pronunciadas, incluso en áreas poco inclinadas. Su acción está directamente relacionada a la cobertura vegetal que pueda existir en el área afectada, quedando claro que a mayor cobertura vegetal de musgos de color verde, se reduce la acción erosiva de la lluvia, esto ocurre en la parte media a baja de la ladera, en cambio hacia y en la cumbre, la roca Andesita sufre desgaste por la erosión laminar.

#### **C. EROSIÓN FLUVIAL**

Este tipo de erosión se ha observado en el río Sangarara por el ingreso a la cola del embalse, en donde el cauce se encuentra relleno de agregado grueso

(tamaño de grava < 2 cm.), y se presenta colmatación, el riesgo de este tipo de erosión es moderado.

CUADRO N°13: GEODINÁMICA EXTERNA

TIPOS	AREA/LONGITUD	LOCALIZACIÓN	RIESGOS
Derrumbes, y avalanchas de rocas	700 metros al Este	Totorapampa	Bajo
Cono de deslizamientos	Ingreso a la laguna	Comunidad de Chanchairo	Moderada a Baja
Erosión laminar de laderas	Laderas del embalse	saturación y colmatación de agregado gruesos al embalse	moderado
Erosión fluvial	Río Sangarara	Ingreso al embalse	moderado

### 3.7. GEOLOGÍA DEL SITIO DE LA PRESA

#### 3.7.1. LITOESTRATIGRAFIA

Se menciona aquí que en la superficie del área considerada en el mapa geológico del sitio de la presa, predominan los depósitos de materiales sueltos que se clasifican como suelos cuya edad corresponde al Cuaternario reciente u Holoceno, en cambio son reducidas las áreas en donde están expuestas formaciones de roca, en colación con ello debe mencionarse también que el espesor de los depósitos de suelos varía desde escasos centímetros hasta 4 m aproximadamente, ocurre también que hay afloramientos de roca de área muy pequeña cuyo estado de conservación denota que se trata de “suelo residual”, en tal sentido, en los planos de geología de detalle, las líneas de contacto se han trazado considerando evidente y amplio contacto roca – suelo y en todo caso las coberturas de espesor muy delgado se han omitido y se han considerado como roca.

En la zona de cierre se han distinguido y mapeado las siguientes unidades geológicas, de la más antigua a la más reciente.

### **3.7.2. CENOZOICO**

#### **3.7.2.1. GRUPO TACAZA (PN-ta/ig)**

Esta formación configura tanto la parte central como el estribo derecho de la cerrada de la Presa Proyectada Ancascocha y está conformada por horizontes de Aglomerado conformado de trozos angulares litoclastos de Andesita, la matriz aglomerante es ceniza, y horizontes de Ignimbrita que consiste de toba dura compuesta de fragmentos de Andesita en una matriz de fragmentos.

Tanto en afloramientos de esta roca así como en los testigos de perforación (PPA-1, PPA-02, PPA-03, PPA-04, ) se ha observado que en general esta roca está afectada por un grado variable de fracturación entre muy fracturada y hasta fragmentada, con RQD igualmente bajo y por lo general variable entre 0 y 40% (predominando valores de 0 a 20%) hasta profundidades de 35 m alcanzadas con las perforaciones del cauce del Río (PPA-1, PPA-02, PPA-03), en la perforación del cauce del río es prácticamente 15% hasta 11 m, de esta profundidad hasta 33.50 m el RQD mejora con valores de 20 a 55%, pero desde esta profundidad y hasta el fin del sondeo en 60.0 m el RQD es mucho mejor sin embargo esta consitiuido por rocas blandas, considerando además que cuando menos dos fallas normales pueden haber desplazado a manera de escalones (Echelon) esta formación creando una fosa tectónica, entonces, ello explicaría como es que los registros de las perforaciones de la parte baja (PPA-1, PPA-02, PPA-03) son bastante similares que el de la perforación PPA-04. A esta formación se le atribuye edad Paleogeno Neogeno.

#### **3.7.2.2. GRUPO TACAZA (PN-ta/a)**

Esta formación de roca volcánica configura el estribo izquierdo de la cerrada de la Presa Proyectada Ancascocha, está conformada por roca Andesita



de textura porfirítica y color gris que sobreyace a Ignimbrita de textura porfirítica y coloración blanquecina, en sus afloramientos la Andesita está muy alterada y meteorizada al grado de roca completamente alterada y/o como suelo residual y en cuanto a fracturación esta roca está fragmentada, esto se refleja en las perforaciones PPA-05, PPA-06 Y PPA-07 en cuyas muestras el RQD se ha medido prácticamente como 20% hasta 20 m de profundidad y el grado de fracturación es el de roca fragmentada, en la perforación PPA-03 la Ignimbrita igualmente presenta propiedades de fracturación y de alteración muy bajas y su matriz aglomerante por lo general está muy alterada al punto que la muestra saturada se deshace con presión de la mano, a esta unidad se le atribuye edad Neógeno.

### **3.7.3. CUATERNARIO.**

#### **3.7.3.1. DEPOSITO DELUVIAL (Qh-dl)**

En ambas laderas de los estribos de la cerrada se observan coberturas de suelos deluviales que provienen de la remoción de los suelos residuales de la corteza descompuesta y totalmente meteorizada de la roca subyacente, por lo que su composición es de fragmentos de roca angulosos con un relleno arenoso limoso y arcilloso, todo medianamente compacto, su espesor varía desde algunos centímetros hasta algunos pocos metros por lo general, en la superficie están asentados con una cubierta de vegetación de pastos.

#### **3.7.3.2. DEPÓSITO ALUVIAL (Qh – al)**

Litológicamente está compuesto de gravas redondeadas y bolos y bloques menores por lo general con relleno arenoso, todo suelto.

### **3.7.4. ESTRUCTURAS DE DEFORMACIÓN**

#### **3.7.4.1. ESTRUCTURAS MAYORES DE FALLA**

Dos estructuras del tipo de Falla normal figuran en el Plano Geológico del Sitio de la Presa, una tiene rumbo N320°E y la otra N340°E, se presume que la primera mencionada fue la vía que habría servido para el emplazamiento de

Andesita e Ignimbritas que conforman el estribo izquierdo del Sitio de la Presa y asimismo gran parte de ladera izquierda hacia aguas abajo, conformando el bloque hundido de la falla, esta falla y otra más indicadas en el Plano de Geología del Sitio de la Presa así como en el Plano de Geología del Embalse explicarían como en el estribo izquierdo aflora la formación de Andesita (Nm-and) y en el derecho aflora la Sub-Unidad Ignimbritas Brechadas (PN-ta/ig-br).

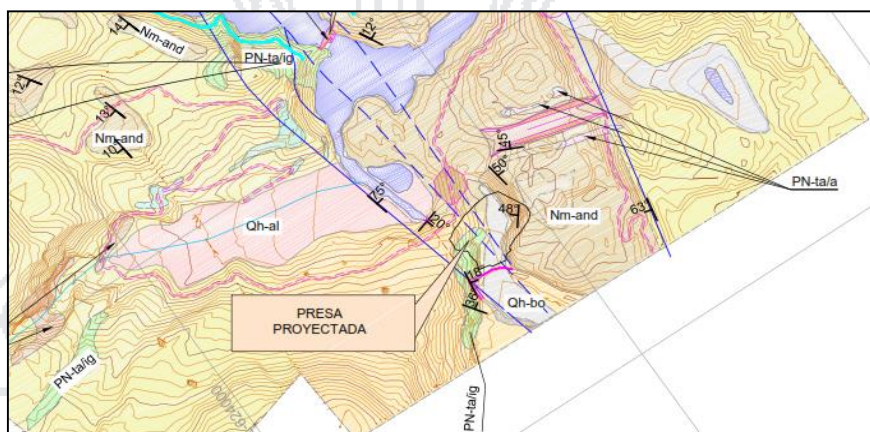


FIGURA N° 1: FALLAS INFERIDAS LONGITUDINALES

#### 3.7.4.2. LINEAMIENTO DE DEFORMACIÓN.

Procesos tectónicos recurrentes por la elevación de la Cordillera de los Andes así como también intensos procesos de vulcanismo han generado deformación y con ello fallas, fracturas y ciertas deformaciones plegativas, aunque esto en las combaduras de las zonas de fallas grandes. Las fracturas que hoy se observan y que afectan a todas las rocas del área de interés del proyecto son efecto de los procesos aquí reseñados, sin embargo las unidades de roca expuestas en el sitio de la Presa no son muy antiguas, el Grupo Tacaza tuvo su desarrollo en un período comprendido desde hace 40 a 15 Millones de años (Paleógeno – Neógeno) y el Grupo Barroso desde hace 4 millones hasta 10,000 años (Plioceno - Holoceno), una prueba de ello es que siendo formaciones volcánicas han sido “depositadas” en capas y tales capas no muestran ahora mucha deformación (buzamientos no mayores de 10° por lo general, excepto en donde las corrientes de lava se “acomodaron” sobre relieves con declives mayores o en la zona de deformación de las fallas (“combadura”). Con la finalidad de reconocer las tendencias predominantes de las fracturas que afectan a las rocas del sitio de la presa, se llevó a cabo una estación de mediciones en la que se midió el Azimut de Buzamiento de las discontinuidades,

los resultados son presentados en proyección estereográfica que sigue. Estación Geomecánica 1 – Estribo Izquierdo: Roca Andesita – Eje Presa Proyectada

- 1.- Orientación J1: Dip direction 010° / dip 40°
- 2.- Orientación J2: Dip direction 205° / dip 30°
- 3.- Orientación J3: Dip direction 118° / dip 80°

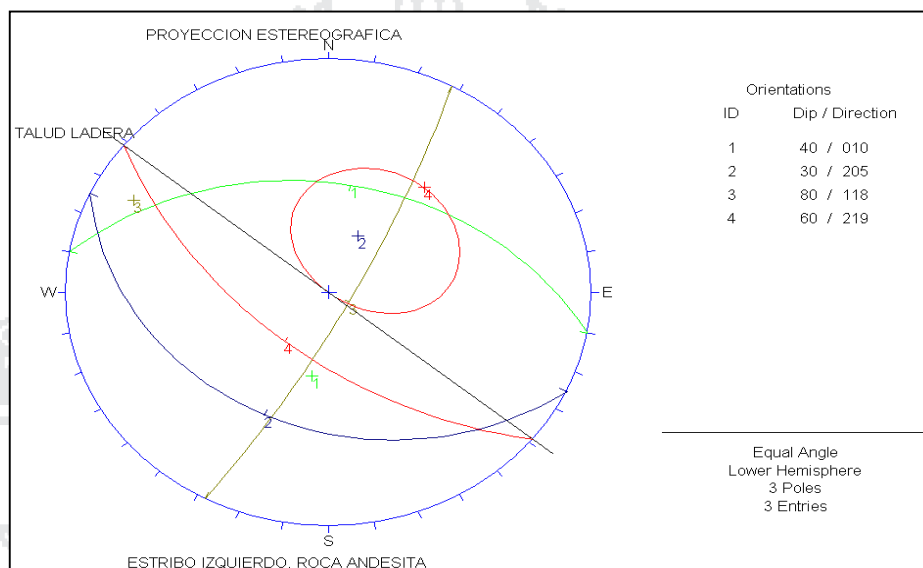


FIGURA N° 2: CONCENTRACIONES DE ESTRIBO IZQUIERDO – ROCA ANDESITA

Respecto a estación 1, se concluye:

El análisis cinemático, denota que la intersección de juntas ID 1- ID 3 son cuñas que están dentro de la zona Daylight y por lo tanto son estables, el polo del plano J2 se ubica dentro de la envolvente de Markland lo que indica que hay condiciones cinemáticas para deslizamiento. En congruencia con esta condición de deslizamiento habrá que verificar en obra esta tendencia y si fuese el caso también se deberán tomar medidas de estabilización cuando se trate de cortes que modifican el talud natural ahora estable (AGLIARDI A. C.; MELONI. F. VALLE. C. 2003).

### 3.7.5. HIDROGEOLOGÍA.

En la Presa Proyectada Ancascocha, por el lado Izquierdo hacia la base o pie de presa, con coordenadas N 8347949, E 624686 aflora agua (0.5 l/s) hacia aguas abajo y cerca al sondeo diamantino PPA-01.

Los resultados de las pruebas de permeabilidad efectuadas en los sondeos diamantinos PPA-07, muestran tramos que pueden considerarse como drenes de percolación de acuíferos fisurados donde la permeabilidad se refiere a rocas blandas muy descompuestas que por su aspecto se asemejan a horizontes sedimentarios arenosos de granos de rocas piroclásticas y de Andesita muy fracturada lo que incrementa su permeabilidad.

### 3.7.6. GEODINÁMICA EXTERNA

Del reconocimiento efectuado se anotan los aspectos de mayor relevancia en el Cuadro 7 a continuación, sin embargo debe mencionarse también que no se han observado posibilidades de relevancia para la ocurrencia de fenómenos de geodinámica externa que puedan afectar las obras proyectadas durante el período de la vida útil de la presa proyectada.

CUADRO N°14: GEODINÁMICA EXTERNA

<i>Tipos</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Descripción</i>	<i>Riesgo</i>
Erosión laminar por percolación Sub-superficial	Cara de taludes	Eje de Presa proyectada, presenta surcos	Moderado
Erosión fluvial	Curso del río	En el cuenco amortiguador no hay saturación ni colmatación de agregado gruesos	Baja
Colmatación	Litoral inicial del Cuenco amortiguador	Colmatación de gruesos por la obra de la construcción de la presa	Baja

### 3.8. GEOLOGIA DEL ÁREA DE MATERIALES

Las áreas en donde se pueden obtener los materiales granulares: Permeables y agregados, se ubican a lo largo del cauce del Río Sangarara; la explotación podría ser mediante la selección y/o chancado de los bloques y cantos rodados existentes a lo largo del cauce.

#### 3.8.1. AGREGADOS PARA LA PRESA

##### 3.8.1.1. CANTERA CHAMCHAIRO

##### Ubicación, Acceso y Tipo de Depósito

Esta zona se encuentra en case Río (zona Chanchairo) hacia estribo derecho del río Sangarara, esta es accesible por carretera afirmada en aproximadamente 6 km, y está conformada por depósitos aluviales y está

constituida por arenas con gravas y poco limos con bloques homogéneos a variables de formas redondeadas.

Cálculo de Volumen: Tomando una posición conservadora, se ha efectuado el cálculo de volumen, cuyo resultado es:

Área	:	90,000 m <sup>2</sup>
Espesor útil	:	2.50m
Volumen bruto	:	225,000 m <sup>3</sup>
Eficiencia de extracción	:	90 %
Volumen Útil	:	202,500 m <sup>3</sup>
Tratamientos y Usos conexas.	:	concreto para presa y obras

### **3.8.1.2. CANTERA TOROPAMPA.**

#### **Ubicación, Acceso y Tipo de Depósito**

Esta zona se encuentra aproximadamente a 1 km de la Comunidad Totorapampa, accesible por la carretera afirmada que llega a dicha comunidad, la cantera está ubicada en una planicie, el depósito está conformado por bloques de rocas sueltas de Piroclásticos Andesíticos con alteración pervasiva de silicificación, de color gris claro, textura porfirítica, la silicificación ha obliterado la matriz volcánica, dichos afloramientos se encuentran en bloques sueltos de tamaños variables hasta 3 m de altura, lo que ocurrió es que tales bloques son producto del colapso de capas de ignimbrita de la parte superior del afloramiento, en donde una intrusión de domo volcánico que no aflora ha alterado por argilización el contacto, lo que consecuentemente ha desestabilizado el macizo con los efectos de desplomes indicados.





FIGURA N° 3: CANTERA DE ROCAS EN TOTORAPAMPA

Cálculo de Volumen

Efectuando una estimación conservadora, se tienen los siguientes resultados:

- Área : 192910.867 m<sup>2</sup>
- Espesor útil : 2.50m
- Volumen explotable : 482277.17 m<sup>3</sup>
- Eficiencia de extracción : 50%
- Volumen Útil : 241,138.58 m<sup>3</sup>
- Tratamiento y usos : Rip rap, contrafuerte

CUADRO N°15: RESUMEN DE CANTERAS PRESA PROYECTADA ANCASCOCHA

Canteras	Usos de materiales (m3)	Requerimiento de material (m3)
<b>CANTERA CHANCHAIRO</b>	1a plinton	526.02
AGREGADOS	1b pantalla	2690.32
<b>202,500.00 m3.</b>	2 a solado	1268.71
	2 b soporte losa filtro	17946.73
	3 b recubrimiento	306.29
	3 c relleno de grava	271952.71
<b>CANTERA TOTORAPAMPA</b>		
ROCAS	(roca seleccionada)	241138.58
<b>241,138.58 m3</b>		





## CAPITULO IV

### ANÁLISIS Y EXPOSICIÓN DE RESULTADOS.

#### 4.1. CARACTERÍSTICAS GEOTÉCNICAS GENERALES DEL VASO Y EJE DE PRESA.

La evaluación geotécnica del proyecto de ampliación de la presa Ancascocha tiene como objetivo las investigaciones geológicas, prospección geofísica estudio de sismicidad, prospecciones directas en base a perforaciones diamantina y calicatas ensayos in-situ y ensayos estándar y especiales de laboratorio que comprendieron ensayos de mecánica de suelos, mecánica de

rocas y de materiales para concreto, incluyendo ensayos químicos para precisar la calidad de las aguas a utilizar en el concreto. Los estudios esencialmente geotécnicos se centraron en la presa Ancascocha y obras conexas.

Se inició con la investigación geológica de la presa, concluyéndose el levantamiento del vaso y zona de la cerrada, así como el levantamiento de los canales de derivación y principales. Se incluye la preparación del plano geológico a nivel regional y local. De la misma forma los trabajos de geotecnia se realizaron paralelamente con las perforaciones diamantinas concluyendo los siete sondeos.

En conclusión, el estudio geotécnico realizado ha dado los parámetros geotécnicos suficientes para permitir al especialista un diseño preliminar de la presa y obras de arte auxiliares, así como de los canales principales.

Los objetivos específicos del estudio son:

- Plantear alternativas de Represamiento Atraves de la evaluación de material disponible y de acuerdo al material adecuado del suelo de fundación.
- Conocer y evaluar las condiciones del subsuelo de cimentación en que estarán fundadas la presa y obras conexas, correlacionando los resultados obtenidos de la investigación de campo y laboratorio realizados, con los resultados de las otras prospecciones indirectas ejecutadas, con la finalidad de definir o precisar el perfil litológico del subsuelo de cimentación, así como sus características físicas, estructurales, mecánicas o de resistencia, de consolidación y características elásticas con lo que se logró tener los elementos de juicio necesarios para un diseño racional de las fundaciones.
- Efectuar los levantamientos de geología local, específicamente en la zona del emplazamiento de cada estructura que se construirá en el proyecto, para lo cual se realizaron mapeos geológicos locales.
- Definir la clase y características físico - mecánicas, de estabilidad y de consolidación de los diferentes materiales existentes en la zona necesarios para la construcción de la presa y las obras conexas, investigación que constituye uno de los factores físicos más importantes que definirán luego de su evaluación

cualitativa y cuantitativa el tipo o clase de presa más adecuada a diseñar en concordancia con las características del subsuelo de cimentación y condiciones de sismicidad de la zona.

#### **4.1.1. METODOLOGÍA.**

La metodología de trabajo fue realizada en dos etapas

- Primera etapa. Evaluación de los aspectos geotécnicos de la zona de cimentación del eje de la presa Ancascocha, así como del área del vaso y de las obras conexas. Investigación e identificación de las zonas de canteras de materiales locales.
- En la ejecución de los estudios geotécnicos se han llevado a cabo in situ (de campo). Prospecciones directas en base a perforaciones diamantina y muestreo de calicatas, ejecución de los ensayos de campo como la densidad natural, humedad natural, etc. Así mismo se han realizado los ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelos, in situ y ensayos especiales en laboratorio central.
- Las muestras se depositaron en bolsas de polietileno con sus respectivas tarjetas de identificación para luego ser remitidos en el laboratorio de mecánica de suelos y concreto del consorcio syc.
- Segunda etapa: consiste en los ensayo de muestra del laboratorio de mecánica de suelos y concreto del consorcio syc, determinación cualitativa y cuantitativa a partir de los resultados obtenidos del laboratorio.

#### **4.2. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS REALIZADAS**

Para la correcta evaluación de las condiciones de cimentación de la presa, y de los materiales de préstamo, se llevó a cabo un programa de investigaciones básicas que consistieron esencialmente en prospecciones directas e indirectas, las que permitieron obtener los suficientes elementos de juicio para una comprensión adecuada de las características geotécnicas del subsuelo de cimentación de la principal estructura del Proyecto, así como de los materiales de préstamo; consecuentemente los parámetros geotécnicos a utilizarse en el diseño y el tratamiento que deberá darse a la cimentación de la presa.

A continuación se presenta un breve resumen de las investigaciones básicas de laboratorio ejecutadas dentro del marco del presente estudio.

CUADRO N°16: RESUMEN DE ENSAYOS REALIZADOS

ESTRUCTURA	NOMBRE DE ENSAYO
ZONA DE EMBALSE, EJE DE PRESA Y OBRAS DE ARTE	HUMEDAD NATURAL ATSM D-2216
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422
	DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LIQUIDO ATSM D 4318
	DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318
	DENSIDAD NATURAL ATSM D 1556
	PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS ASTM D 854
CANTERA	HUMEDAD NATURAL ASTM D 2216
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
	DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LIQUIDO ASTM D 4318
	DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO ASTM D 4318
	DENSIDAD NATURAL ASTM D 15 56
	PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS ASTM D 854
	PESOS UNITARIOS
	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 204 PARA AGREGADOS
MECÁNICA DE ROCAS	ENSAYOS DE COMPRESIÓN SIMPLE A ROCAS
	ENSAYOS DE CONSTANTES ELÁSTICAS
	PESO ESPECÍFICO VERDADERO
	ENSAYOS QUÍMICOS DEL AGUA DE LOS RÍOS SANGARARA

### 4.3. TRABAJOS REALIZADOS

#### 4.3.1. TRABAJOS DE PERFORACION DIAMANTINA

Con la finalidad de determinar las condiciones geotécnicas de los materiales constituyentes de la cimentación de la presa Ancascocha, se han realizado trabajos de perforación diamantina, tanto en la zona del cauce como en los estribos del eje de presa, también se han ejecutado perforaciones en el eje del túnel de descarga de fondo y en el pie del talud aguas arriba de la presa (Eje del Plinto), así como en la zona del Aliviadero.

##### 4.3.1.1. UBICACIÓN DE PERFORACIONES DIAMANTINA REALIZADAS

Para una mejor visualización del emplazamiento de las perforaciones diamantinas realizadas, se presenta el siguiente cuadro de los puntos de dichas perforaciones: Los puntos PPA-01, PPA-02, PPA-03, PPA-05, PPA-06, PPA-07.

**CUADRO N°17: UBICACIÓN DE PUNTOS DE PERFORACIÓN.**

CODIGO	ESTE	NORTE	COTA	BUZAMIENTO	PROFUNDIDAD
PPA-01	8347922.53	624676.60	3417.00	90	55.10
PPA-02	8347899.99	624639.00	3422.00	90	40.30
PPA-03	8347912.99	624681.00	3418.00	70	71.40
PPA-04	8347904.99	624535.00	3471.00	70	20.60
PPA-05	8347900.99	624742.00	3491.00	90	70.60
PPA-06	8348244.88	625051.52	3449.00	90	45.00
PPA-07	8348097.40	624685.95	3419.00	90	30.00

**CUADRO N°18: RESUMEN DE PERFORACIONES**

Código Perforación	Inclinación	Prof.	Suelo	Roca	Nivel Freático	Nº de Ensayo Permeabilidad	Nº de Caja Testigo
PPA-01	90°	56.82	26.2	15.3	Seco	10(lefranc)	17
PPA-02	90°	40.3	26.2	15.3	2	3(lefranc) 4(lugeon)	14
PPA-03	68°	71.4	26.2	15.3	4.4	14 (lefranc)	22
PPA-04	70°	20.6	0	20.6	Seco	2(lefranc) 1(lugeon)	17
PPA-05	90°	70.6	0	70.6	Seco	13(lefranc) faltan	15
PPA-06	70°	45	3	42	30	9(lefranc)	10
PPA-07	90°	30	2	2800	30	6(lefranc)	7

#### 4.4. APRECIACIONES GEOTECNICAS PARA EL TIPO DE PRESA

##### 4.4.1. GENERALIDADES

Con la finalidad de colegir progresivamente las características físicas y mecánicas del subsuelo de cimentación en que se fundara esta estructura y sus obras conexas, se hará en primer término una breve exposición de la geología de la zona que afecta a dichas obras.

##### 4.4.1.1. CONSIDERACIONES PARA LA SELECCIÓN DEL TIPO DE PRESA

Para una adecuada selección del tipo de presa a diseñar se han tomado en cuenta los aspectos geológicos de la zona de cierre, las características de los suelos y rocas de fundación, los materiales disponibles en las inmediaciones de la zona, y otros factores tales como las limitaciones para proporcionar un adecuado y oportuno mantenimiento de las obras civiles, así como la experiencia en este tipo de obras de cierre. Por la magnitud del proyecto y por las características geomorfológicas de la cerrada, los principales tipos genéricos de presa considerados para nuestro proyecto han sido las secciones basadas en la compactación de suelos y rocas, concreto a gravedad.

#### 4.4.1.2. PRESAS DE ENROCADO CON MEMBRANA IMPERMEABLE (CFRD)

De acuerdo a la Comisión Internacional de Grandes Presas, ICOLD por sus siglas en inglés, las presas de enrocado se definen como las presas conformadas por un terraplén cuya estabilidad depende principalmente de la roca. Las presas de enrocado deben contener una zona impermeable, que usualmente es obtenida mediante una membrana impermeable en el talud aguas arriba con cuerpo de concreto rolado

El tipo de presa se denomina del tipo CFRD (Concrete Faced Rockfill Dam) que consiste en una Presa de Enrocado con membrana impermeable de Hormigón, la función principal de la pantalla en una CFRD es de servir de elemento impermeabilizante duradero y no removible. Al estar uniformemente soportada por el peso del terraplén, la losa no debe estar sometida a momentos de flexión; aunque si a esfuerzos de tensión y compresión causados por cambios de temperatura en el concreto y algunas deformaciones del terraplén, los cuales resultan independientes del espesor de la losa.

##### A. Sección Típica

En la Figura se muestra una sección típica de una presa CFRD con enrocado de buena calidad sobre fundación de roca de buena calidad, indicando la nomenclatura generalmente utilizada.

- Zona 1: suelos impermeables que pueden actuar como sello de juntas y grietas y como contrapeso antes del llenado. Compactada con paso de equipo.
- Zona 2A: de transición con material menor a 7.5 cm compactado con vibrocompactador en capas de 40 cm de 3 a 5 m de ancho.
- Zona 3A: de transición con material menor a 40 cm, compactado con vibrocompactador en capas de 40 cm de 3 a 5 m de ancho.
- Zona 3B: enrocado con tamaño menor a 80 cm, compactado con vibrocompactador en capas de 80 cm.
- Zona 3C: enrocado con tamaño menor a 1.6 m, compactado con vibrocompactador en capas de 1.6 m. Los sobretamaños se arriman a la cara externa. Cabe destacar que, para la colocación del material en la zona 3C, se promueve la segregación del material, empujando el material de tal manera que



los gruesos queden en el fondo de la capa y los más finos en la parte superior. Se logra una mayor permeabilidad del espaldón aguas abajo y se conserva mejor el equipo de compactación.

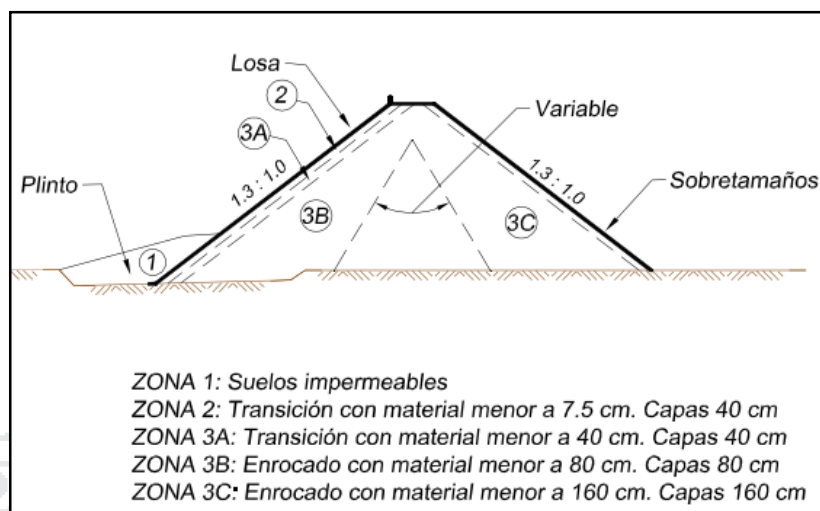


FIGURA N° 4: SECCIÓN TÍPICA DE UNA PRESA CFRD

#### 4.5. DESCRIPCIÓN GEOTECNICO DEL SUBSUELO DE CIMENTACION DE LA PRESA ANCASCOCHA

La quebrada Ancascocha da origen al río del mismo nombre, dando lugar a la cerrada de la presa en estudio denominado Ancascocha.

En la cerrada se observan laderas de diferente inclinación; al inicio en el lugar de ubicación del eje de presa, se observan pendientes uniformes en ambos Estribos del orden de 25°, hasta los 70 a 80 m de altura. Hacia aguas abajo la ladera de la cerrada. La roca predominante en la cerrada (eje de presa) está constituida por Rocas volcánica de traquita de color blanca (Ignimbritas), masiva, frágil y muy poco alterada.

Hacia los niveles superiores a partir de la cota 3403 msnm en el estribo izquierdo y 3440 msnm en el estribo derecho. Se localizan rocas andesíticas de origen Volcánico de la formación Tacaza, las que se observan bastante fracturadas o diaclasadas; cabe señalar que estas rocas constituirán los anclajes en el estribo izquierdo de la presa en mayor o menor grado, y en el estribo derecho está conformado por roca blanda de composición ignimbritas que también constituirá el anclaje de la presa..

En general, la cerrada se presenta estable, no presentándose tectonismo ni fenómenos de geodinámica externa en grado apreciable.

Dada la importancia de los estudios de la cimentación de la presa Ancascocha, se le ha dividido en tres partes descriptivas que son: (hacia aguas abajo)

- El Estribo Izquierdo,
- El Cauce del Rio
- El Estribo Derecho.



*FIGURA N° 5: UBICACIÓN DE SONDAJES DE PERFORACIÓN*

#### **4.5.1. EVALUACION DEL ESTRIBO IZQUIERDO (ZONA EJE DE PRESA)**

Para la evaluación de este estribo se han realizado las perforaciones diamantina N° PPA -05.

Las mismas que se describen a continuación:

##### **4.5.1.1. EVALUACION DE LOS PERFILES ESTRATIGRAFICOS (ESTRIBO IZQUIERDO)**

En el Estribo Izquierdo se han realizado la perforación diamantina N° PPA-05, en los cuales se han encontrado materiales con la siguiente descripción estratigráfica:

Perforación diamantina PPA-05 (Estribo Izquierdo): profundidad 70.60 m, La unidad estratigráfica perteneciente al Grupo Tacaza, está constituida por roca

volcánica andesitas, con fracturamiento desde intenso, fresca a débil meteorización hasta 70.60m.

Un aspecto significativo que puede notarse en esta evaluación de los perfiles estratigráficos expuestos en el presente Item, es que tanto el consultor han encontrado que los materiales constituyentes del sub-suelo del estribo izquierdo de la presa Ancascocha, son suelos constituidos por clastos rocosos grandes + medianos es decir que este estribo se encuentra fuertemente diaclasado o fracturado englobados en matriz de limos de baja plasticidad, procedentes de un alto grado de fracturamiento y meteorización de los materiales pre-existentes. No habiéndose encontrado formaciones rocosas competentes en la mayor parte de las perforaciones existentes.

#### **4.5.1.2. CARACTERISTICAS FISICO – MECANICAS (ESTRIBO IZQUIERDO)**

Las características físicas mecánicas de los materiales constituyentes del subsuelo de este Estribo son los siguientes.

- Código de muestra : PPA-05
- Sondaje : PPA -05
- Profundidad : 21.13 – 21.30 m
- Compresión Simple : 424.05 Kg/cm<sup>2</sup>

#### **4.5.1.3. CLASIFICACION GEO- MECANICAS DE BIENAWSKI (ESTRIBO IZQUIERDO)**

Se ha obtenido las características geomecánicas de los materiales constituyentes del Estribo izquierdo aplicando el sistema de Clasificación Geomecánica de Bienawski con los siguientes resultados:

CUADRO N°19: CLASIFICACIÓN GEOMECAANCIA PPA-05

CLASIFICACIÓN GEOMECAANCIA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI, 89)																				
SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)															ORIENTACION DEL COLLAR					
SONDAJE: PPA - 05															AZIMUT: °					
PROYECTO: PERFORACION PRESA ANCASCOCCHA															DIA. DE PERFORACION: CONSORCIO PARNACOCCHA					
UBICACION: ENTREESTRIBO DERECHO															TIPO DE PERFORACION / HQ:					
FECHA INICIO: 10 -05-2014 FECHA TERMINO: 14-05-2014															REGISTRADO POR: P. CH. Q. PROF. PERFORACION (m): 70.60 m.					
N°	DE (m)	A (m)	LONGITUD DE AVANCE (m)	LITOLOGIA	RECUPERACION		RQD			FRACTURAS			COND. DISCONTINUIDAD		DUREZA		CONDICIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA		RMR BÁSICO	TIPO DE ROCA
					LONG. (m)	(%)	LONG. (m)	(%)	R	N° FRAC.	LONG. (cm)	R	GRADO	R	GRADO	R	GRADO	R		
1	0.00	1.00	1.00	ANDESITA	0.30	30	0.11	11	4	2	10	7	C	20	R-3	4	D	10	45	Regular
2	1.00	2.00	1.00	ANDESITA	0.40	40	0.13	13	4	4	8	6	C	20	R-3	4	E	0	34	Mala
3	2.00	3.00	1.00	ANDESITA	0.40	40	0.00	0	3	11	3	5	C	20	R-3	4	E	15	47	Regular
4	3.00	4.00	1.00	ANDESITA	0.60	60	0.00	0	3	16	4	5	C	20	R-3	4	E	15	47	Regular
5	4.00	5.50	1.50	ANDESITA	0.40	27	0.13	9	3	6	6	5	C	20	R-3	4	E	15	47	Regular
6	5.50	7.00	1.50	ANDESITA	0.60	40	0.16	11	4	8	7	6	C	20	R-3	4	E	15	49	Regular
7	7.00	8.50	1.50	ANDESITA	0.35	23	0.00	0	3	9	4	5	C	20	R-3	4	E	15	47	Regular
8	8.50	10.00	1.50	ANDESITA	0.40	27	0.12	8	3	8	4	5	C	20	R-3	4	E	15	47	Regular
9	10.00	11.50	1.50	ANDESITA	0.40	27	0.16	11	4	6	6	5	CC	20	R-3	4	E	15	48	Regular
10	11.50	13.00	1.50	ANDESITA	0.50	33	0.36	24	5	3	13	7	C	20	R-3	4	E	15	51	Regular
11	13.00	14.10	1.10	ANDESITA	0.70	64	0.10	9	3	9	7	6	C	20	R-3	4	E	15	48	Regular
12	14.10	15.40	1.30	ANDESITA	0.60	46	0.00	0	3	12	5	5	C	20	R-3	4	E	15	47	Regular
13	15.40	15.90	0.50	ANDESITA	0.30	60	0.08	20	5	12	2	5	C	20	R-3	4	E	15	49	Regular
14	15.90	17.40	1.50	ANDESITA	0.80	53	0.00	0	3	14	5	5	C	20	R-3	4	E	15	47	Regular
15	17.40	19.00	1.60	ANDESITA	0.60	38	0.00	0	3	16	4	5	C	20	R-3	4	E	15	47	Regular
16	19.00	20.00	1.00	ANDESITA	1.00	100	0.11	11	4	18	5	5	C	20	R-3	4	E	15	48	Regular
17	20.00	21.00	1.00	ANDESITA	1.00	100	0.00	0	3	22	4	5	C	20	R-3	4	E	15	47	Regular
18	21.00	22.00	1.00	ANDESITA	1.00	100	0.50	50	10	10	9	6	C	20	R-3	4	E	15	55	Regular
19	22.00	23.50	1.50	ANDESITA	0.50	33	0.17	11	4	7	6	6	C	20	R-3	4	E	15	49	Regular
20	23.50	25.00	1.50	ANDESITA	0.35	23	0.00	0	3	10	3	5	C	20	R-3	4	E	15	47	Regular
21	25.00	26.50	1.50	ANDESITA	0.45	30	0.11	7	3	9	5	5	C	20	R-3	4	E	15	47	Regular
22	26.50	28.00	1.50	ANDESITA	0.70	47	0.00	0	3	25	3	5	C	20	R-3	4	E	15	47	Regular
23	28.00	29.50	1.50	ANDESITA	0.55	37	0.12	8	3	12	4	5	C	20	R-3	4	E	15	47	Regular
24	29.50	31.00	1.50	ANDESITA	0.70	47	0.18	12	4	17	4	5	C	20	R-3	4	E	15	48	Regular
25	31.00	31.80	0.80	ANDESITA	0.30	38	0.24	30	6	11	3	5	C	20	R-3	4	E	15	50	Regular
26	31.80	32.40	0.60	ANDESITA	0.60	100	0.15	25	6	5	10	7	C	20	R-3	4	E	15	52	Regular
27	32.40	33.00	0.60	ANDESITA	0.60	100	0.00	0	3	12	5	5	C	20	R-3	4	E	15	47	Regular
28	33.00	33.70	0.70	ANDESITA	0.60	86	0.00	0	3	15	4	5	C	20	R-3	4	E	15	47	Regular
29	33.70	36.00	2.30	ANDESITA	0.40	17	0.30	13	4	6	6	5	C	20	R-3	4	E	15	48	Regular
30	36.00	37.50	1.50	ANDESITA	0.80	53	0.00	0	3	9	8	6	C	20	R-3	4	E	15	48	Regular
31	37.50	38.50	1.00	ANDESITA	0.60	60	0.00	0	3	15	4	5	C	20	R-3	4	E	15	47	Regular

4.5.1.4. EVALUACION DE LAS PERFORACIONES DIAMANTINAS DEL ESTRIBO IZQUIERDO

Conforme se puede observar en los resultados de la perforación diamantina ubicados en este estribo, los valores del RMR corresponden en su mayor parte a materiales residuales de clase IV y V es decir Clase Mala a Muy Mala. Es decir pertenecen a la categoría de suelos, de acuerdo a los términos de la Clasificación geomecánica de Bienawski.

TABLA N°5. BIENAWSKI.

CLASIFICACION DE BIENAWSKY					
CLASE	I	II	III	IV	V
CALIDAD DE ROCA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	MALA	MUY MALA
RMR	81 - 100	61 - 80	41 - 60	21 - 40	0 - 20

4.5.1.5. EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS GEOFISICAS

Como se puede observar Los valores que arrojan las capas estudiadas con los sondajes SEVs. En este Estribo izquierdo corresponden a los estándares internacionales vigentes para este tipo de suelos. Tal es el caso por ejemplo de

las densidades de los estratos encontrados que arroja el estudio, oscilan entre los 1450 a 1920 kg/m<sup>3</sup>, correspondiente a la presencia de suelos granulares y finos limosos y arcillosos.

#### 4.5.1.6. CARACTERISTICAS DE LA PERMEABILIDAD (ESTRIBO IZQUIERDO)

Durante el proceso de perforación diamantina se han realizado ensayos de permeabilidad principalmente tipo Lefrank o a gravedad y Lugeon a presión en toda la longitud de la perforación cuyos resultados se muestran a continuación en los cuadros siguientes:

CUADRO N°20: PERMEABILIDAD (ESTRIBO IZQUIERDO) SONDAJE PPA-05

SONDAJES PPA-05					
Nº	TRAMO		K (cm/seg)	Nivel	LITOLOGIA
ENSAYO	DE	A			
LF-01	0.1	5	7.97E-03	Constante	Volcánico andesita
LF-02	5	10	3.08E-03	Constante	Volcánico andesita
LF-03	15	20	1.40E-03	Constante	Volcánico andesita
LF-04	20	25	1.12E-03	Constante	Volcánico andesita
LF-05	25	30	9.68E-04	Constante	Volcánico andesita
LF-06	30	35	8.25E-04	Constante	Volcánico andesita
LF-07	35	40	7.18E-04	Constante	Volcánico andesita
LF-08	40	45	6.13E-04	Constante	Volcánico andesita
LF-09	45	50	4.81E-04	Constante	Volcánico andesita
LF-10	50	55	5.54E-04	Constante	Volcánico andesita
LF-11	55	60	4.65E-04	Constante	Volcánico andesita
LF-12	60	65	5.59E-04	Constante	Volcánico andesita
LF-13	65	70	4.69E-04	Constante	Volcánico andesita

Nº ENSAYO	TRAMO		UNIDAD LUGEON	K (cm/seg)	TIPO FLUJO	ROCA	CONDICION
	DE	A					
LUG-01	15	20	0.91	3.41E-05	Relleno	Volcánico andesita	Muy permeable
LUG-02	20	25	1.45	5.44E-05	Turbulento	Volcánico andesita	Impermeable
LUG-03	25	30	2.03	7.60E-05	Erosión	Volcánico andesita	Impermeable
LUG-04	30	35	6.38	2.39E-04	Erosión	Volcánico andesita	Muy permeable

#### 4.5.2. EVALUACION DEL ESTRIBO DERECHO (AGUAS ABAJO – EJE DE PRESA)

Para la evaluación de este estribo se han realizado las perforaciones diamantina PPA-04. PPA-02 Así mismo se han excavado las calicatas CCP-02 (Calicata Presa – 02), También se ha realizado en este Estribo.

Para una mejor evaluación de las características geotécnicas de los materiales constituyentes del Estribo Derecho, se han considerado cinco aspectos básicos que son:



#### **4.5.2.1. EVALUACIÓN DE LOS PERFILES ESTRATIGRÁFICOS (ESTRIBO DERECHO)**

En el Estribo Derecho se han realizado las perforaciones diamantina N°: CCP-04, en los cuales se han encontrado materiales con la siguiente descripción estratigráfica: La unidad estratigráfica perteneciente al grupo Tacaza, está constituida por roca efusiva. Se ha recuperado (Corel barel) roca residual hasta 1.30m por acción de intemperismo superficial, las Ignimbritas son menos descompuesta, porosa, no presenta sus fracturas definidas, en superficie de la roca tobaceas presenta oquedades hasta 20.60 m.

#### **4.5.2.2. EVALUACIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO DEL ESTRIBO DERECHO**

En los perfiles estratigráficos que se muestran que los materiales constituyentes del sub-suelo del estribo derecho de la presa Ancascocha, son suelos constituidos por clastos rocosos grandes y medianos, gravas, arenas englobados en matriz de limos arcillosos y limos de baja plasticidad, procedentes de un alto grado de fracturamiento y meteorización de los materiales pre-existentes, así como de materiales procedentes de aluviones depositados en variadas secuencias geológicas.

#### **4.5.2.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS (ESTRIBO DERECHO)**

Las características físico-mecánicas de los materiales constituyentes del subsuelo de este Estribo son las siguientes:



CUADRO N°21: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS (ESTRIBO DERECHO)

ENSAYOS	UNIDADES	CCP-02	CCP-24
Profundidad	m	1.40	1.25
Estrato		I	I
Clasificación	AASHTO	A-1-a(0)	A-2-4(0)
Clasificación	SUCS	GP-GM	SM
% Grava	%	51.86	26.11
% Arena	%	41.54	39.72
% Finos	%	6.60	34.18
Humedad	%	11.39	23.32
Límite líquido	%	34.40	36.69
Límite plástico	%	29.64	31.37
Índice plástico	%	4.76	5.32
P.e. Partículas Gruesas	gr/cm <sup>3</sup>	2.57	2.61
P.e. Partículas Finas	gr/cm <sup>3</sup>	2.64	2.56
Densidad Maxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.540	
Densidad Mínima	gr/cm <sup>3</sup>	1.380	
Densidad Natural	Densidad Humeda	gr/cm <sup>3</sup>	1.459
			1.776
Cono de Arena	Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.310
			1.440
Corte Directo	Angulo de Friccion	°	28.8
	Cohesion	Kpa	13.6
Triaxial UU	Angulo de Friccion	°	32.1
	Cohesion	Kpa	32.2

ENSAYOS	UNIDADES	PPA - 04
Profundidad	m	9.00 - 9.20
Compresion Simple	Kg/cm <sup>2</sup>	
Constantes	GPa	1.15
Elasticas	Relacion de Poisson	0.32

#### 4.5.2.4. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DEL ESTRIBO DERECHO

Conforme puede observarse son suelos cuya clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) corresponde a arenas limosas de baja plasticidad (SM) y gravas limosas poco plásticas (GP - GM), cuyos ensayos de laboratorio arrojan valores que oscilan dentro de los parámetros internacionales establecidos para este tipo de materiales.

#### 4.5.2.5. CLASIFICACIÓN GEOMECANICA DE BIENAWSKI

Se ha obtenido las características geomecánicas de los materiales constituyentes de los materiales del estribo derecho con los siguientes resultados:

CUADRO N°22: CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA (ESTRIBO DERECHO) PPA-04

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI, 89)																					
SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)										ORIENTACION DEL COLLAR											
SONDAJE: PPA-04										AZIMUT: N 65° E											
PROYECTO: PERFORACION PRESA ANCASCOCHA										CONSORCIO PARINACOCCHAS											
UBICACIÓN :ESTRIBO DERECHO										TIPO DE PERFORACION / HQ											
FECHA INICIO: 09-05-2014 FECHA TERMINO: 09-05-2014										REGISTRADO POR: P. CH. Q. PROF. PERFORACION (m) : 25.30											
ELEVACION : 1586 msnm										DIAMETRO : HQ/NQ											
N°	DE (m)	A (m)	LONGITUD DE AVANCE (m)	LITOLOGIA	RECUPERACION		RQD			FRACTURAS			COND. DISCONTINUIDAD		DUREZA		CONDICIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA		RMR BÁSICO	TIPO DE ROCA	
					LONG. (m)	(%)	LONG. (m)	(%)	R	N° FRAC.	LONG. (cm)	R	GRADO	R	GRADO	R	GRADO	R			
1	0.00	1.30	1.30	SUELO RESIDUA	1.30	100	0.00	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	SUELO
2	1.30	2.80	1.50	TOBA DACITA	1.50	100	0.00	0	3	8	150	17	B	10	R-2	2	C	7	39	Mala	
3	2.80	4.00	1.20	TOBA DACITA	1.20	100	0.99	83	16	5	13	7	C	20	R-2	2	C	7	52	Regular	
4	4.00	5.60	1.60	TOBA DACITA	1.60	100	1.01	63	12	6	27	8	C	20	R-2	2	C	7	49	Regular	
5	5.60	7.00	1.40	TOBA DACITA	1.30	93	1.00	71	14	6	19	7	C	20	R-2	2	C	7	50	Regular	
6	7.00	8.60	1.60	TOBA DACITA	1.60	100	1.48	93	18	5	23	8	C	20	R-2	2	C	7	55	Regular	
7	8.60	10.00	1.40	TOBA DACITA	1.30	93	1.31	94	18	2	22	8	C	20	R-2	2	C	7	55	Regular	
8	10.00	11.60	1.60	TOBA DACITA	1.60	100	0.53	33	7	9	53	11	C	20	R-2	2	C	7	47	Regular	
9	11.60	13.00	1.40	TOBA DACITA	1.40	100	1.31	94	18	6	14	7	C	20	R-2	2	C	7	54	Regular	
10	13.00	14.60	1.60	TOBA DACITA	1.60	100	0.00	0	3	10	23	8	C	20	R-2	2	C	7	40	Mala	
11	14.60	16.00	1.40	TOBA DACITA	1.40	100	1.14	81	16	4	13	7	C	20	R-2	2	C	7	52	Regular	
12	16.00	17.60	1.60	TOBA DACITA	1.60	100	0.00	0	3	16	32	9	C	20	R-2	2	C	7	41	Regular	
13	17.60	19.00	1.40	TOBA TOBA	1.40	100	1.24	89	17	6	8	6	C	20	R-2	2	C	7	52	Regular	
14	19.00	20.60	1.60	TOBA DACITA	1.60	100	1.03	64	12	5	23	8	C	20	R-2	2	C	7	49	Regular	

4.5.2.6. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEO – MECÁNICAS DEL ESTRIBO DERECHO.

Conforme se puede observar en los resultados de las perforaciones diamantinas ubicados en este estribo, los valores del RMR corresponden en su mayor parte a materiales residuales o suelos de clase III y IV es decir Clase Regular a Mala.

Son suelos cuya clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) corresponden a arenas limosas de baja plasticidad (SM) y gravas limosas poco plásticas (GM), cuyos ensayos de laboratorio arrojan valores encontrados en los ensayos de laboratorio realizados oscilan dentro de los parámetros internacionales establecidos para este tipo de materiales.

TABLA N°6. BIENAWSKY(1976)

CLASIFICACION DE BIENAWSKY					
CLASE	I	II	III	IV	V
CALIDAD DE ROCA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	MALA	MUY MALA
RMR	81 - 100	61 - 80	41 - 60	21 - 40	0 - 20

TABLA N°7. COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD DE SUELOS

TIPO DE SUELO	K CM/SEG
GRAVA MAL GRADUADA (GP)	$\geq 1$
GRAVA UNIFORME (GM)	0.2 – 1
GRAVA BIEN GRADUADA (GW)	0.05 – 0.3
ARENA UNIFORME (SP)	$5 \times 10^{-3} - 0.2$
ARENA BIEN GRADUADA (SW)	$10^{-3} - 0.1$
ARENA LIMOSA (SM)	$10^{-3} - 5 \times 10^{-3}$
ARENA ARCILLOSA (SC)	$10^{-4} - 10^{-3}$
LIMO DE BAJA PLASTICIDAD (ML)	$5 \times 10^{-5} - 10^{-4}$
ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD (CL)	$10^{-5} - 10^{-8}$

#### 4.5.2.7. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS GEO – FÍSICAS DEL ESTRIBO DERECHO

Como se puede observar. Los valores que arrojan las capas estudiadas con los sondajes SEVs. En este Estribo derecho corresponden a los estándares internacionales vigentes para este tipo de estudios. Tal es el caso por ejemplo que las densidades de los estratos encontrados que arroja el estudio, oscilan entre los 1450 a 1920 kg/m<sup>3</sup>, correspondiente a la presencia de suelos gravosos +arenosos + limos-arcillosos.

#### 4.5.3. EVALUACION DEL CAUCE DEL RIO (ZONA EJE DE PRESA)

Para la evaluación del cauce del río se han realizado las perforaciones diamantina N° PPA-01, PPA-02, PPA-03. Así mismo, se ha realizado en este cauce de río, el estudio geo-físico, cuyos resultados se han evaluado.

Para una mejor evaluación de las características geotécnicas de los materiales constituyentes del cauce del río, se han considerado cinco aspectos fundamentales que son:

##### 4.5.3.1. EVALUACION DE LOS PERFILES ESTRATIGRÁFICOS (CAUCE DEL RIO)

En el cauce del río se han realizado la perforación diamantina N° PPA-01, PPA-02, en la cual se ha encontrado materiales con la siguiente descripción estratigráfica:

- Inicialmente se identificó rocas de composición andesita fuertemente fracturado roca tipo IV hasta los 12 m, seguidos por rocas tipo Ignimbritas largo de su matriz. Volcánica, meteorizado (arena muy finas de cenizas), aun preserva

estructura original de bloques volcánico, por la acción de las filtraciones subsuperficiales.

- El tramo 37.10 a 43.50 m, la roca subvolcanica y aglomerado volcánico presenta moderada alteración, descompuesta su matriz la cual requiere ensayos de inyecciones de cemento.
- De 43.50 a 56.82 m, la roca subvolcanica es fresca, poco fracturado.

#### 4.5.3.2. EVALUACION DE LAS CARACTERISTICAS ESTARTIGRAFICOS (CAUCE DEL RIO)

En las perforaciones expuestas, se pueden observar que los materiales constituyentes del sub-suelo del cauce del rio de la presa Ancascocha, son suelos constituidos por clastos rocosos grandes y medianos, gravas, arenas englobados en matriz de limos arcillosos y limos de baja plasticidad, procedentes de un alto grado de fracturamiento y meteorización de los materiales pre-existentes. No habiéndose encontrado formaciones rocosas competentes.

#### 4.5.3.3. CARACTERISTICAS FISICO – MECANICAS (CAUCE DEL RIO)

Las características físico mecánicas de los materiales constituyentes del subsuelo del cauce del rio son los siguientes.

CUADRO N°23: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS DE ROCAS (CAUCE DEL RIO)

ENSAYOS	UNIDADES	TESTIGOS DE ROCA		
		PPA - 02	PPA - 03	
Profundidad	m	20.90 - 21.10	53.88 - 54.10	57.07 - 57.25 67.28 - 67.52
Compresion Simple	Kg/cm <sup>2</sup>			43.89
Constantes	Modulo de young	GPa	2.99	3.12
Elasticas	Relacion de Poisson		0.33	0.33

#### 4.5.3.4. EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO – MECÁNICAS DEL CAUCE DE RIO

Conforme puede notarse en los cuadros expuestos en el presente Ítem, se realizaron ensayos a rocas de la perforación diamantina a diversas profundidades en rocas masivas ya que a menor profundidad se presenta fuertemente fracturado, los ensayos de laboratorio arrojan valores que oscilan

dentro de los parámetros internacionales establecidos para este tipo de materiales.

**CUADRO N°24: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-MECÁNICAS (CAUCE DEL RIO)**

ENSAYOS	UNIDADES	CCP-02	CCP-24
Profundidad	m	1.40	1.25
Estrato		I	I
Clasificación	AASHTO	A-1-a(0)	A-2-4(0)
Clasificación	SUCS	GP-GM	SM
% Grava	%	51.86	26.11
% Arena	%	41.54	39.72
% Finos	%	6.60	34.18
Humedad	%	11.39	23.32
Límite líquido	%	34.40	36.69
Límite plástico	%	29.64	31.37
Índice plástico	%	4.76	5.32
P.e. Partículas Gruesas	gr/cm <sup>3</sup>	2.57	2.61
P.e. Partículas Finas	gr/cm <sup>3</sup>	2.64	2.56
Densidad Maxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.540	
Densidad Mínima	gr/cm <sup>3</sup>	1.380	
Densidad Natural	Densidad Humeda	gr/cm <sup>3</sup>	1.459
Cono de Arena	Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.310
Corte Directo	Angulo de Friccion	°	28.8
	Cohesion	Kpa	13.6
Triaxial UU	Angulo de Friccion	°	32.1
	Cohesion	Kpa	32.2

**4.5.3.5. CLASIFICACIÓN GEOMECANICA DE BIENAWSKI**

Se han obtenido las características geo-mecánicas de los materiales constituyentes del cauce del rio con los siguientes resultados:

**CUADRO N°25: CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA (CAUSE DE RIO)**

CLASIFICACIÓN GEOMECÁNICA DEL MACIZO ROCOSO (BIENIAWSKI, 89)																				
SISTEMA DE COORDENADAS (UTM)										ORIENTACION DEL COLLAR										
SONDAJE: PPA - 03										AZIMUT: CONSORCIO PARINACOCCHA										
PROYECTO: PERFORACION PRESA ANCASCOCHA										BUZAMIENTO: 68° TIPO DE PERFORACION / HQ										
UBICACIÓN: ENT RESTRIBO DERECHO										DIAMETRO: HQ/HQ										
FECHA INICIO: 06-05-2014 FECHA TERMINO: 08-05-2014										ELEVACION: 3960 msnm REGISTRADO POR: P. CH. Q. PROF. PERFORACION (m): 71.40 m.										
Nº	DE (m)	A (m)	LONGITUD DE AVANCE (m)	LITOLOGIA	RECUPERACION		RQD			FRACTURAS			COND. DISCONTINUIDAD		DUREZA		CONDICIÓN DE AGUA SUBTERRÁNEA		RMR BÁSICO	TIPO DE ROCA
					LONG. (m)	(%)	LONG. (m)	(%)	R	Nº FRAC.	LONG. (cm)	R	GRADO	R	GRADO	R	GRADO	R		
1	0.00	0.60	0.60	ANDESITA	0.60	100	0.58	97	19	4	12	7	C	20	R-2	2	D	10	58	Regular
2	0.60	1.40	0.80	ANDESITA	0.50	63	0.00	0	3	10	5	5	C	20	R-2	2	E	0	30	Mala
3	1.40	1.90	0.50	ANDESITA	0.50	100	0.15	30	7	4	10	7	C	20	R-3	4	E	15	53	Regular
4	1.90	2.40	0.50	ANDESITA	0.50	100	0.20	40	8	8	6	5	C	20	R-3	4	E	15	52	Regular
5	2.40	2.80	0.40	ANDESITA	0.40	100	0.16	40	8	7	5	5	C	20	R-3	4	E	15	52	Regular
6	2.80	3.60	0.80	ANDESITA	0.60	75	0.24	30	6	7	8	6	C	20	R-3	4	E	15	51	Regular
7	3.60	4.50	0.90	ANDESITA	0.60	67	0.43	48	9	4	12	7	C	20	R-3	4	E	15	55	Regular
8	4.50	5.00	0.50	ANDESITA	0.40	80	0.16	32	7	5	7	6	C	20	R-3	4	E	15	52	Regular
9	5.00	5.70	0.70	ANDESITA	0.65	93	0.41	59	11	4	13	7	CC	20	R-3	4	E	15	57	Regular
10	5.70	6.70	1.00	ANDESITA	0.40	40	0.14	14	4	6	6	5	C	20	R-3	4	E	15	48	Regular
11	6.70	7.40	0.70	ANDESITA	0.50	71	0.22	31	7	4	10	7	C	20	R-3	4	E	15	53	Regular
12	7.40	8.40	1.00	ANDESITA	1.00	100	0.00	0	3	9	10	7	C	20	R-3	4	E	15	49	Regular
13	8.40	9.10	0.70	ANDESITA	0.70	100	0.08	20	5	8	8	6	C	20	R-3	4	E	15	50	Regular
14	9.10	9.70	0.60	ANDESITA	0.60	100	0.16	27	6	9	6	6	C	20	R-3	4	E	15	51	Regular
15	9.70	10.70	1.00	ANDESITA	1.00	100	0.39	39	7.5	11	8	6	C	20	R-3	4	E	15	52.5	Regular
16	10.70	11.90	1.20	ANDESITA	1.20	100	0.38	32	7	13	9	6	C	20	R-3	4	E	15	52	Regular
17	11.90	13.10	1.20	ANDESITA	0.40	33	0.19	16	4.5	6	6	5	C	20	R-3	4	E	15	48.5	Regular
18	13.10	14.10	1.00	LATITA	1.00	100	0.26	26	6	12	8	6	C	20	R-3	4	E	15	51	Regular
19	14.10	15.10	1.00	LATITA	1.00	100	0.28	28	6	11	8	6	C	20	R-3	4	E	15	51	Regular
20	15.10	16.10	1.00	LATITA	0.90	90	0.00	0	3	10	8	6	C	20	R-3	4	E	15	48	Regular
21	16.10	17.60	1.50	aglomeracion volcan resid	1.00	67	0.00	0	3	13	7	6	B	10	R-2	2	C	7	28	Mala
22	17.60	19.10	1.50	aglomeracion volcan resid	0.50	33	0.00	0	3	25	2	5	B	10	R-1	1	C	7	26	Mala
23	19.10	20.70	1.60	aglomeracion volcan resid	1.60	100	0.00	0	3	30	5	5	B	10	R-1	1	C	7	26	Mala
24	20.70	22.10	1.40	aglomeracion volcan resid	0.50	36	0.00	0	3	5	8	6	B	10	R-1	1	C	7	27	Mala
25	22.10	23.20	1.10	LATITA RESIDUAL	0.60	55	0.00	0	3	4	12	7	B	10	R-1	1	C	7	28	Mala
26	23.20	23.70	0.50	LATITA RESIDUAL	0.30	60	0.00	0	3	2	10	7	B	10	R-1	1	C	7	28	Mala
27	23.70	24.90	1.20	LATITA RESIDUAL	0.70	58	0.00	0	3	5	12	7	B	10	R-1	1	C	7	28	Mala
28	24.90	26.50	1.60	LATITA RESIDUAL	1.00	62	0.00	0	3	6	14	7	B	10	R-1	1	C	7	28	Mala
29	26.50	27.40	0.90	LATITA RESIDUAL	0.60	67	0.00	0	3	4	12	7	B	10	R-1	1	C	7	28	Mala
30	27.40	28.90	1.50	LATITA RESIDUAL	1.10	73	0.00	0	3	14	7	6	B	10	R-1	1	C	7	27	Mala
31	28.90	30.10	1.20	LATITA RESIDUAL	0.90	75	0.00	0	3	6	13	7	C	20	R-1	1	C	7	38	Mala

Conforme se puede observar en los resultados de la perforación diamantina ubicados en este sector (cauce del rio), PPA-02, PPA-03 los valores del RMR corresponden en su mayor parte a materiales residuales de clase III y IV es decir a las Clases Regular a Mala.

TABLA N°8. BIENAWSKY (1989)

CLASIFICACION DE BIENAWSKY					
CLASE	I	II	III	IV	V
CALIDAD DE ROCA	MUY BUENA	BUENA	REGULAR	MALA	MUY MALA
RMR	81 - 100	61 - 80	41 - 60	21 - 40	0 - 20

4.5.3.6. CARACTERÍSTICAS DE PERMEABILIDAD (CAUCE DEL RIO)

En el cauce del rio se han efectuado perforaciones tales como la PPA-02 y PPA-03.



CUADRO N°26: CARACTERÍSTICAS DE PERMEABILIDAD

SONDAJES DE PPA-02					
Nº	TRAMO		K (cm/seg)	Nivel	LITOLOGIA
ENSAYO	DE	A			
LF-01	0.1	5	6.83E-05	Constante	Volcánico andesita
LF-02	5	10	1.86E-05	Constante	Volcánico andesita
LF-03	10	15	2.07E-05	Constante	Ignimbritas
LF-04	15	20	1.39E-05	Constante	Ignimbritas
LF-05	20	25	7.66E-05	Constante	Ignimbritas
LF-06	25	30	1.13E-04	Constante	Ignimbritas
LF-07	30	35	1.68E-04	Constante	Ignimbritas
LF-08	35	40	2.95E-04	Constante	Ignimbritas
LF-09	40	45	3.90E-04	Constante	Ignimbritas
LF-10	45	50	9.55E-05	Constante	Ignimbritas
LF-11	50	55	9.06E-05	Constante	Ignimbritas
LF-12	55	60	4.59E-04	constante	Ignimbritas
LF-13	60	65	4.18E-04	constante	Ignimbritas
LF-14	60	65	3.96E-04	constante	Ignimbritas

SONDAJE PPA-03					
Nº	TRAMO		K (cm/seg)	Nivel	LITOLOGIA
ENSAYO	DE	A			
LF-01	5	10	1.12E-03	Constante	Toba dacita
LF-02	10	15	7.04E-05	Constante	Toba dacita

En los registros de la permeabilidad PPA-02 en el cauce del Rio, se han encontrado valores que van de 10-4 a 10-5 cm/seg. Es decir que la cimentación de la presa Ancascocha es en su mayor parte es poco permeable, y también en sectores alcanza valores de 10-4 cm/seg, que se tipifica como estratos permeables

TABLA N°9. VALORES RELATIVOS DE PERMEABILIDAD. TERZAGHI

CUADRO DE PERMEABILIDAD	
UNIDAD (cm/seg)	DESCRIPCION
10 <sup>-5</sup>	IMPERMEABLE
10 <sup>-4</sup>	SEMIPERMEABLE
10 <sup>-3</sup>	PERMEABLE
10 <sup>-2</sup>	MUY PERMEABLE
10 <sup>-1</sup>	ALTA PERMEABILIDAD

#### 4.6.EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA CIMENTACIÓN DE LA PRESA ANCASCOCHA

#### 4.6.1. DESCRIPCIÓN GEOTÉCNICA

En general, en el área del eje de la presa Ancascocha, se observan superficialmente afloramientos rocosos, emplazados en los estribos indistintamente, sin embargo a profundidad, en los trabajos de perforación diamantina realizados en el área de influencia de la presa proyectada, se han encontrado materiales correspondientes a suelos residuales y otros procedentes de depósitos aluvionales, aluviales, coluviales y gruesos lentes de clastos rocosos triturados e intemperizados englobados en matriz de limos arcillosos de baja y alta plasticidad emplazados ambos flancos y cauce del río.

La granulometría del área de la cimentación de la presa Ancascocha se puede describir de la siguiente manera : Los materiales que forman el área de influencia de la cimentación de la presa proyectada, están constituidos por una masa de suelo heterogéneo de clastos rocosos grandes (diámetro 1 a 3 m) en una proporción aproximada del 20 % más clastos pequeños (0.10 a 0.90 m) en una proporción aproximada del 20 % + gravas arenosas en un 25 % englobados en una matriz de limos arcillosos (35%) que alcanzan diferentes espesores y se emplazan y distribuyen indistinta o erráticamente ocupando todo el subsuelo del área de la cimentación de la presa Ancascocha hasta una profundidad aproximada de 56 m.

El basamento rocoso se encuentra a más de (PPA-01 40 m, PPA-02 18.20 m, PPA-03 56 m) de profundidad y está constituido en su mayor parte por rocas Ignimbritas intemperizadas mas brechas volcánicas tufáceas clasificadas como rocas regulares en el cauce del río y rocas ignimbríticas en flanco derecho, y rocas malas en el estribo izquierdo. Desde la superficie hasta los metrajes que se mencionan se ha encontrado material clasificado como suelos residuales con intercalación de algunos lentes o estratos de arenisca tufácea y limos en el flanco izquierdo. En el cauce del río el basamento se encuentra a mayores profundidades a 56 m, tal como se puede observar en la perforación diamantina (PPA-03) ubicada en este sector. Debe indicarse que toda el área de influencia de la cimentación de la presa se encuentra en un estado de sobresaturación debido a que se encuentra bajo el nivel del cauce de río.

### 4.6.2. EVALUACIÓN DE LOS DATOS GEOTÉCNICOS PARA LOS CÁLCULOS DE INGENIERÍA DE LA PRESA ANCASCOCHA

Con la finalidad de proporcionar los datos requeridos para la elaboración de los diseños de la presa Ancascocha, se adjunta a continuación, los siguientes cuadros resumen de la totalidad de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos realizados en la zona del eje de la presa proyectada.

CUADRO N°27: RESUMEN CIMENTACIÓN DE LA PRESA DE ANCASCOCHA

ENSAYOS	UNIDADES	CCP-02	CCP-24
Profundidad	m	1.40	1.25
Estrato		I	I
Clasificación	AASHTO	A-1-a(0)	A-2-4(0)
Clasificación	SUCS	GP-GM	SM
% Grava	%	51.86	26.11
% Arena	%	41.54	39.72
% Finos	%	6.60	34.18
Humedad	%	11.39	23.32
Límite líquido	%	34.40	36.69
Límite plástico	%	29.64	31.37
Índice plástico	%	4.76	5.32
P.e. Partículas Gruesas	gr/cm <sup>3</sup>	2.57	2.61
P.e. Partículas Finas	gr/cm <sup>3</sup>	2.64	2.56
Densidad Maxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.540	
Densidad Mínima	gr/cm <sup>3</sup>	1.380	
Densidad Natural    Densidad Humeda	gr/cm <sup>3</sup>	1.459	1.776
Cono de Arena    Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.310	1.440
Corte Directo    Angulo de Friccion	°	28.8	
Cohesion	Kpa	13.6	
Triaxial UU    Angulo de Friccion	°	32.1	
Cohesion	Kpa	32.2	

CUADRO N°28: ENSAYOS DE LABORATORIO MUESTRAS DE LA PERFORACIÓN DIAMANTINA

ENSAYOS	UNIDADES	TESTIGOS DE ROCA					
		PPA - 02	PPA - 03		PPA - 04	PPA - 05	
Profundidad	m	20.90 - 21.10	53.88 - 54.10	57.07 - 57.25 67.28 - 67.52	9.00 - 9.20	5.50 - 5.66	21.13 - 21.30 59.66 - 59.90
Compresion Simple	Kg/cm <sup>2</sup>			43.89			424.05
Constantes    Modulo de young	GPa	2.99	3.12		1.15	6.62	
Elasticas    Relacion de Poisson		0.33	0.33		0.32	0.30	

CUADRO N°29: ENSAYOS DE MUESTRAS DE CALICATAS DEL VASO DE LA PRESA ANCASCOCHA

ENSAYOS	UNIDADES	PRESA - SUELOS									
		CCP-01	CCP-03	CCP-04	CCP-05	CCP-06	CCP-07	CCP-08	CCP-09	CCP-10	
Profundidad	m	1.40	0.80	1.10	1.40	1.50	0.70	1.20	1.10	1.30	
Estrato		I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Clasificación	AASHTO	A-4(1)	A-4(0)	A-2-5(0)	A-5(1)	A-2-6(0)	A-2-7(0)	A-4(1)	A-1-8(0)	A-5(2)	
Clasificación	SUCS	SM	SM	SM	SM	GM	GM	SM	SM	SM	
% Grava	%	0.84	25.32	35.67	19.31	46.95	63.90	32.49	45.01	7.23	
% Arena	%	57.19	35.41	38.67	37.24	38.84	23.34	32.50	37.94	43.86	
% Finos	%	41.96	39.28	25.66	43.45	14.20	12.76	35.01	17.04	48.91	
Humedad	%	13.40	25.36	38.64	13.93	9.01	6.05	23.88	6.98	16.49	
Límite líquido	%	33.46	39.73	45.00	48.63	38.78	45.15	35.57	28.43	41.10	
Límite plástico	%	26.25	31.43	39.24	43.65	26.48	32.33	30.26	25.28	31.33	
Índice plástico	%	7.21	8.30	5.76	4.98	12.30	12.82	5.31	3.15	9.77	
P.e. Partículas Gruesas	gr/cm <sup>3</sup>	-	2.65	2.50	2.66	2.61	2.60	2.65	2.66	-	
P.e. Partículas Finas	gr/cm <sup>3</sup>	2.66	2.69	2.53	2.56	2.66	2.57	2.70	2.67	2.60	
Densidad Máxima	gr/cm <sup>3</sup>										
Densidad Mínima	gr/cm <sup>3</sup>										
Densidad Natural	Densidad Humeda	gr/cm <sup>3</sup>	1.786	1.538	1.619	1.318	1.826	1.681	1.665	1.404	1.338
Cono de Arena	Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.575	1.227	1.168	1.187	1.675	1.585	1.344	1.312	1.149
Corte Directo	Angulo de Fricción	°									
	Cohesión	Kpa									
Triaxial UU	Angulo de Fricción	°									
	Cohesión	Kpa									
Consolidación	Presión de Preconsolidación Pc	Kg/cm <sup>2</sup>									
	Índice de Compresión Ci										
	Índice de Expansión Cs										
Expansión											
Permeabilidad	cm/s						0.00203				

CUADRO N°30: ENSAYO DE MUESTRAS DE CALICATAS DEL VASO DE LA PRESA

ENSAYOS	UNIDADES	PRESA - SUELOS										
		CCP-11	CCP-12	CCP-13	CCP-14	CCP-15	CCP-16	CCP-17	CCP-18	CCP-19	CCP-20	
Profundidad	m	1.40	0.80	0.90	1.40	1.00	1.50	1.50	1.50	1.40	1.50	
Estrato		I	I	I	I	I	I	I	I	I	I	
Clasificación	AASHTO	A-5(3)	A-2-7(2)	A-4(1)	A-7-5(3)	A-7-5(1)	A-1-8(0)	A-7-5(14)	A-5(1)	A-6(0)	A-7-6(0)	
Clasificación	SUCS	ML	SM	GM	SM	SM	MH	SM	SC	SM	SM	
% Grava	%	4.09	15.67	39.64	2.10	27.88	29.95	0.74	20.57	25.05	19.29	
% Arena	%	44.70	50.57	23.11	48.75	34.50	46.11	27.48	41.19	35.9	39.8	
% Finos	%	51.21	33.76	37.25	49.15	37.62	23.94	71.78	38.24	39.05	40.91	
Humedad	%	17.38	15.99	17.37	21.62	11.00	16.60	27.43	15.86	10.77	13.00	
Límite líquido	%	42.23	54.95	36.53	45.45	55.38	NP	54.35	42.57	32.79	41.91	
Límite plástico	%	34.60	33.52	29.47	33.80	44.68	NP	42.48	33.43	22.70	29.81	
Índice plástico	%	7.63	21.43	7.06	11.65	10.70	NP	11.87	9.14	10.09	12.10	
P.e. Partículas Gruesas	gr/cm <sup>3</sup>	-	2.57	2.67	-	2.57	2.48	-	2.52	2.68	2.63	
P.e. Partículas Finas	gr/cm <sup>3</sup>	2.56	2.60	2.67	2.59	2.64	2.68	2.63	2.68	2.68	2.60	
Densidad Máxima	gr/cm <sup>3</sup>						1.574		1.342	1.605		
Densidad Mínima	gr/cm <sup>3</sup>						1.341		1.189	1.441		
Densidad Natural	Densidad Humeda	gr/cm <sup>3</sup>	1.407	1.546	1.691	1.530	1.535	1.520	1.506	1.499	1.688	1.500
Cono de Arena	Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.200	1.333	1.441	1.258	1.383	1.303	1.182	1.294	1.524	1.328
Corte Directo	Angulo de Fricción	°										
	Cohesión	Kpa										
Triaxial UU	Angulo de Fricción	°	26.6									
	Cohesión	Kpa	23.4									
Consolidación	Presión de Preconsolidación Pc	Kg/cm <sup>2</sup>										
	Índice de Compresión Ci											
	Índice de Expansión Cs											
Expansión												
Permeabilidad	cm/s			0.000207								

CUADRO N°31: ENSAYO DE MUESTRAS DE CALICATAS DEL VASO DE LA PRESA

ENSAYOS	UNIDADES	PRESA - SUELOS								
		CCP-21	CCP-22	CCP-23	CCP-25	CCP-26	CCP-27	CCP-28	CCP-29	
Profundidad	m	1.40	1.50	1.50	0.70	1.60	1.45	1.55	1.35	
Estrato		I	I	I	I	I	I	I	I	
Clasificación	AASHTO	A-4(2)	A-7-5(2)	A-2-6(0)	A-1-a(0)	A-7-5(3)	A-2-7(0)	A-2-4(0)	A-1-a(0)	
Clasificación	SUCS	ML	SM	SC	GM	SM	GM	GW - GM	GW - GM	
% Grava	%	28.75	16.04	32.18	46.81	12.85	43.38	58.71	62.22	
% Arena	%	21.03	39.94	44.08	39.68	37.94	36.52	32.16	29.68	
% Finos	%	50.22	44.03	23.73	13.51	49.21	20.1	9.13	8.10	
Humedad	%	19.03	24.94	13.64	5.98	12.62	15.78	9.64	7.97	
Límite líquido	%	35.05	44.96	33.49	37.03	44.55	43.07	38.06	NP	
Límite plástico	%	31.26	31.97	22.43	32.22	32.93	31.43	32.05	NP	
Índice plástico	%	3.79	12.99	11.06	4.81	11.62	11.64	6.01	NP	
P.e. Partículas Gruesas	gr/cm <sup>3</sup>	2.68	2.49	2.61	2.58	2.65	2.58	2.69	2.61	
P.e. Partículas Finas	gr/cm <sup>3</sup>	2.66	2.69	2.66	2.64	2.69	2.67	2.72	2.64	
Densidad Máxima	gr/cm <sup>3</sup>	1.406								
Densidad Mínima	gr/cm <sup>3</sup>	1.160								
Densidad Natural	Densidad Humeda	gr/cm <sup>3</sup>	1.399	1.484	1.407	1.551	1.338	1.465	1.363	1.466
Cono de Arena	Densidad Seca	gr/cm <sup>3</sup>	1.176	1.188	1.238	1.463	1.188	1.265	1.243	1.358

#### 4.7.CONDICIONES HIDRÁULICAS DEL SUBSUELO DE CIMENTACIÓN DE LA PRESA ANCASCOCHA

Durante el proceso de las perforaciones diamantina realizadas, se ha encontrado el nivel freático en el estribo izquierdo cota 3396.60 msnm, y en el cauce del rio al nivel a una cota 3394msnm.

Para una mejor visualización y evaluación de los procesos de filtraciones en el área de estudio, a continuación se muestran en forma específica los cuadros de permeabilidades obtenidos en las perforaciones diamantinas realizadas, las mismas que arrojan valores de alta permeabilidad.

**CUADRO N°32: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SONDEO PPA-01, ENSAYO LEFRANC**

Nº ENSAYO	TRAMO		K (cm/seg)	Nivel	LITOLOGIA
	DE	A			
LF-01	0.1	5	9.05E-02	Constante	Suelo grava con arena poco limos
LF-02	6	11	1.21E-01	Constante	Volcánico andesita
LF-03	11	16	1.33E-01	Constante	Aglomerado volcánico
LF-04	16	21	7.53E-01	Constante	Aglomerado volcánico
LF-05	21	26	8.89E-02	Constante	Aglomerado volcánico
LF-06	26	31	2.19E-02	Constante	Aglomerado volcánico
LF-07	31	36	1.02E-01	Constante	Aglomerado volcánico
LF-08	36	41	2.73E+00	Constante	Subvolcánico Ignimbrita
LF-09	42	47	2.21E+00	Constante	Subvolcánico Ignimbrita
LF-10	50	55	1.68E+00	Constante	Subvolcánico Ignimbrita

**CUADRO N°33: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SONDEO PPA-02, ENSAYO LEFRANC**

Nº ENSAYO	TRAMO		K (cm/seg)	Nivel	LITOLOGIA
	DE	A			
LF-01	5	10	2,46E-02	Constante	Arena limosa con grava
LF-02	10	15	4,11E-03	Constante	Roca andesita
LF-03	35	40	4,77E-02	Constante	Subvolcánica Ignimbrita

**CUADRO N°34: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SONDEO PPA-03, ENSAYO LEFRANC**

Nº ENSAYO	TRAMO		K (cm/seg)	Nivel	LITOLOGIA
	DE	A			
LF-01	0,1	5	3,17E-03	Constante	Volcánico andesita
LF-02	5	10	3,65E-03	Constante	Volcánico andesita
LF-03	10	15	5,52E-03	Constante	Subvolcánica Ignimbrita
LF-04	15	20	5,46E-03	Constante	Subvolcánica Ignimbrita
LF-05	20	25	6,52E-02	Constante	Subvolcánica Ignimbrita
LF-06	25	30	3,65E-02	Constante	Subvolcánica Ignimbrita

**CUADRO N°35: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SONDEO PPA-04, ENSAYO LEFRANC**

N° ENSAYO	TRAMO		K (cm/seg)	Nivel	LITOLOGIA
	DE	A			
LF-01	5	10	9,17E-03	Constante	Toba dacita
LF-02	10	15	8,83E-04	Constante	Toba dacita

**CUADRO N°36: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SONDEO PPA-05, ENSAYO LEFRANC**

N° ENSAYO	TRAMO		K (cm/seg)	Nivel	LITOLOGIA
	DE	A			
LF-01	0.1	5	5.24E-02	Constante	Volcánico andesita
LF-02	5	10	6.38E-02	Constante	Volcánico andesita
LF-03	15	20	2.79E-02	Constante	Volcánico andesita
LF-04	20	25	2.23E-02	Constante	Volcánico andesita
LF-05	25	30	1.92E-02	Constante	Volcánico andesita
LF-06	30	35	1.63E-02	Constante	Volcánico andesita
LF-07	35	40	1.41E-02	Constante	Volcánico andesita
LF-08	40	45	1.24E-02	Constante	Volcánico andesita
LF-09	45	50	1.08E-02	Constante	Volcánico andesita
LF-10	50	55	1.37E-02	Constante	Volcánico andesita
LF-11	55	60	1.26E-02	Constante	Volcánico andesita
LF-12	60	65	1.65E-02	Constante	Volcánico andesita
LF-13	65	70	1.49E-02	Constante	Volcánico andesita

**CUADRO N°37: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SONDEO PPA-05, ENSAYO LUGEON**

N° ENSAYO	TRAMO		UNIDAD LUGEON	K (cm/seg)	TIPO FLUJO	ROCA	CONDICION
	DE	A					
LUG-01	15	20	0.91	3.41E-05	Relleno	Volcánico andesita	Muy permeable
LUG-02	20	25	1.45	5.44E-05	Turbulento	Volcánico andesita	Impermeable
LUG-03	25	30	2.03	7.60E-05	Erosión	Volcánico andesita	Impermeable
LUG-04	30	35	6.38	2.39E-04	Erosión	Volcánico andesita	Muy permeable

**CUADRO N°38: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SONDEO PPA-02, ENSAYO LUGEON**

N° ENSAYO	TRAMO		UNIDAD LUGEON	K (cm/seg)	TIPO FLUJO	ROCA	CONDICION
	DE	A					
LUG-01	15	20	1,01	3,80E-05	Relleno	Sub volcanico Ignimbrita	Muy permeable
LUG-02	20	25	1,59	5,96E-05	Turbulento	Sub volcanico Ignimbrita	Impermeable
LUG-03	25	30	2,31	8,68E-05	Erosión	Sub volcanico Ignimbrita	Impermeable
LUG-04	30	35	7,57	2,84E-04	Erosión	Sub volcanico Ignimbrita	Muy permeable

**CUADRO N°39: RESULTADO DE LOS ENSAYOS DE PERMEABILIDAD EN SONDEO PPA-04, ENSAYO LUGEON**

N° ENSAYO	TRAMO		UNIDAD LUGEON	K (cm/seg)	TIPO FLUJO	ROCA	CONDICION
	DE	A					
LUG-01	15	20	48.15	1.81E-03	Dilatación	Toba dacita	Muy permeable



#### **4.8. EVALUACIÓN DE LAS CONDICIONES HIDRÁULICAS DEL SUBSUELOS DE CIMENTACIÓN DE LA PRESA ANCASCOCHA.**

Conforme se puede observar en los cuadros arriba indicados, ambos estribos y cauce del río presentan las mismas características de permeabilidad que las cataloga entre permeable a poco permeable, lo cual ha dado lugar a las fuertes filtraciones existentes a través de la cimentación de la presa actual.

En vista de lo expuesto se concluye que el área de la cimentación de la presa Ancascocha, presenta permeabilidad moderada, por lo que se le clasifica de “permeable a poco permeable”, lo que constituye razón hidráulica desfavorable para la proyección de una nueva presa de concreto en tal razón se recomienda realizar tratamiento geotécnico adecuado a la cimentación de la presa, que vería está conformado de material flexible.

#### **4.9. CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE POR FALLA EN SUELOS DÉBILES SATURADOS.**

Para el cálculo de la capacidad de carga admisible por falla al corte en el suelo de cimentación de la Presa Ancascocha, se han desarrollado varios cálculos bajo diferentes condiciones cohesivas, fricciones y geométricas y siendo el primero el considerado previamente los siguientes aspectos:

##### **A. PRIMER CÁLCULO DE APROXIMACIÓN**

- Los materiales de la cimentación de la presa Ancascocha están constituidos por suelos bien saturados, ya que se encuentran bajo la permanente presión hidrostática de las aguas de la laguna emplazada inmediatamente aguas abajo de la presa existente.
- Se ha optado por una profundidad de 6.00 m de excavación de la cimentación en la zona del cauce del río y 3.00 m de excavación en el área de los estribos.
- Se han tomado los siguientes datos obtenidos de la evaluación de los resultados de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos de muestras extraídas de los testigos de las perforaciones diamantina a las cotas de excavación de la cimentación proyectadas:

- Densidad natural = 16.57 kN/m<sup>3</sup>
- Cohesión = 14.89 kN/m<sup>2</sup>
- Angulo de fricción = 28.8 °
- Ancho de la presa en la corona = 11.00 m
- Profundidad de desplante = 6.00 m
- Se ha obtenido una capacidad admisible de 12.64 kgf/cm<sup>2</sup>

CUADRO N°40: CAPACIDAD ADMISIBLE

CALCULO DE CAPACIDAD ADMISIBLE SECCION 1												
$\gamma$ kN/m <sup>3</sup>	B m	D <sub>r</sub> m	c kN/m <sup>2</sup>	$\phi$ °	$N_{c'}$	$N_{q'}$	$N_{\gamma'}$	$\gamma'$ kN/m <sup>3</sup>	q kN/m <sup>2</sup>	q <sub>u</sub> kN/m <sup>2</sup>	Q <sub>adm</sub> kN/m <sup>2</sup>	Q <sub>adm</sub> kgf/cm <sup>2</sup>
DATOS DE CALCULO							FALLA GENERAL POR CORTE					
16.57	11.00	6.00	14.89	28.80	27.43	16.08	18.78	16.57	99.42	3718.62	1239.54	12.64

Se han elaborado cálculos de capacidad portante siguiendo la metodología de Karl Therzaghi habiéndose obtenido resultados similares, por lo que se considera que el valor dado líneas arriba corresponde a la capacidad real del terreno de fundación, la cual se considera no ser muy suficiente, por lo que se ha recomendado en las conclusiones y recomendaciones del presente estudio geotécnico el mejoramiento de las condiciones del terreno de fundación con sistemas y procedimientos de inyecciones de consolidación teniendo en cuenta los adelantos técnico-científicos actuales.

#### 4.10. SOLICITACIÓN DE ESFUERZOS DE LA PRESA SOBRE LA CIMENTACIÓN.

Para determinar el esfuerzo de compresión de la presa sobre la cimentación en la línea de máxima altura  $h = 40$  m, debe calcularse de la siguiente manera:

W de la franja en la corona de la presa  $h = 40$  m.

Pe del concreto = 2.6 gr/cm<sup>2</sup>

Pe del agua = 1.0 gr/cm<sup>2</sup>

Altura total de la presa incluyendo el desplante de 6.00 m = 4000 cm + 600 cm = 4600 cm

Presión total de la presa en la corona sobre la cimentación =  $y \times h = 2.6 \text{ gr/cm}^2 \times 4600 \text{ cm} = 11960 \text{ gr/cm}^2 = 11.9 \text{ kgf/cm}^2$

#### **4.11. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD PORTANTE DE LA CIMENTACIÓN CON RESPECTO A LA PRESIÓN DE SOLICITACIÓN**

Conforme se puede apreciar, la presión que ejercerá la presa sobre la cimentación es del orden de los 11.96 kgf/cm<sup>2</sup>, siendo la capacidad portante admisible del terreno de 12.64 kgf/cm<sup>2</sup>.

El factor de seguridad contra la rotura de la cimentación está dado por  $FS = \text{Resistencia/Solicitación} = 12.64/11.96 = 1.05$  (Este factor debe ser mayor a la unidad). Por tanto la cimentación de la presa en sus condiciones naturales cumple escasamente con los requisitos exigidos por el proyecto.

Además, la cimentación deberá soportar una presión de filtración, que será establecido con la construcción de la red de flujo, la misma que no se considera en el presente cálculo de la capacidad admisible. Igualmente deberá tenerse en cuenta la presión hidrostática del embalse que ejercerá sobre 1/3 de la altura de la presa. Así mismo los efectos negativos de la presión intersticial del agua en el cuerpo de la cimentación, todo ello a determinarse en los cálculos de la ingeniería de diseño de la presa. El terreno de fundación de la presa Ancascocha no está exenta a los fenómenos de excentricidad por asentamientos diferenciales del terreno de cimentación, lo cual constituye otro factor negativo que deberá ser tratado en todo caso con mayor consideración en los diseños definitivos de la presa para su tratamiento geotécnico respectivo en cuanto consolidación.

#### **4.12. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

##### **4.12.1. INTRODUCCIÓN**

El sistema de impermeabilización de las presas de CFRD sobre mantos aluviales ha empezado a construirse a partir del año 1995, antes solamente se recomendaba construir en cimentaciones rocosas. Por ejemplo la presa de Potrerillos de 116 m de altura, Pichi-Picun Leufu de 54 m de altura y Los Caracoles toda en Argentina; Santa Juana 103 m de altura, Puclaro 83 m en Chile, etc., son presas CFRD sobre mantos Aluviales.

El proyecto de la presa Ancascocha presenta un suelo de fundación conformado por gravas arenas producto de la rocas meteorizadas, no favorables para la fundación de la presa de estructura rígida por esa razón que se plantea realizar un tratamiento especial a la fundación mediante inyecciones de consolidación con el objetivo de mejorar las características portantes del terreno y reducir su deformabilidad, para elevar la capacidad admisible del terreno. Mediante los sondeos realizados en el zona del cierre de la presa se ha realizado ensayos de permeabilidad a lo largo de todo el cierre entre estribos, mediante esta evaluación se desarrollaron secciones de interpretación de las permeabilidades del material presente. En base a estos perfiles se plantea el tratamiento especial geotécnico para esta zona mediante inyecciones de lechada de agua y cemento al igual que toda la línea de inyecciones del vaso.

El cuerpo de la presa estará constituida por material grava y arenas típicas de las presas CFRD de material granular, donde el material aluvial tiene una potencia considerable, la pantalla de inyecciones, el Sistema de Impermeabilización debe garantizar la obtención de magnitudes de Gradientes Hidráulicos menores a los Máximos Admisibles, el tratamiento de consolidación que es planteada para este tipo de presas está orientada en la base del plinto aguas arriba y en la base del talud de la zona del vaso. .

A continuación se muestran algunos diseños de presas donde se utilizaron este tipo de pantallas de impermeabilización y consolidación.

#### **4.12.2. INYECCIONES DE IMPERMEABILIZACIÓN**

##### **4.12.2.1. PANTALLA DE IMPERMEABILIZACIÓN.**

Tiene por objetivo reducir la permeabilidad del macizo rocos y las potenciales filtraciones a través de sus discontinuidades. Una pantalla se forma por medio de las perforaciones e inyecciones de una serie de barrenos dispuestos en una línea o más líneas paralelas.

#### 4.12.2.2. NÚMERO DE LÍNEAS

Es el número de líneas que forman la pantalla de impermeabilización, el cual depende de la resistencia mecánica, fracturamiento y permeabilidad del terreno. Cuando es difícil aplicar altas presiones para realizar la inyección porque el terreno es débil, se proyectan dos o más líneas paralelas.

##### a. ETAPAS DE INYECCIÓN.

La perforación e inyección de los barrenos se realiza por etapas con el objeto de lograr la impermeabilización progresiva de las fracturas en el terreno.

En la primera etapa la separación de los barrenos es de 12 m. Los barrenos se inyectan en toda su longitud en tramos de 5mt. En la segunda etapa, se perforan a 5 o 6 m. De separación y se inyectan los barrenos que quedan situados al centro de los de primera etapa. La tercera etapa de barrenos se realiza colocándolos al centro de los de segunda etapa, o sea 2.5 a 3m. De separación. Por lo general esta etapa es la última que se realiza en forma sistemática. Solo se perforan e inyectan barrenos adicionales en aquellas zonas donde los consumos de mezcla hayan sido altos.

##### b. Equipos.

- Perforadoras
- Turbomezclador de altas revoluciones (1250 rpm)
- Agitador o mezclador de bajas revoluciones (60 rpm)
- Bomba a de inyección
- Equipo electrónico de registro (logac)
- Manómetros



FIGURA N° 6: EN LA VISTA SE OBSERVA ELMESCLADOR Y AGITADOR



FIGURA N° 7: LOGAC (EQUIPO DE REGISTRO ELECTRÓNICO)

#### 4.12.2.3. MÉTODOS DE INYECCIÓN

Es recomendable realizar las inyecciones bajo el método GIN de inyecciones propuesto por G. Lomabardi, donde considera una presión máxima de rechazo y un volumen máximo de inyección con el fin de evitar sobrecosto y un gasto inadecuado de lechada.



## A. PRINCIPIOS DEL MÉTODO GIN

### ➤ Mezcla

Se utiliza una sola mezcla para la totalidad de los trabajos, partiendo que una sola mezcla es la mejor.

La mezcla debe tener la retracción mínima posible al fraguado porque toda retracción se traduce luego en la formación de caminos preferenciales de circulación del agua y entonces en una mayor posibilidad futura de disolución de la lechada misma.

La penetración de la mezcla en las fisuras está limitada por el diámetro de los granos de cemento en relación a la abertura de las fisuras. Es un error creer que agregando agua a la mezcla la penetración mejora (de hecho, solo el agua penetra en las fisuras finas, no el cemento).

Claramente, los cementos finos y súper finos son los más eficientes para el relleno de las grietas, pero lamentablemente muchas veces no son disponibles o son de precio excesivo. La penetración a más grandes distancias (obviamente en las fisuras suficientemente abiertas) se obtiene para la misma presión de inyección con la reducción de la cohesión y de la viscosidad de la mezcla añadiendo un superfluidificante de tipo adecuado.

La definición de la mezcla debe hacerse sobre ensayos cuidadosos de laboratorio para obtener la relación agua/cemento la más favorable escogiendo el tipo de superfluidificante y su dosaje más favorable.

Los criterios son:

- Decantación limitada (mínima)
- Densidad alta
- Viscosidad baja
- Cohesión baja.
- Tiempos de fraguado aceptables en función de la inyección a hacer.
- Resistencia mecánica
- Resistencia al deslave elevada

Los primeros criterios se refieren a la mezcla fresca; los dos últimos a la mezcla fraguada.

Los parámetros determinantes que se puedan manejar para optimizar la mezcla son:

- Tipo de cemento (granulometría, fineza).
- Relación agua/cemento.
- Tipo de superfluidificante.
- Dosaje del superfluidificante.

No se usara bentonita en las inyecciones en roca debido a la separación que se produce frecuentemente en la mezcla. La bentonita penetra en la fisura, y el cemento (de tamaño superior) no lo puede y se queda afuera.

➤ **Curva limite**

La curva límite de la inyección se define por tres para metros:

La intensidad o numero  $GIN=P.V$  (bar.l/m) siendo,

$P$  : presión (bar)

$V$  : absorción de lechada por metro de taladro (l/m) o mejor (kg cemento /m)

$p.V = GIN = constante =$  “energía específica” (energía de inyección por metro de taladro)

La limitación por intensidad (número GIN) evite la combinación de presiones elevadas con volúmenes de mezcla altos: es decir presiones elevadas sobre grandes superficies. Se limita así o por lo menos se reduce substancialmente, el riesgo de hidro-facturación y de hidrogoteo.

La presión máxima ( $P_{max}$ ) es más bien un valor de diseño de los equipos de inyección (bombas, tubería, obturadores, etc). Debe de ser lo suficientemente alta (2 a 3 veces la presión futura del agua en el sitio, es decir en la boca del taladro) para que al llenar el embalse las fisuras no se abran de nuevo por hidrogoteo.

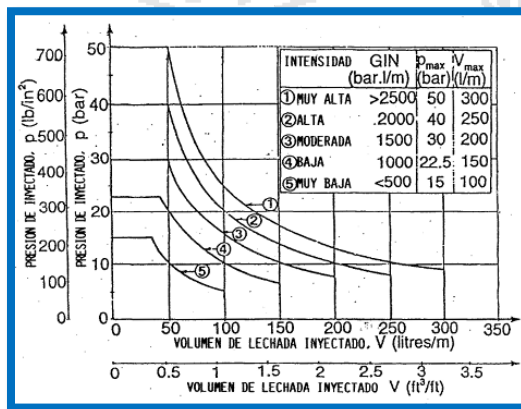


FIGURA N° 8: CURVA LIMITE

El volumen máximo (V) elegido no es un límite fijo absoluto, sino un punto donde debe tomarse una decisión. Se trata según los casos:

- Continuar la inyección.
- Pararla para continuarla después del fraguado
- Darla por terminada.
- Darla por terminada decidiendo de perforar e inyectar otro u otros taladros en cercanía

También se define un valor crítico que es en general  $V_{cr} = 0.5 \cdot GIN / P_{max}$  (l/m) O bien  $V_{cr} = V_{max} / 20$  a  $V_{max} / 10$ .

Cuando un tramo de inyección de cualquier taladro se sobrepasa este valor, se deben perforar los taladros cercanos por lo menos hasta dicha profundidad, o mejor hasta un tramo de inyección más profunda.

La selección del valor GIN depende de las condiciones geológicas y del proyecto. Debe ser escogido al inicio y adoptado durante toda el desarrollo de los trabajos. Sin embargo deben de evitarse cambios frecuentes de los parámetros que dificulten el control y el análisis de inyección.

Claro es la distancia (d) entre los taladros y el valor GIN son relacionados. (vale aproximadamente la relación: d proporcional a  $\sqrt[3]{GIN}$ ). Ambos valores dependen obviamente de las características de la roca y del objetivo a conseguir.

#### ➤ **Saturación de la roca**

La roca seca puede absorber agua de la mezcla lo que para muy rápidamente la penetración por el efecto de la fricción que se genera entre los granos de cemento, a faltar la lubricación por el agua (lo mismo pasa si el agua se escapa por las fisuras finas dejando el cemento detrás). Es entonces importante que la roca se encuentre saturada al momento de la inyección. Antes de empezar la inyección de lechada es necesario inyectar un cierto volumen de agua en el taladro (obviamente solo en los tramos por encima de la capa freática).

➤ **Parada de la inyección**

La inyección se para con un caudal de inyección nulo (o muy reducido) cuando el producto P.V llega al valor GIN prescrito. En la práctica se puede sobrepasar el valor GIN fijado de por ejemplo 10% y esperar algunos minutos para ver si el P.V final se acerca lo suficiente al valor GIN mientras que la presión baje leve y lentamente. Obviamente la inyección se para igualmente al llegar a la presión.

➤ **Ensayos de presión de agua**

Los ensayos de presión de agua tipo Lugeon son útiles para evaluar la permeabilidad del terreno antes de iniciar la campaña de inyección. Deben, al contrario, ser evitados de manera absoluta en las zonas ya inyectadas, debido a que la presión del agua penetra también en las fisuras finas que el cemento no pudo llenar y puede crear aberturas adicionales en zonas ya tratadas, destruyendo el efecto de la inyección. El control de inyección debe de realizarse con taladros de control inyectados directamente con la misma lechada siguiendo los antedichos, nunca con ensayos de agua a presión. Además los ensayos de presión pueden indicar solamente la existencia de pérdidas de agua lo que no permite saber si la zona es inyectable o no, ya que la pérdida de agua depende del número y espesor de todas las fisuras, mientras la toma depende solamente de las fisuras más abiertas. Solamente el ensayo por inyección en perforaciones de control permite aclarar este punto y además indicar el valor de la toma de lechada posible.

#### **4.13. TRATAMIENTO GEOTECNICO PLINTO Y VASO**

En la presa Ancascocha se plantea realizar el tratamiento geotécnico orientado a la zona de la fundación y en el plinto de la presa.

Este tratamiento consiste en realizar inyecciones de agua cemento (lechada), a lo largo de toda la zona del plinto, mediante tres líneas de inyección, con inyecciones primarias, secundarias y terciarias, también se considera realizar sondajes de comprobación con recuperación de testigos e inyecciones de las mismas, para esta etapa se ha considerado sondajes exploratorios para monitorear tramo a tramo la pantalla de inyección. El criterio de

impermeabilización será aplicado de la misma forma para la zona del embalse o zona de vaso, donde se aplica a todo el pie de talud inyectando lechada en tres líneas completando a final del tramo solo una, esta disminución se realiza de acuerdo a tipo de material que se tiene, al grado de permeabilidad y a la caracterización geo mecánica del terreno.

#### 4.14. TRATAMIENTO GEOTECNICO DEL EMBALSE

La zona de embalse con sus características geotécnicas toda el área, se ha subdividido en 7 zonas para darle un tratamiento geotécnico personalizado ya que estas zonas presentan características diferentes tanto en geomorfología y clasificación de materiales. Para la descripción geotécnica de la zona de embalse se realizaron calicatas con sus respectivos ensayos básico y especiales, también se realizaron perforaciones diamantinas. Se presenta un tratamiento geotécnico para impermeabilizar y estabilizar las diferentes zonas.

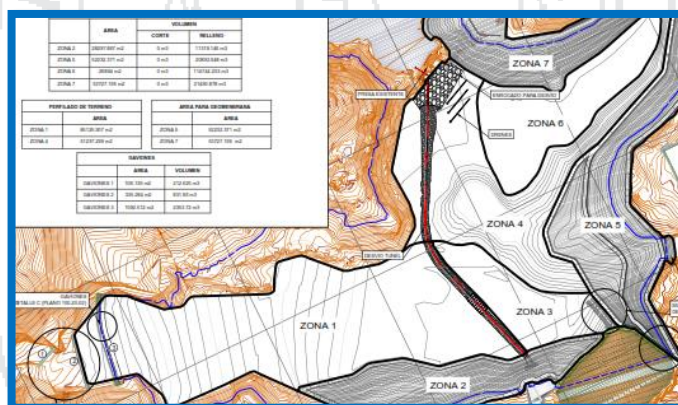


FIGURA N° 9: TRATAMIENTO GEOTÉCNICO PARA IMPERMEABILIZAR Y ESTABILIZAR LAS DIFERENTES ZONAS.

**CANAL EMBOQUILLADO.-** Esta estructura se realizara a lo largo de la zona 4 y 3 tal como se muestra en la figura anterior resaltado de color rojo que se muestra atravesando desde la presa Ancascocha anterior hasta la zona que atraviesa el estribo izquierdo que transportara el agua evitando el llenado del embalse actual permitiendo realizar los trabajos de impermeabilización y estabilización de la nueva presa Ancascocha, este canal también permitirá el drenaje de las zonas inundadas las cuales serán evacuadas por bombeo o canales de drenaje direccionados hacia este canal principal de material emboquillado temporal. Las características de este canal será de 3 metros de



altura por 2.5 metros de largo, el canal será de tipo emboquillado con revestimiento de roca y concreto, el material rocoso será extraída de la cantera de roca Chanchairo.

#### 4.14.1. ZONA 1

Esta zona se ubica al nor oeste de la zona de presa en dirección al estribo derecho, se han realizado tres calicatas con códigos C-05, CCP-09, CCP-08, que se describen.

##### 4.14.1.1. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

Como descripción general la zona 1 corresponde a una zona de deposición aluvial de fondo de valle, donde predominan materiales suelos transportados de origen aluvial y deluvial, en la zona de embalse de la zona 1 se realizaron 03 calicatas con las siguientes características:

C-05: Corresponde a una calicata compuesta por material arenas gravosas con limos arcillosos de color pardo grisáceo, con gravas de fragmentos sub angulosos, también presenta boloneria con fragmentos mayores 0.50 m, a profundidad se observa material limoarcilloso con arenas.

CCP-09: Presenta gravas arenosas con limos de color pardo claro a gris, presenta boloneria con fragmentos subangulosos, de tamaños heterometricos, seguido de este estrato se observa material arcillo arenoso

CCP-08: Está compuesto por gravas arenosas de color gris pardusco, con presencia de limos y boloneria sub angulosas, seguido de este estrato se presenta material arcillo arenoso con gravas.

##### 4.14.1.2. MOVIMIENTO DE MATERIAL

**Perfilado.-** Para trabajos de volumen de material en la zona 1 se realizara la selección y clasificación de los materiales ya que la zona corresponde a una zona de cantera de donde se tomara el material grueso para la construcción de los gaviones, después de esta remoción de terreno la zona quedara con una topografía disturbada por los diferentes trabajos realizados en la zona, al final de estos trabajos se realizara el perfilado de toda el área.



El material removido será de 3 metros de profundidad ya que desde los tres metros se tiene un material arcillo limoso con gravas, el perfilado de terreno en esta zona se realizara al ras del material arcillo limoso con gravas, formándose una zona impermeabilización natural siendo favorable para la estanqueidad de la presa, el área total a perfilarse es de 85125.907m<sup>2</sup>.

#### 4.14.1.3. TRATAMIENTO GEOTECNICO

Para evitar la erosión de la zona a través del tiempo se realiza y el pase de material aluvial a la zona de embalse se realizara el armado de gaviones en la zona correspondiente al inicio de la quebrada Yuraccruz.



FIGURA N° 10: QUEBRADA YURACCRUZ.

A. **Gaviones.**- Los gaviones son elementos modulares de forma prismática rectangular, fabricados con malla hexagonal de triple torsión de alambre galvanizado, reforzados en los bordes con alambre más grueso y divididos en celdas mediante diafragmas, el sistema de muro de gaviones estará constituido por los siguientes componentes:

- Gavión: Sistema de confinamiento prismático de gran resistencia formado por malla de triple torsión de distintas dimensiones, confeccionadas con alambre galvanizado. Existen fundamentalmente dos tipos de gaviones:
- Gavión Caja: Son elementos de forma rectangular, empleados en la protección de cauces, y como muros de contención.
- Gavión Recubrimiento: Los gaviones de recubrimiento se diferencian de los gaviones de caja, en que presentan una gran amplitud y un menor espesor. Dichos gaviones son utilizados en las obras de protección de los lechos y orillas, tanto en ríos como en torrentes. En la zona de estudio para controlar la avenida

de materiales aluviales de la quebrada se instalaran tres zonas de gaviones en la zona de inicial de la quebrada Yuraccruz, la primera será de menor dimensión la segunda de mediana altura, la tercera será de mayor altitud y que será la última barrera que detendrá todas los sedimentos, los cuales soportaran todos los sedimentos aluviales y evitar que se depositen nuevamente en la zona de embalse de la presa Ancascocha.

#### **4.14.2. ZONA 2**

Esta zona se ubica al nor oeste de la zona de presa seguido inmediatamente del estribo derecho, se han realizado tres calicatas con códigos CCP-09, CCP-08 y C-4, que se describe.

##### **4.14.2.1. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS**

En la zona numero 2 corresponde a la continuación del estribo derecho de la zona de presa Ancascocha, presenta potentes afloramiento de material masivo caracterizado como tobas igninbríticas de color gris claro, con fragmentos de roca englobada de andesitas y traquitas angulosas de tamaños menores a 5 cm, 03 calicatas 02 calicatas, presentandose como matriz a las toba volcánica, se realizó en la partes bajas y en los límites de la zona 1 y 1 calicata en la parte alta de la zona 2, con las siguientes características:

C-04: Suelo limo arcilloso de color pardo claro, semi-compacto sin presencia de clastos hasta 3" 30% sub angulosos, finos 70%, humedad moderada, hasta los 1.70 metros y seguido de Roca volcánica (tufos volcánicos), alterado de color gris, finos 90%, humedad moderada fácil disgregación hasta los 3.20

CCP-09: Presenta gravas arenosas con limos de color pardo claro a gris, presenta boloneria con fragmentos sub angulosos, de tamaños heterometricos, seguido de este estrato se observa material arcillo arenoso

CCP-08: Está compuesto por gravas arenosas de color gris pardusco, con presencia de limos y boloneria sub angulosas, seguido de este estrato se presenta material arcillo arenoso con gravas.

Se tiene como referencia de que este tipo de litología profundiza, en el sondaje diamantino PPA-04 se tiene este tipo de roca desde la superficie sobrepasando los 30 metros de profundidad.

#### 4.14.2.2. MOVIMIENTO DE MATERIAL

**Perfilado.-** Para trabajos remoción de terreno se realizara un perfilado superficial de las zonas que se encuentran con aristas superficiales de la zona 2, toda el área que corresponde al talud del embalse.

#### 4.14.2.3. TRATAMIENTO GEOTECNICO

El tratamiento geotécnico para evitar la erosión por colmatación de agua y asegurar el embalse como una medida de impermeabilización, se propone realizar un tendido en todo el talud de COLCHÓN RENO con una base impermeable de arcilla de 0.40 centímetros seguido de una capa de material gravoso 20 centímetros para que evitar el contacto de la capa de arcilla con el colchón reno de tal manera que se asegurara una buena impermeabilización de la zona 2.



FIGURA N° 11: ZONA DE TRATAMIENTO GEOTECNICO

#### A. Colchón Reno

Los colchones Reno son unidades rectangulares de malla tejida rellena de piedra o grava gruesa que forman elementos flexibles y permeables o impermeables de acuerdo a la capa subyacente, es utilizado para construir una

gran gama de estructuras, tales como riveras de ríos, protección costera para ríos y playas, canalizaciones y en este caso para evitar la erosión del talus de la zona 2.

El colchón es una canasta sin tapa fabricada en un panel de malla continua que forma la base, costados y diafragmas. Cada diafragma está espaciado en intervalos aproximados de 1 metro para formar unidades multicelda. Durante su fabricación todos los paneles son cocidos por alambre de mayor diámetro que el usado en la malla para dar mayor resistencia a la estructura. La malla usada en los colchones Reno es de acero de alta resistencia fuertemente galvanizada o con recubrimiento Galmac (Zinc – 5% Aluminio adicional), este recubrimiento Galmac tiene la característica de tener una mayor duración que el galvanizado normal.

El acero es un tejido en malla hexagonal a doble torsión. La malla tejida en doble torsión da a la estructura una resistencia integral adicionando un efecto de no giro que prevé cualquier daño accidental. Cuando la malla es colocada en ambientes agresivos, se le adiciona un recubrimiento de cloruro de polivinilo (PVC). El PVC es adicionado al alambre galvanizado o con recubrimiento Galmac para proveer de una protección adicional contra corrosión.

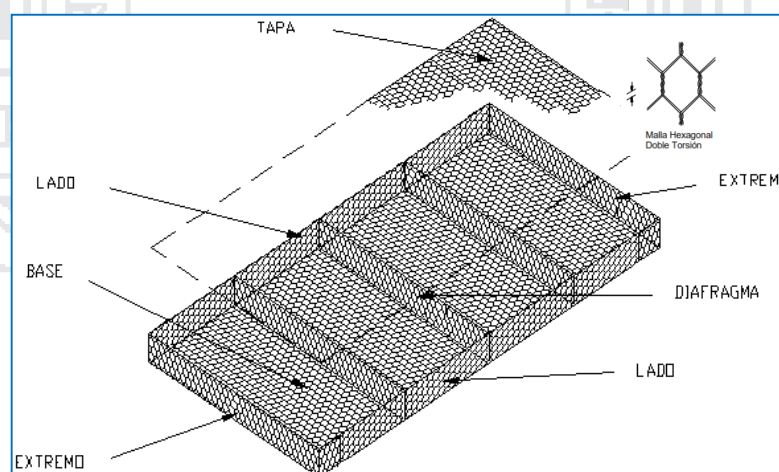


FIGURA N° 12: RECUBRIMIENTO GALMAC

Las características del colchón Reno será de 1 metro de largo por 1 metro de ancho por 0.15 cm de altura, estos detalles están sujetos ajustes por el constructor.



#### 4.14.3. ZONA 3

Esta zona se ubica al norte de la zona de presa en dirección al centro del eje de presa, se han realizado dos calicatas con códigos C-06, C-01, que se describen.

##### 4.14.3.1. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

En el área denominado Zona 3 tiene como característica general una área de deposición aluvial de fondo de valle, donde predominan materiales suelos transportados de origen aluvial y deluvial, superficialmente presenta desarrollo de material orgánico, en la zona que corresponde al embalse de la zona 3 se realizaron 02 calicatas, una en la parte baja en la zona de deposición y la otra en la parte alta con las siguientes características:

C-01: Corresponde a una calicata compuesta por material con cobertura orgánica hasta los 0.20 m seguido de material limoarenoso de color pardo claro, semi-compacto con presencia de bloques hasta 80 cm. 30%, clastos hasta 8", sub angulosos 30%, finos 40% hasta los 2.60, seguido de Suelo limo arcilloso de color gris claro, semi-compacto, con clastos hasta 2" 30%, tufos volcánicos alterado nivel arenoso a 3.20 m. Humedad moderada.

C-06: Suelo orgánico de color gris con presencia de raíces, parcialmente húmedo, seguido de Suelo limo arcilloso color gris parduzco, semi-compacto con presencia de bloques hasta 0.80m. 10%, gravas hasta 3" 30%, finos 60%, humedad moderada hasta los 1.10.

##### 4.14.3.2. MOVIMIENTO DE MATERIAL

**Perfilado.-** Para trabajos de remoción de volumen de material en la zona 3 se realizara un perfilado hasta llegar a la zona arcillosa que es de 2 metros ya que desde esa profundidad se tiene un material arcillo limoarenoso con gravas, el perfilado de terreno en esta zona se realizara al ras del material arcillo limoarenoso, formándose una zona impermeabilización natural siendo favorable para la estanqueidad de la presa, el área total de la zona 3 es de 15438 m<sup>2</sup> y se realizara un corte de 284 338.803 m<sup>3</sup> y un relleno de 2 030.984 m<sup>3</sup>.

#### 4.14.3.3. TRATAMIENTO GEOTECNICO

Para evitar la inestabilidad del talud se realizara un muro de contención con esto en la zona de talud tal como se muestra en la imagen raster ya que este talud se encuentra compuesta por materiales sueltos medianamente consolidados, en la zona se puede observar la presencia de agua, esta agua se deberá drenar o controlarlo mediante el canal proyectado en la zona.



FIGURA N° 13: ZONA DE TRATAMIENTO GEOTECNICO

##### A. Muro de contención

Los muros de contención se utilizan para detener masas de tierra u otros materiales sueltos cuando las condiciones no permiten que estas masas asuman sus pendientes naturales. Estas condiciones se presentan cuando el ancho de una excavación, corte o terraplén está restringido por condiciones de propiedad, utilización de la estructura o economía.

Un muro de contención no solo soporta los empujes horizontales transmitidos por el terreno, debe también recibir los esfuerzos verticales transmitidos a pilares, paredes de carga y forjados que apoyan sobre ellos. La mayoría de los muros de contención se construyen de hormigón armado, cumpliendo la función de soportar el empuje de tierra, generalmente en desmontes o terraplenes, evitando el desmoronamiento y sosteniendo el talud.

Se proponme un muro de gravedad, consiste en un muro de hormigón en masa en los que la resistencia se consigue por su propio peso, normalmente carece de cimiento diferenciado, debemos señalar que el muro de contención está sujeto al criterio del constructor.



#### 4.14.4. ZONA 4

Esta zona se ubica al norte de la zona de presa en dirección al centro del eje de presa, se han realizado cinco calicatas con códigos CPP-03, CPP-06, CPP-25, CPP-11, CPP-12 que se describen.

##### 4.14.4.1. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

En el área denominado Zona 4 tiene como característica general una área de deposición aluvial de fondo de valle, y de talud de embalse con pendientes de 30°, a 40° donde predominan materiales suelos de origen coluvial así como materiales aglomerados volcánicos, superficialmente presenta desarrollo de material orgánico, se realizaron las cinco calicatas en las zonas de pie de talud y de deposición coluvial con las siguientes características:

CPP-03: Corresponde a una calicata compuesta por arena con gravas con presencia de bloques y boloneria.

CCP-06: Arena limosa arcillosa color gris amarillento, estrato en estado semi-compacto, la calicata se encuentra dentro del cuerpo de presa, características del suelo: porcentaje de arenas: 45%, porcentaje de finos: 20%, porcentaje de gravas y bolones 35%.

CPP-25: La calicata CCP-25 se encuentra dentro del cuerpo de presa, características del suelo: porcentaje de arenas 15%, porcentaje de finos 20%, porcentaje de gravas y roca suelta 65%, se trata de gravas con limos a arenas con boloneria.

CPP-11: La calicata CCP-11 se encuentra dentro del cuerpo de presa, características del suelo: porcentaje de arenas: 60%, porcentaje de finos 30%, porcentaje de gravas 10%, se trata de suelo areno limoso con gravas.

CPP12: Se encuentra dentro del cuerpo de presa, características del suelo: porcentaje de arenas: 50%, porcentaje de gravas 15%, porcentaje de finos 35%, se trata de un suelo arena con gravas con limos.

#### 4.14.4.2. MOVIMIENTO DE MATERIAL

**Perfilado.-** Para trabajos remoción de terreno se realizara un perfilado superficial de las zonas que se encuentran con aristas superficiales de la zona 2, toda el área que corresponde al talud del embalse.

#### 4.14.4.3. TRATAMIENTO GEOTECNICO

Para el tratamiento geotécnico de la zona se propone realizar un perfilado superficial ya que en la zona de talud de se encuentran materiales sueltos como son arenas con gravas y limos, se removerá este material y se realizara un impermeabilización con un tendido de capa de arcilla de 0.40 cm de espesor seguido a esta capa se realizara un enrocado con material de cantera Chanchairo que son rocas andesíticas sub angulosas con fragmentos de roca entre 8 y 10 cm, este material se tendera seguido de la capa de arcilla para evitar la erosión y asegurar la estanqueidad del embalse.



FIGURA N° 14: ZONA DE TRATAMIENTO GEOTECNICO

En la zona de observa la presencia de una laguna con una profundidad considerable de aproximadamente 6 metros en la zona más profunda, para evacuar el agua se realizara unos canales que drenara el agua hacia el canal proyectado en la zona, se realizara el secado de toda el área y se realizarán los trabajos anteriormente mencionados.

#### 4.14.5. ZONA 5

Esta zona corresponde a la zona de presa estribo izquierdo, se han realizado una calicata en el fondo del talud con código CPP-23 y un sondaje diamantino en la parte media de talud con código PPA-7, el resumen de las características de la calicata y del sondaje se describe.

##### 4.14.5.1. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

En la zona numero 5 corresponde al estribo izquierdo de la zona de presa Ancascocha, presenta potentes afloramiento de roca altamente diaclasada y muy permeable en el estribo izquierdo seguido de un contacto litológico con materiales aglomeraticos que se trata de un aglomerado volcánico de matriz traquitica con niveles de matriz tobacea muy deleznable (roca altamente frágil) este material se encuentra hacia la zona del embalse al noreste, a continuación detallaremos las características litológicas:

CPP-23: Esta calicata se encuentra dentro del cuerpo de presa las características del suelo son: porcentaje de arenas 50%, porcentaje de finos 10%, porcentaje de gravas y bolones 40%, lo que corresponde a un material de arena con boloneria y gravas con boloneria.

PPA-7: presenta hasta los 2 metros roca residual igninbritica, muy alterada de color gris pardusco y altamente permeable, seguido de roca igninbritica con niveles con fracturamiento fuerte, esta litología se presenta en forma masiva hasta los 30 metros, presenta xenolitos de roca andesitica, de diferentes tamaños de forma angulosa.

##### 4.14.5.2. MOVIMIENTO DE MATERIAL

**Perfilado.-** Para trabajos remoción de terreno se realizara un perfilado superficial de las zonas que se encuentran con aristas y discontinuidades superficiales de la zona 5, toda el área que corresponde al talud del embalse el área total de la zona 5 es de 52 232.371 m<sup>2</sup>, el área de corte es 76 853.746 m<sup>3</sup> y un relleno 48 695.248 m<sup>3</sup>.

#### 4.14.5.3. TRATAMIENTO GEOTECNICO

El tratamiento geotécnico en esta zona consiste en impermeabilizar el talud y fondo de talud que será parte del embalse de la presa, para asegurar la impermeabilidad se realizara un recubrimiento con una capa de geomembrana seguido de una capa de geotextil y nuevamente geomembrana, es importante asegurar la durabilidad de la impermeabilidad se extenderá un capa de COLCHÓN RENO con las mismas características ya mencionadas en el tratamiento geotécnico de la zona 2.



FIGURA N° 15: TRATAMIENTO GEOTÉCNICO DE LA ZONA 5

##### A. Colchón Reno

Los colchones Reno son unidades rectangulares de malla tejida rellena de piedra o grava gruesa que forman elementos flexibles y permeables o impermeables de acuerdo a la capa subyacente, es utilizado para construir una gran gama de estructuras, tales como riveras de ríos, protección costera para ríos y playas, canalizaciones y en este caso para evitar la erosión del talus de la zona 5.

El colchón es una canasta sin tapa fabricada en un panel de malla continua que forma la base, costados y diafragmas. Cada diafragma está espaciado en intervalos aproximados de 1 metro para formar unidades multicelda. Durante su fabricación todos los paneles son cocidos por alambre de mayor diámetro que el usado en la malla para dar mayor resistencia a la estructura. La malla usada en los colchones Reno es de acero de alta resistencia



fuertemente galvanizada o con recubrimiento Galmac (Zinc – 5% Aluminio adicional), este recubrimiento Galmac tiene la característica de tener una mayor duración que el galvanizado normal.

El acero es un tejido en malla hexagonal a doble torsión. La malla tejida en doble torsión da a la estructura una resistencia integral adicionando un efecto de no giro que prevé cualquier daño accidental.

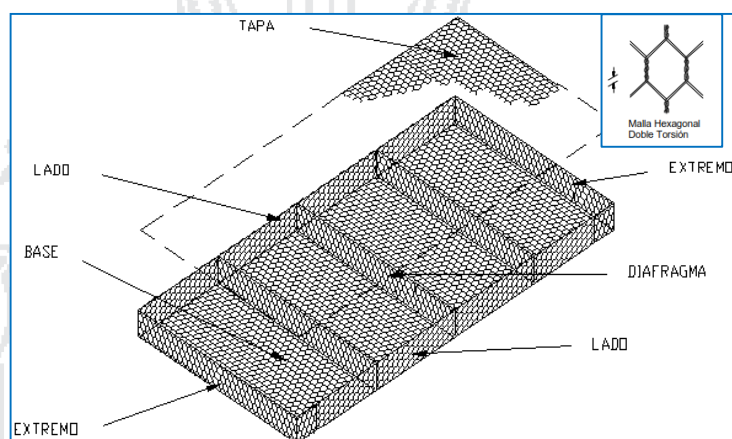


FIGURA N° 16: RECUBRIMIENTO GALMAC

Las características del colchón Reno será de 1 metro de largo por 1 metro de ancho por 0.15 cm de altura, estos detalles están sujetos ajustes por el constructor.

#### 4.14.6. ZONA 6

Esta zona se ubica al norte de la zona de presa en dirección al centro del eje de presa, se han realizado cuatro calicatas con códigos C-07, CPP-07, CPP-11, CPP-12 que se describen en el ítem siguiente.



FIGURA N° 17: CENTRO DEL EJE DE LA PRESA

#### 4.14.6.1. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

En el área denominado zona 6 tiene como característica general una área de deposición aluvial de fondo de valle, y de talud de embalse con pendientes de 10°, a 30° donde predominan materiales suelos de origen coluvial así como materiales aglomerados volcánicos, superficialmente presenta desarrollo de material orgánico, se realizaron las cuatro calicatas en las zonas de pie de talud y de deposición coluvial con las siguientes características:

C-07: Suelo limo arcilloso de color pardo oscuro, semi-compacto con presencia de boques hasta 0.70 m. 20%, clastos menores a 2" 30%, finos 50%, humedad moderada.

CCP-07: Tenemos materiales que encuentras dentro del cuerpo de presa, características del suelo: porcentaje de arenas: 45%, porcentaje de finos: 30%, porcentaje de gravas y bolones 25%, estos suelos corresponden a una arena limosa con gravas y boloneria.

CPP-11: La calicata CCP-11 se encuentra dentro del cuerpo de presa, características del suelo: porcentaje de arenas: 60%, porcentaje de finos 30%, porcentaje de gravas 10%, se trata de suelo areno limoso con gravas.

CPP12: Se encuentra dentro del cuerpo de presa, características del suelo: porcentaje de arenas: 50%, porcentaje de gravas 15%, porcentaje de finos 35%, se trata de un suelo arena con gravas con limos.

#### 4.14.6.2. MOVIMIENTO DE MATERIAL

**Perfilado.-** Para trabajos remoción de terreno se realizara un perfilado superficial de las zonas que se encuentran con aristas superficiales de la zona 6, toda el área que corresponde al talud del embalse.

#### 4.14.6.3. TRATAMIENTO GEOTECNICO

Para el tratamiento geotécnico se realizara para asegurar el embalsamiento de la presa, se propone realizar un perfilado superficial ya que en la zona de talud de se encuentran materiales sueltos como son arenas con gravas y limos.



Se removerá este material y se realizara un impermeabilización con un tendido de capa de arcilla de 0.40 cm seguido de una capa de geomenbrana, posterior a ello una franja de colchón Remo esto para la protección de la geomenbrana según las características nombradas en el siguiente ítem.

El agua depositada actualmente en la zona se deberá drenar al canal emboquillado mediante bombeo o canales que desvíen el agua hacia el canal ya mencionado.

#### **A. Colchón Reno**

Los colchones Reno son unidades rectangulares de malla tejida rellena de piedra o grava gruesa que forman elementos flexibles y permeables o impermeables de acuerdo a la capa subyacente, es utilizado para construir una gran gama de estructuras, tales como riveras de ríos, protección costera para ríos y playas, canalizaciones y en este caso para evitar la erosión del talud de la zona 2.

El colchón es una canasta sin tapa fabricada en un panel de malla continua que forma la base, costados y diafragmas. Cada diafragma está espaciado en intervalos aproximados de 1 metro para formar unidades multicelda. Durante su fabricación todos los paneles son cocidos por alambre de mayor diámetro que el usado en la malla para dar mayor resistencia a la estructura. La malla usada en los colchones Reno es de acero de alta resistencia fuertemente galvanizada o con recubrimiento Galmac (Zinc – 5% Aluminio adicional), este recubrimiento Galmac tiene la característica de tener una mayor duración que el galvanizado normal.

El acero es un tejido en malla hexagonal a doble torsión. La malla tejida en doble torsión da a la estructura una resistencia integral adicionando un efecto de no giro que prevé cualquier daño accidental. Cuando la malla es colocada en ambientes agresivos, se le adiciona un recubrimiento de cloruro de polivinilo (PVC). El PVC es adicionado al alambre galvanizado o con recubrimiento Galmac para proveer de una protección adicional contra corrosión.

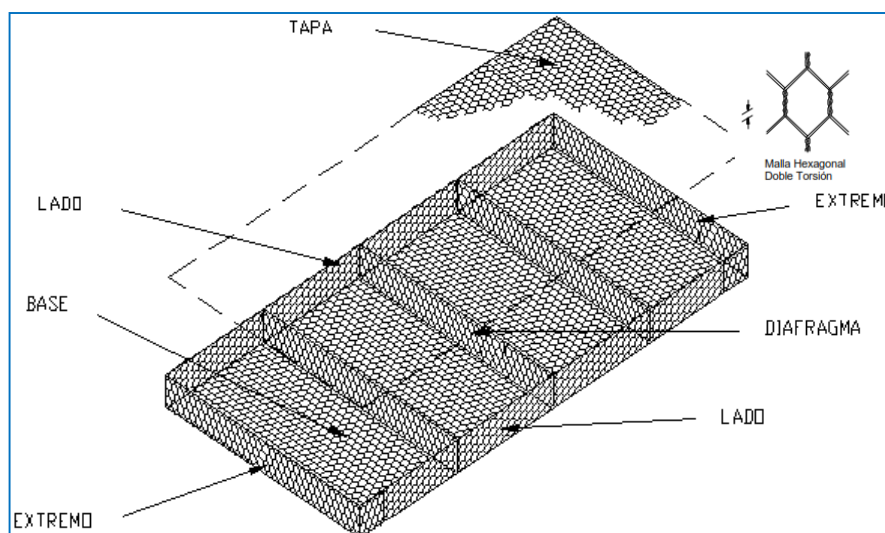


FIGURA N° 18: RECUBRIMIENTO GALMAC

Las características del colchón Reno será de 1 metro de largo por 1 metro de ancho por 0.15 cm de altura, estos detalles están sujetos ajustes por el constructor.

**4.14.7. ZONA 7**

Esta zona se ubica en la zona de estribo izquierdo de la presa anterior Ancascocha al norte de la zona de presa, se han realizado una calicata que refiere la caracterización de los materiales en la zona 07.



FIGURA N° 19: ZONA IZQUIERDA DE LA PRESA

#### 4.14.7.1. CARACTERISTICAS GEOTECNICAS

En el área denominado zona 7 tiene como característica general una área de deposición aluvial de talud que formara parte del embalse pendientes de 20°, a 35° donde predominan materiales suelos de origen coluvial así como materiales aglomerados volcánicos, y andesitas fracturadas, superficialmente presenta desarrollo de material orgánico, se detalla la composición de la calicata a continuación:

C-08: Suelo limo arcilloso de color pardo oscuro, semi-compacto con presencia de clastos menores a 2", 20%, finos 80%, humedad moderada, esta calicata se realizó hasta una profundidad de 3.10 m.

#### 4.14.7.2. MOVIMIENTO DE MATERIAL

**Perfilado.-** Para trabajos remoción de terreno se realizara un perfilado superficial de las zonas que se encuentran con aristas superficiales de la zona 7, toda el área que corresponde al talud del embalse.

#### 4.14.7.3. TRATAMIENTO GEOTECNICO

Para el tratamiento geotécnico se realizara para asegurar el embalsamiento de la presa, se propone realizar un perfilado superficial ya que en la zona de talud de se encuentran materiales sueltos como son limos arcillosos, para evitar la erosión se tendera una franja de colchón Remo esto para la protección de terreno superficial.

##### A. Colchón Reno

Los colchones Reno son unidades rectangulares de malla tejida rellena de piedra o grava gruesa que forman elementos flexibles y permeables o impermeables de acuerdo a la capa subyacente, es utilizado para construir una gran gama de estructuras, tales como riveras de ríos, protección costera para ríos y playas, canalizaciones y en este caso para evitar la erosión del talus de la zona 2.

El colchón es una canasta sin tapa fabricada en un panel de malla continua que forma la base, costados y diafragmas. Cada diafragma está espaciado en intervalos aproximados de 1 metro para formar unidades

multicelda. Durante su fabricación todos los paneles son cocidos por alambre de mayor diámetro que el usado en la malla para dar mayor resistencia a la estructura. La malla usada en los colchones Reno es de acero de alta resistencia fuertemente galvanizada o con recubrimiento Galmac (Zinc – 5% Aluminio adicional), este recubrimiento Galmac tiene la característica de tener una mayor duración que el galvanizado normal.

El acero es un tejido en malla hexagonal a doble torsión. La malla tejida en doble torsión da a la estructura una resistencia integral adicionando un efecto de no giro que prevé cualquier daño accidental.

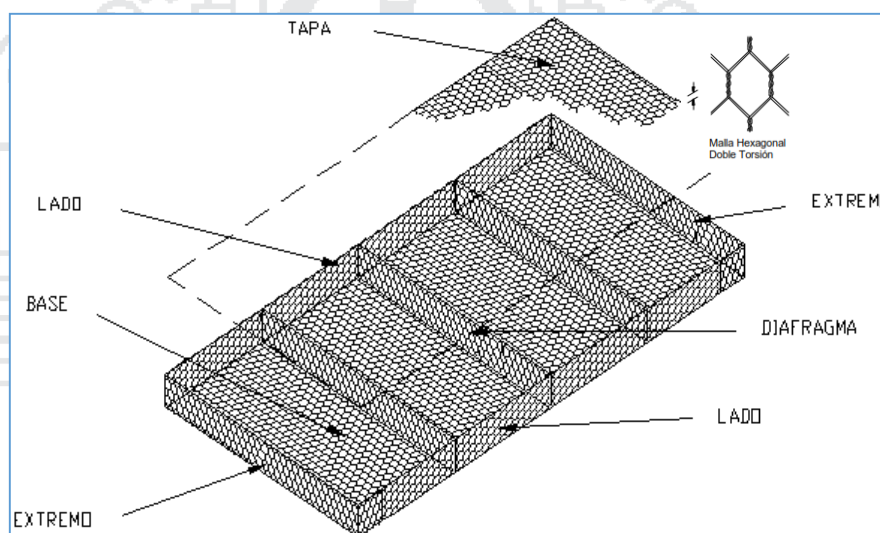


FIGURA N° 20: RECUBRIMIENTO GALMAC

Las características del colchón Reno será de 1 metro de largo por 1 metro de ancho por 0.15 cm de altura, estos detalles están sujetos ajustes por el constructor.

#### 4.15. ESTUDIOS REALIZADOS EN CANTERAS

Paralelamente al estudio de suelos, se llevó a cabo el reconocimiento de áreas de uso probable como fuentes de aprovisionamiento de materiales de construcción local para las obras proyectadas. Con tal propósito en toda la longitud del tramo, se han ubicado bancos de materiales fluvi aluviales que reúnen características adecuadas y que además están ubicadas de manera que son cercanas y cuentan también con facilidad de acceso y para los procesos de explotación.

#### **4.15.1. TRABAJOS DE CAMPO**

Los trabajos de localización y evaluación preliminar de las posibles fuentes de materiales rocosos, consistieron básicamente en la evaluación superficial y toma de muestras representativas, así como en la determinación estimada de su potencia, ubicación con respecto al eje de la vía, accesos, posibles usos, etc. Debido a que se ha planteado un cierto tipo de obra proyectada, el estudio de los materiales se ha efectuado dentro de tal contexto para el empleo en concreto para de cuerpo de la presa, canales y capas de relleno en el canal.

#### **4.15.2. ESTUDIO DE CANTERAS**

##### **4.15.2.1. Objetivos**

Uno de los principales objetivos del presente estudio ha sido ubicar y determinar las propiedades físicas del material de cantera de agregados para el concreto de la presa y demás obras, roca, fuentes de agua y botaderos, que puedan satisfacer la demanda de tales materiales durante el desarrollo de la construcción de las obras del proyecto.

#### **4.15.3. CANTERA DE AGREGADOS**

Se efectuaron excavaciones de prospección hasta profundidad variable de 1 m a 2.5 m, en cada una de las canteras, a fin de obtener información acerca de la homogeneidad de la fuente de material, espesor o potencia de las capas y composición litológica de las mismas.

##### **4.15.3.1. Ubicación**

La cantera de agregados denominada como « cantera Chanchairo. Se ubica aguas arriba del vaso de embalse de la Presa en la Localidad de Chanchairo a 5.7 Km del eje de Presa, en este punto se tomaron 3 muestras denominadas CMGA -01 al CMGA-03.

Coordenadas UTM

E: 622818

N: 8350941



#### 4.15.3.2. Accesibilidad

Desde el eje de la presa, por trocha carrozable que conduce a Chanchairo, por la MI requiere realizar aperturas que dependerán de los frentes de trabajo, en algunos tramos presenta regulares condiciones de accesibilidad donde se requiere habilitar algunos tramos.

#### 4.15.3.3. Descripción

El material se sitúa en el curso del río Pallcca Huaycco, básicamente formadas en el delta.

#### 4.15.3.4. Periodo y modo de explotación

Permanente en periodos de estiaje, en épocas de avenida es limitado, se debe utilizar maquinaria para su acumulación, requiere selección (zarandeo), y lavado de los estratos inferiores (contaminados con lama provenientes del acarreo de material limos de las partes altas, cuidando de no sobrepasar los límites del estrato estudiado, a fin de no contaminarlo con los materiales subyacentes.

Se requerirá de zarandeo solo en algunos casos y estratos específicos que excedan de los diámetros permitidos.

##### A. Usos:

- Elaboración de concreto masivo para cuerpo de presa y para el uso de concreto en las líneas de conducción canal Chaviña y canal Coracora.
- Para la formación de la base de los caminos de servicio y acceso a la cantera y tránsito de obra, también podrían usarse estos materiales.

##### Volumen:

- |                                  |   |                           |
|----------------------------------|---|---------------------------|
| ➤ Potencia útil                  | : | +/- 2.5 m                 |
| ➤ Volumen bruto                  | : | 512,346.00 m <sup>3</sup> |
| ➤ Volumen efectivo (castigo 20%) | : | 432,996.00 m <sup>3</sup> |
| ➤ Rendimiento                    | : | 80 %                      |

OTRO: necesita de zarandeo a partir de la malla 3".



El porcentaje de roca que presenta esta cantera es de aproximadamente 10 %, todo será realizado por el método de explotación a tajo abierto, esta cantera es de libre disponibilidad presenta un nivel freático de 1.5 m. En cuadro siguiente se muestra el volumen calculado. Se debe realizar el lavado de los agregados para eliminar el exceso de finos cuando excede el 5 %.

**CUADRO N°41: VOLUMEN CALCULADO**

CODIGO	PARTICULAS	PROFUNDIDAD (m)	Clasif-SUCS	% Grava	% Arena	% Finos	Modulo de fineza	Humedad (%)	P.e. Particulas (gr/cm <sup>3</sup> )	Absorción (%)
MCCA - 01	GRUESO	2.90	GW	97.09	2.05	0.86	7.97	3.06	7.97	1.24
	FINO	2.90	SP-SM	0.00	94.90	5.10	2.51	7.86	2.71	3.39
MCCA - 02	GRUESO	3.05	GW	97.53	1.48	0.99	7.97	3.01	2.58	1.22
	FINO	3.05	SP-SM	0.69	94.17	5.14	2.44	7.33	2.70	3.33
CMGA - 01	GRUESO	2.00	GP	94.92	3.38	1.70	7.78	4.57	2.58	1.41
	FINO	2.00	SP	0.00	95.88	4.12	2.93	7.32	2.69	3.88
CMGA - 02	GRUESO	3.20	GP	95.31	2.97	1.72	7.74	1.42	2.61	1.13
	FINO	3.20	SP	0.00	96.67	3.33	3.02	8.15	2.68	3.36
CMGA - 03	GRUESO	3.30	GP	95.14	3.26	1.60	7.78	0.91	2.59	1.40
	FINO	3.30	SP	0.00	96.68	3.32	3.16	4.23	2.68	3.78
CMGA - 04	GRUESO	3.10	GP	95.31	2.97	1.72	7.74	1.43	2.57	0.79
	FINO	3.10	SP	0.00	95.69	4.31	2.99	8.08	2.64	3.88
CMGA - 05	GRUESO	3.40	GP	95.44	3.27	1.29	7.79	1.66	2.56	1.36
	FINO	3.40	SP	0.00	95.61	4.39	3.14	4.93	2.65	3.65
CMGA - 06	GRUESO	3.15	GP	94.99	3.25	1.76	7.78	1.88	2.57	1.87
	FINO	3.15	SP	0.00	95.60	4.40	3.12	4.61	2.62	3.71
CMGA - 07	GRUESO	3.20	GP	95.23	3.27	1.50	7.79	3.64	2.57	1.87
	FINO	3.20	SP	0.00	95.23	4.77	3.12	7.67	2.63	3.79
CMGA - 08	GRUESO	3.35	GP	94.99	3.20	1.81	7.81	1.50	2.58	1.41
	FINO	3.35	SP	0.00	94.11	5.89	2.87	7.33	2.62	4.02

En base al análisis de agregados, se ha realizado el diseño de mezcla de cuatro calidades de resistencia:

$F_c = 175 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $F_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $F_c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $F_c = 320 \text{ Kg/cm}^2$ , a continuación se muestra en el cuadro las dosificación como resultado a este ensayo.

**CUADRO N°42: DOSIFICACIÓN DE AGREGADO SEGÚN DISEÑO DE MESCLA**

DISEÑO DE MEZCLAS								
MCCA -01 / MCCA - 02								
DOSIFICACION EN OBRA	175 Kg/cm <sup>2</sup>		210 Kg/cm <sup>2</sup>		280 Kg/cm <sup>2</sup>		320 Kg/cm <sup>2</sup>	
Descripcion	PROPORCION		PROPORCION		PROPORCION		PROPORCION	
	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN	EN PESO	EN VOLUMEN
Cemento	1	1	1	1	1	1	1	1
Agregado Fino	1.87	1.8	1.58	1.5	1.12	1.1	0.78	0.7
Agregado Grueso	3.19	3.0	2.85	2.6	2.33	2.4	1.94	1.8
Agua L / Bks. Cemento	31.6		28.2		22.9		19.0	

CUADRO N°43: VOLUMEN CALCULADO DE CANTERA DE AGREGADOS

AREA (M2)	POTENIA	VOL EXPLO.	VOL. UTIL	USO CONSTRUCTIVO	TRATAMIENTO
134,100.00	2.5	335,250.00	301,725.00	Conformación de Espaldones y/o Cuerpo de Presa	Zaranda de 2"
28,115.00	2.5	56,230.00	22,492.00	Medios Filtrantes	Zaranda de 1/8" a 1/2"
60,433.00	2.5	120,866.00	108,779.40	Elab. Concreto Presa y Canales	Zaranda de 1 1/2"



FIGURA N° 21: UBICACIÓN DE CANTERAS

#### 4.15.4. CANTERA DE ROCA

Con el objetivo de suministrar material rocoso, se ha identificado una cantera de rocas volcánicas en dirección del centro poblado de Totorapampa.

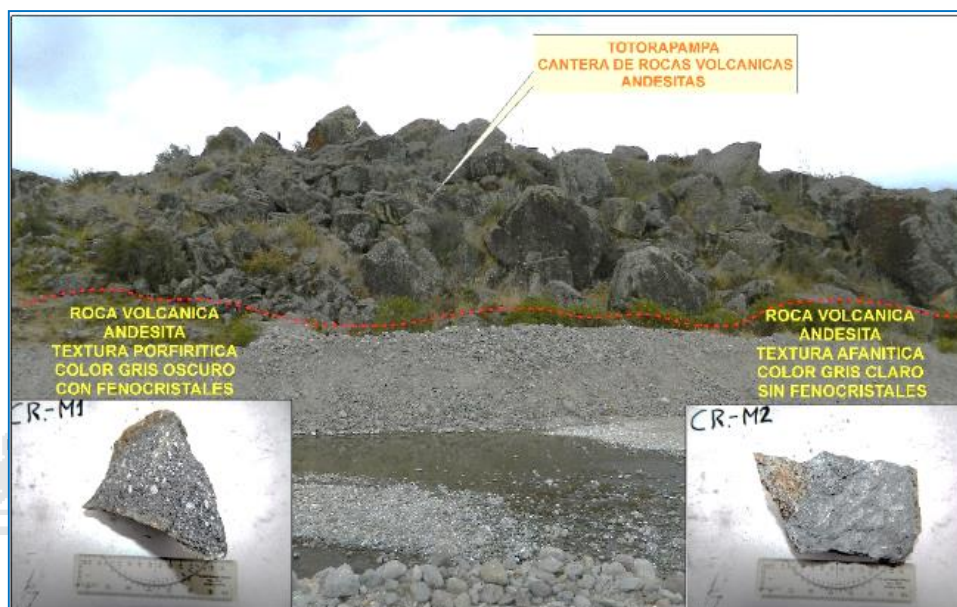


FIGURA N° 22: SE OBSERVA LA CANTERA DE ROCAS TOTORAPAMPA

##### 4.15.4.1. Ubicación

Estas canteras están ubicadas en la carretera en dirección al C.P. Totorapampa a 7,500 m del eje de presa, donde se obtuvo muestras representativas de este material.

Coordenadas UTM

E: 626735,9

N: 8349436.2

##### 4.15.4.2. Accesibilidad

Por vía de trocha carróza en dirección al centro poblado de Totorapampa, en orientación al margen derecho de esta vía podemos ver los depósitos de rocas andesitas de textura afanítica y porfírica adecuado para su uso en obras civiles.

#### 4.15.4.3. Descripción

Está conformada por rocas de la formación Tacaza volcánico andesita, se tomaron muestras identificando dos tipo textura, textura porfirítica (CR-M-1) que es la misma roca andesita con presencia de minerales ferro-magnesianos cristalizados 15% y masa afanítica 85%, y textura afanítica (CM-R2) conformado por masa afanítica o vidrio volcánica a un 95% y cristales Ferro magnesianos a 5 %.

Pero que ambos son de la misma clasificación a diferencia de textura. También se realizó ensayo de inalterabilidad de sulfato de magnesio en las muestras CR-01 Y CR-02 los que arrojaron una resultado de 8.1 y 8.4 por ciento de durabilidad al intemperismo químico.

CUADRO N°44: RESUMEN DE RESULTADOS DE INALTERABILIDAD

CODIGO	PROFUNDIDAD (m)	Inalterabilidad al Sulfato de Magnesio (%)
CR - 01	SUPERFICIAL	8.40
CR - 02	SUPERFICIAL	8.10

#### 4.15.4.4. Periodo y modo de explotación

Se da permanente en todo los periodos ya que este afloramiento se encuentra a disponibilidad. Se requerirá de voladura de bloques, los bloques presentes son diámetros de entre 2-5 m, lo que necesariamente requerirá del uso de martillos como Jack leng para cargar explosivo y obtener diámetros menores que permitan transportarlos.

#### Usos:

- Material para uso de enrocado de las diferentes obras hidráulicas
- Para la formación de la base de los caminos de servicio y acceso a la cantera y tránsito de obra, también podrían usarse estos materiales.

#### Volumen:

- Potencia útil : +/- 2.5 m
- Volumen bruto : 402,378.207 m<sup>2</sup>
- Volumen efectivo (castigo 40%) : 241,426.92 m<sup>2</sup>
- Rendimiento : 80 %



El porcentaje de roca que presenta esta cantera es de aproximadamente 80 %, todo será realizado por el método de explotación a tajo abierto, esta cantera es de libre disponibilidad.



FIGURA N° 23: ACCESO A CANTERA DE ROCAS

#### 4.15.4.5. Resultados de ensayo de roca

Con el propósito de poder determinar la resistencia a la abrasión los ángeles, según normatividad de MTC E 207 - 2000, , para los ensayos de durabilidad del ensayo de cloruros con sulfatos de magnesio MTC E 209 – 200 , NTP 400.016 este modo operativo está basado en la norma ASTM C 88 y AASHTO T 104. Los que se realizaron en el laboratorio de mecánica de rocas. A continuación se muestra los valores obtenidos en los ensayos de compresión y durabilidad

CUADRO N°45: ENSAYOS DE COMPRESIÓN Y DURABILIDAD

ENSAYOS	UNIDADES	CANTERA DE ROCAS	
		CR-01	CR-02
Profundidad	m	Superficial	Superficial
Compresion	Kg/cm <sup>2</sup>	482	1103
Durabilidad	%	8.40	8.10

**4.15.5. FUENTE DE AGUA**

**4.15.6. UBICACIÓN**

Se encuentra en la zona del proyecto acumulado por la escorrentía superficial y el río que forman la laguna Ancascocha.

Con el objetivo de obtener información de la composición química de elementos como cloruros, sulfatos, Sólidos disueltos, sólidos suspendidos, Materia Orgánica, Alcalinidad total y carbonatos del agua, se realizó el análisis químico en la muestra de agua de la laguna denominada Ancascocha de donde obtendrá el líquido para la mezcla del concreto, la muestra esta codificada con las siglas (Muestra de Agua MA) - MA-AGUA-01, de la laguna Ancascocha.

A continuación se muestra los resultados a estos análisis:

**CUADRO N°46: RESULTADO DE ANÁLISIS DE AGUA**

CODIGO	Sulfatos (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Sólidos Disueltos (mg/L)	Sólidos Suspendidos (mg/L)	Materia Orgánica (mg/LO <sub>2</sub> )	Alcalinidad Total (mg/L CaCO <sub>3</sub> )	Carbonato (ml/L CaCO <sub>3</sub> )	Salas Solubles (ppm)	Ph
MA-AGUA-01	53.6	48.6	0.077	1.4	0.114	315.1	7.3	250	8.54



**FIGURA N° 24: FUENTE DE AGUA**

**4.16. CARACTERÍSTICA FINAL DE LA PRESA**

**CUADRO N°47: PRESA**

CARACTERÍSTICAS DE LA PRESA ANCASCOCHA	
CAPACIDAD DE ALMACENAMIENTO: 86.21MMC	
VOLUMEN ÚTIL: 68.49MMC	
VOLUMEN MUERTO: 17.71MMC	
TIPO DE PRESA: RELLENO ALUVIAL CON CARA DE CONCRETO (CFRD)	
LONGITUD DE CORONA: 177.35 m	
ANCHO DE CORONA: 11m	
ALTURA MÁXIMA 41.24 m ( NIVEL DE FUNDACIÓN)	
ALTURA MINIMA: 38.04 m ( NIVEL DE TERRENO NATURAL)	
CAUDAL DE DESCARGA: CAUDAL MÁXIMO 26.64m <sup>3</sup> /seg, CAUDAL MINIMO 11.34 m <sup>3</sup> /seg	



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

1. Los altos valores de permeabilidad determinados con los ensayos realizados en las perforaciones, deberá considerar amplios tratamientos de consolidación e impermeabilización para la sección de cierre de la presa proyectada.

2. Las laderas del vaso son estables, sin embargo de ello en la actualidad se presenta deslizamientos pequeños de materiales gruesos con conglomerados aluviales en el ingreso del Rio Sangarara hacia el Embalse.

3. La presa existente aguas arriba de la que se planea el presente proyecto, han encontrado que los materiales constituyentes del sub-suelo del estribo izquierdo, derecho y cauce del rio del área de cimentación de la presa Ancascocha, son suelos constituidos por roca volcánica extrusivas de piroclastos grandes mas medianos, gravas, arenas englobados en matriz de limos de baja plasticidad (ceniza volcánica). No habiéndose encontrado formaciones rocosas competentes.

4. El perfil estratigráfico general del área de la cimentación de la presa Ancascocha, presenta suelos cuya clasificación mediante el Sistema Unificado de Suelos (SUCS) corresponden en su mayor parte a gravas limos poco plásticas (GM), estratos arcillosos (CL), limosos de baja plasticidad (ML), gravas mal graduadas (GP) y otros, con propiedades que oscilan dentro de los parámetros internacionales establecidos para este tipo de materiales.

5. Los resultados de las perforaciones diamantina ubicados en el área del eje de la presa, los valores del RMR corresponden en su mayor parte a materiales de clase III IV y hasta V es decir roca de Clase Regular Mala a Muy Mala, de acuerdo a la Clasificación geomecánica de Bienawsky, dichas clasificaciones mejoran parcialmente a mayores profundidades fuera del área de influencia (mayores a 56.00 m de profundidad).

6. En el proceso de la ejecución de las perforaciones diamantina se han realizado ensayos de permeabilidad tipo Le-Frank (a gravedad) en los estratos del sub-suelo atravesados en el área del eje de la presa Ancascocha, habiéndose encontrado primeramente en los estratos superiores (de 0 a 30 m de profundidad promedio), valores que van desde los (PPA-01  $1.20 \times 10^{-3}$  hasta los  $3.51 \times 10^{-5}$ ), (PPA-02  $1.55 \times 10^{-4}$  hasta los  $4.31 \times 10^{-4}$ ), (PPA-03  $1.68 \times 10^{-4}$  hasta los  $1.86 \times 10^{-5}$ ), (PPA-04  $1.12 \times 10^{-3}$  hasta los  $7.04 \times 10^{-5}$ ), (PPA-05  $1.12 \times 10^{-3}$  hasta los  $9.68 \times 10^{-4}$ ), (PPA-06  $1.11 \times 10^{-3}$  hasta los  $9.50 \times 10^{-5}$ ), (PPA-07  $1.03 \times 10^{-3}$  hasta los  $8.98 \times 10^{-3}$ ), cm/seg, clasificando a esos estratos como permeables a poco permeables. Esta permeabilidad ha ido mejorando con la profundidad hasta valores de  $10^{-4}$  y  $10^{-5}$  cm/seg. clasificados como semi-permeables. Debe indicarse que la velocidad de filtración en un suelo es directamente proporcional al cuadrado de su relación de vacíos, lo cual implica que los materiales de la cimentación de la presa tienen un alto grado de relación de vacíos y un alto grado de porosidad continua.

7. En general el área de cimentación de la presa proyectada presenta un bajo grado de estabilidad y susceptibilidad a la falla frente a los fenómenos de asentamientos diferenciales, deslizamiento, tubificación, sifonamiento, falla por filtración, falla por corte debido a bajas características físico-mecánicas en estado de completa saturación y permeables.

8. El emplazamiento del eje de la presa, es adecuado desde el punto de vista geomorfológico-geotécnico, debido a que presenta un cierre natural o cañón rocoso no bien consolidado que contiene los estribos de la presa proyectada; sin embargo, existe un cambio litológico de roca a suelo en profundidad hasta los 56 m, Esta es una situación que se debe principalmente a la diferencia erosional por cambio litológico del terreno.

## RECOMENDACIONES

1. Deberá diseñarse estructuras de sostenimiento tipo gaviones en los taludes especialmente en el flanco izquierdo, por estar constituida por materiales roca tipo IV.

2. El tratamiento de cimentación a prescribir tratara de conseguir una reducción de las deformaciones del macizo rocoso y un aumento de su resistencia, consecuentemente de su módulo de elasticidad, así como también el control de filtraciones a través del subsuelo de cimentación.



3. Una vez efectuada la excavación de la cimentación se deberá evaluar las condiciones reales de la cimentación y reajustar si fuera necesario las condiciones de los diseños originales.

4. En lo que sigue se presentan 3 alternativas posibles para el tratamiento del subsuelo de cimentación:

**a).** Limpieza: debe hacerse una limpia cuidadosa, removiendo la capa suelo vegetal, la Ignimbrita o andesita muy alterada (Sondaje PPA-01, PPA-02, PPA-03), porciones de roca inestables del estribo derecho, y las piedras gran tamaño que cubren superficialmente el área de la cortina, los que podrían ser usados posteriormente como revestimiento del talud aguas abajo de la presa.

**b).** En la zona del eje podría hacerse un desplante de 6.00 m en el cauce del rio y de 5.00 m en la zona baja de ambos flancos, para disminuir progresivamente hacia la parte alta a 3.00 m.

**c).** Pantalla de Inyección: se efectuará una pantalla de inyección por medio de perforaciones con profundidades variables entre 40 y 50 m en el estribos izquierdo, en una longitud mínima de 100 m, a partir de la cual solo se ejecutaran inyecciones de Impermeabilización, y para el eje de la presa. En lo que respecta al cauce del rio se deberá realizar inyecciones de consolidación de 10.50 m como mínimo por debajo del desplante según diseños definitivos.

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFÍA**

**AGLIARDI, A.; CROSTA, G. B.; MELONI, F. VALLE. C.; RIVOLTA. C. (2003)** Structurally controlled instability damage and slope failure in a porphyry rock mass. Tectonophysics. pp 34 – 47.

**BIENIAWSKI. Z. (1989)** Engineering rock mass classifications. Canada. John Wiley & Sons. 250p.

**BOWLES J. E. (1982).** Propiedades geofísicas de los subsuelos. Ediciones Lerner. México.

**BOWLES J. E. (1982).** Manual de laboratorio de mecánica de suelos. Editorial McGraw – Hill Latinoamericana Bogotá – Colombia.

**BRIONES, G. J. (1994).** Presas de tierra y enrocamiento y resistencia de la falla de filtración. Lima. Perú.

**CRESPO, V. C. (1990).** Mecánica de suelos y cimentación. Editorial Limusa. Noriega. México.

**COSILLO, P. A. G. (1999).** Consideraciones geológicas – geotécnicas para el diseño de taludes en macizo rocoso. Guatemala 248p (TESIS DE INGENIERO CIVIL) – Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

**DEERE, D. U. (1964).** Technical Description of the rock cores for Engineering Purposes. Rock Mechanics and Geology. Volume 1. Pp. 17-22.

**FLOILAN, P. (2014).** Construcción de presa de tierra. Tesis. EPIG. UNAP. PUNO. PERU.

**GOODMAN R. (1989)** Introduction to rock mechanics Canada John Wiley & Sons 560p.

**DÍAZ, V.; MARÍA, Y. MIGDELIS, C. (2009).** Tesis construcción de presa. Universidad de Oriente Barcelona.

**DELGADO, V. (1996).** Ingeniería de cimentaciones. Editorial Alfa y Omega. México.

**ESQUIVEL, Z. (1999).** Análisis geotécnico y propuesta de cimentación del proyecto Huancarana. Presa Soctacocha. Apurímac. Perú.

**GOBIERNO DE ESPAÑA, MINISTERIO DE FOMENTO (2009).** Guía de cimentación en obras de carreteras.

**HEREDIA, M. H. (2002).** Manual práctico del ingeniero civil. Primera Edición Lima 197p.

**HUANCA, B. A. (1991).** Mecánica de suelos. Editorial UNICA, ICA, Perú 412p.

**INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO “INGEMMET” (1996)** Geología del Perú. Cuadrángulos de Arequipa – Ayacucho.

**JUAREZ, B. E. (1996).** Mecánica de suelos. Tomo I. Editorial Limusa. México.

**MARTINES, V. A. J. (1991).** Geotecnia para Ingenieros. Editorial UNI, LIMA, PERU.

**COMITÉ NACIONAL ESPAÑOL DE GRANDES PRESAS (CNEGP) (1999).**  
Estudios geológico-geotécnicos y de prospección de materiales.

**TRONCOSO, J. H. (1997).** Fundamentos de ingeniería geológica antisísmica. Segunda edición. Edición Universidad la Católica de Chile 144p.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO (2014).** Manual para elaborar proyectos y tesis en pregrado. Coordinación de investigación de la carrera profesional de Ingeniería geológica Puno – Perú 59p.

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA (1975).** Manual de laboratorio de suelos. UNI – Lima – Perú.

**SANDOVAL, E. W. (2012).** Presa de tierra y enrocamiento – 43P. Cusco, Perú.



**ANEXOS:**





## **1. PERFORACION DIAMANTINA**

## **2. CERTIFICADO DE ANALISIS DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

## **3. PANEL FOTOGRAFICO**

## **4. PLANOS**

- Geo-1.Plano geología regional.
- Geo-2.Plano geomorfología regional.
- Geo-3.Plano geología del área de embalse.
- Geo-4.Plano planta y perfil geológico eje de presa.
- Geo-5.Plano perfil longitudinal de embalse.
- Geo-6.Plano perfil geológico del túnel existente.
- Geo-7.Plano planta y perfil de aliviadero proyectado.
- Geo-8.Plano ubicaciones de calicatas y perforación.
- Geo-9.Plano perfil de eje de presa y permeabilidad.
- Geo-10.Plano planta de ubicación cantera Chamchairo – Toropampa
- Geo-11.Plano eje de presa y plinto.
- Geo-12.Plano vías de acceso y canteras.
- Geo-13.Plano perfil geotécnico estribo derecho vaso.
- Geo-14.Plano sección geotécnica estribo derecho vaso.
- Geo-15.Plano planta perfil geotécnico eje de túnel presa Ancascocha.
- Geo-16.Plano clave presa Ancascocha.
- Geo-17.Plano de embalse.
- Geo-18.Plano clasificación de materiales.
- Geo-19.Plano perfil eje de presa.
- Geo-20.Plano perfil plinto y sección tipo.

- Geo-21.Plano planta general de impermeabilización.
- Geo-22.Plano muro de contención.
- Geo-23.Plano empalme plinto.

